



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
Nível Doutorado

**O MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL COMO APORTE  
TEÓRICO E METODOLÓGICO PARA O *DESIGN* DE UMA SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA SOBRE O CONCEITO DE BIODIVERSIDADE EM UMA  
PERSPECTIVA INTEGRAL E POLISSÊMICA**

DOUTORANDA: MICHELLE GARCIA DA SILVA  
ORIENTADORA: HELAINE SIVINI FERREIRA

RECIFE  
2019

MICHELLE GARCIA DA SILVA

**O MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL COMO APORTE  
TEÓRICO E METODOLÓGICO PARA O *DESIGN* DE UMA SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA SOBRE O CONCEITO DE BIODIVERSIDADE EM UMA  
PERSPECTIVA INTEGRAL E POLISSÊMICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC) como requisito para obtenção do título de doutora em Ensino de Ciências e Matemática.

RECIFE

2019

MICHELLE GARCIA DA SILVA

**O MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL COMO APORTE  
TEÓRICO E METODOLÓGICO PARA O *DESIGN* DE UMA SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA SOBRE O CONCEITO DE BIODIVERSIDADE EM UMA  
PERSPECTIVA INTEGRAL E POLISSÊMICA**

Relatório final do trabalho de tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Ensino de Ciências e Matemática.

Recife, 12 de março de 2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helaine Sivini Ferreira – Orientadora  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Roselaine de Oliveira Farias – Membro 1  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão – Membro 2  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Roberta Smania Marques – Membro 3  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

---

Prof. Dr. Marcelo Machado Martins – Membro 4  
Universidade Federal de Pernambuco (UFPB)

Dedico este trabalho a todas as mulheres que, por meio da ocupação de espaços pouco reservados a elas, legitimaram sua luta e sua força, ressignificando desde a escola até o ambiente acadêmico, ao produzirem ciência "como garotas". Dedico a estas e a todas as demais que, subversivas, enxergaram, e ainda enxergam, na escola, na academia, na ciência, nos lares e na vida, lugares possíveis para sua emancipação. Elas foram e sempre serão sinônimo resistência!

## AGRADECIMENTOS

No caminho até conseguir concluir este trabalho recebi o apoio de inúmeras pessoas, que doaram muito de si, me oferecendo as melhores energias e condições para que este trabalho fosse realizado. Essas pessoas foram instrumento de Deus na minha vida, me trazendo amparo nos momentos difíceis, força nos momentos de esgotamento, companhia nos momentos de solidão, clareza nos momentos de obscuridade e, principalmente, amor nos momentos de total desespero. Essas pessoas também torceram por mim, abraçaram esta minha causa, respeitaram e compreenderam minhas ausências, que foram muitas; ficaram felizes por cada passo que eu dei rumo ao fim, que mais representa um novo começo. Essas pessoas elucidaram pontos em mim que necessitavam de aprimoramento, de modo que com este trabalho pude avançar pessoal e profissionalmente. Por tudo que essas pessoas me dedicaram (e sempre me dedicam), pelos sentimentos de gratidão profunda que me inspiraram, pude entender, na vivência com elas, que Deus se manteve presente e cuidadoso com a minha vida desde que decidi enfrentar o desafio que foi o meu doutoramento.

Assim, começo agradecendo ao Pai Celestial por todo suporte que me concedeu ao longo dos dias que precisei me dedicar a esta causa. Agradeço a ti Senhor pelas pessoas maravilhosas e abnegadas que colocastes em meu caminho, sempre muito dispostas a me auxiliarem. Agradeço pela proteção e pelos livramentos sempre que me aventurei pelas estradas que me ligaram, semanalmente, ao meu compromisso. Agradeço, Pai Amado, por ter me oportunizado chegar até aqui na companhia de pessoas tão queridas, algumas delas que tive medo de perder antes que este trabalho fosse concluído. Serei, Senhor, eternamente grata, sobretudo pela Tua presença fiel ao meu lado.

Agradeço a minha adorada mãe por ser manifestação de Deus na minha vida. Por me apoiar em todos os momentos e por confiar nos meus talentos, mesmo quando eu mesma duvidei deles. Agradeço pela força que me inspirou no enfrentamento da vida e de todos os desafios postos a minha frente. Sabemos, mãe querida, de tudo que foi necessário superar para que este doutorado se concretizasse, e agora chegou a nossa vez: conseguimos!

Agradeço a todos os meus familiares que torceram por mim, mesmo sem entender a necessidade de tantas horas dedicadas ao estudo, sem o amor deles a caminhada até aqui teria sido mais árdua. Agradeço a minha querida vó Lindalva que, acompanhando tudo do céu, tenho certeza, me emanou energias salutares e tranquilizantes, como já fazia

quando estava neste plano comigo. Vozinha querida, o nosso amor transcende a materialidade, sei que naqueles momentos que eu necessitava da paz que sempre encontrei em ti, a senhora se fez presente, pois as energias que sempre nos envolveram são inconfundíveis e eu fiquei muito grata por poder experienciá-las, mesmo a senhora aí e eu aqui.

Agradeço ao meu querido companheiro e amigo Israel por toda torcida, apoio, compreensão e cuidado desde que o doutorado se tornou um objetivo para mim. Foi maravilhoso não precisar escolher entre o amor e o estudo, pude ter os dois. Pude ter alguém que me apoiou sem medidas, me compreendeu sempre que necessário, entendeu as minhas crises e até as suportou; vibrou com cada quadro construído, aprendeu sobre ensino de Biologia e Modelo de Reconstrução Educacional, expressando felicidade cada vez que uma etapa deste estudo foi vencida. Além de tudo isso, me trouxe Luna, amiga sincera e torcedora fiel. Sou grata, meu bem, pela tua presença em minha vida, e, principalmente, por você decidir permanecer presente apesar de tudo!

Agradeço aos meus amigos e às minhas amigas queridas, que me dedicaram tanto amor e tanta presença, mesmo quando a minha justificativa para tudo foi: estou envolvida com a tese! Agradeço por não terem desistido de mim, neste tempo em que em mal pude participar da vida de vocês. Agradeço, sobretudo, a Amanda e Brunno, que me fizeram parte de sua família, e através de Mariana me mostraram como o amor é capaz de renovar forças e fazer brotar energias. Os cafés da tarde na casa de vocês foram momentos preciosos de aconchego e afeto, sempre que retornei deles me enchi de forças, ânimo e motivação para concluir este trabalho. Afinal, eu precisava ficar disponível para me dedicar ao aniversário de uma pequena que me inspira tanto amor. E por falar em amor, eu amo vocês e sou grata por tê-los em minha vida e como parte da família que Deus me permitiu escolher. Agradeço também a Marcela por fazer parte desta mesma família que tanto me apoia.

Ainda sobre o agradecimento aos amigos, gostaria de deixar registrada minha gratidão aos colegas e às colegas do doutorado, que compartilhando comigo suas experiências trouxeram alívio para minha vida e me mostraram que eu tinha amigos e não concorrentes. Com o apoio e a presença deles, tudo se tornou mais ameno. Agradeço em especial, aos amigos José Luiz e Rochelande, que se dispuseram a me ouvir e aconselhar em momentos decisivos desta jornada. Amigos eu sou grata a Deus pela vida de vocês e, também, por ter unido as nossas vidas. Sou só gratidão!

Agradeço a minha orientadora por confiar em meu trabalho e me dar toda a autonomia necessária para que eu não me distanciasse daquilo que vim desenvolver neste doutoramento. Agradeço aos avaliadores e às avaliadoras da sequência didática, que mesmo sem me conhecer, se mostraram tão solidários a minha causa, demonstrando que a vontade de ajudar, faz o tempo se estender. Serei sempre grata!

Já diante dos agradecimentos finais, agradeço à Universidade Estadual da Paraíba por ter financiado o desenvolvimento deste trabalho, concedendo meu afastamento remunerado para capacitação docente. Agradeço também pela formação que me proporcionou, pois foi a possível com os recursos que se tinha. Agradeço por ter me absorvido como profissional e por ter me oportunizado a convivência com tantos estudantes. Pois eles, no final, são a razão de tudo. Estou voltando galera!

Por fim, agradeço a todas as mulheres que não se conformando com os padrões impostos pela sociedade, abriram caminhos para que hoje o doutorado pudesse ser coisa de mulher. Agradeço àquelas que decidiram votar, estudar, trabalhar e se emancipar, pelas lutas que travaram, pelos preconceitos que superaram, pelas dificuldades que encontraram e, especialmente, por não terem desistido, mesmo quando o preço foi suas próprias vidas. Sem a militância de vocês, e a vida de muitas que ficaram pelo caminho, ser doutora em Ensino de Ciências seria apenas um devaneio. Mas, por causa de vocês, esse título é hoje uma realidade e, sobretudo, uma honra! Nós conseguimos!

## RESUMO

O Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) é um modelo alemão desenvolvido para contextos mais amplos de reestruturação curricular e para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem. Na literatura, este modelo é apresentado, de forma recorrente, como um aporte metodológico para o *design* de intervenções educacionais. No entanto, o MRE é carregado de pressuposições teóricas que são pouco enfatizadas na literatura, mas também subsidiam o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem. Desse modo, os questionamentos que conduziram este estudo foram: Como se estrutura o quadro teórico intermediário do MRE? E, como este modelo subsidia o *design* de uma sequência didática sobre biodiversidade, que visa abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas? Diante disso, o objetivo geral deste estudo foi compreender como o MRE subsidia teórica e metodologicamente o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem, utilizando seus pressupostos para o *design* de uma sequência didática sobre biodiversidade, que visa abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas. Para tal, o percurso metodológico do estudo foi composto por cinco etapas: (1) análise das concepções científicas sobre biodiversidade na literatura; (2) análise das concepções, necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre biodiversidade na literatura; (3) sistematização dos princípios de *design*; (4) *design* da sequência didática; e (5) processo de validação por pares. As análises de dados referentes a cada etapa foram feitas com o auxílio da Análise de Conteúdo e da Análise da Importância Educacional. Os principais resultados deste estudo versam, primeiramente, sobre a construção de um panorama conceitual da biodiversidade. Com base neste panorama, a estrutura do conteúdo científico sobre biodiversidade foi clarificada, mesmo que de forma preliminar, e transformada em uma estrutura do conteúdo para o ensino. Isto de seu efetivamente, por meio da construção de oito orientações educacionais sobre o conceito de biodiversidade, que representaram as primeiras contribuições do MRE para o processo de *design* da sequência didática sobre biodiversidade. Outras contribuições surgiram da segunda etapa da pesquisa, por meio dela foi possível construir mais uma orientação educacional. Estas nove orientações educacionais guiaram o diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre biodiversidade, do qual emergiram as potencialidades pedagógicas relativas ao conceito de biodiversidade. Além disso, foi possível identificar características teóricas e metodológicas do ensino de biodiversidade. A sequência didática sobre biodiversidade foi construída com base neste conjunto de diretrizes subsidiadas pelo MRE e, em seguida, foi realizado seu processo de validação, que apontou aprimoramentos necessários a uma futura implementação da sequência didática. Assim, em suma, a utilização do MRE importou para o *design* da sequência didática sobre biodiversidade aspectos teóricos que elucidaram sobre a perspectiva por meio da qual o processo de aprendizagem deveria ser compreendido e os papéis que o conhecimento científico, os professores, os estudantes e mundo material deveriam assumir neste processo; bem como aspectos metodológicos que clarificaram como o conteúdo deveria ser abordado, como os estudantes percebiam este conteúdo, suas as necessidades e dificuldades de aprendizagem, como os conteúdos poderiam ser abordados em sala de aula e alguns recursos que poderiam ser utilizados neste contexto.

**Palavras-chaves:** ensino de Biologia; conceito de biodiversidade; validação por pares; intervenções educacionais; reconstrução educacional.



## ABSTRACT

The Model Educational Reconstruction (MER) is a German model developed for broader contexts of curricular restructuring and for the *design* of teaching and learning environments. In the literature, this model is almost always presented as a methodological contribution to the *design* of educational interventions. However, the MER has theoretical assumptions that are little emphasized in the literature, but also support the process of *designing* teaching and learning environments. Thus, this study is based on the following questions: How is the theoretical framework of the MER structured? And, how does this model subsidize the *design* of a didactic sequence on biodiversity, that aims to approach this concept in an integral and polysemic perspective in the degree in Biological Sciences? Therefore, the general goals of this study was to understand how the MER theoretically and methodologically subsidizes the *design* process of teaching and learning environments, using its assumptions for the *design* of a didactic sequence on biodiversity, which aims to approach this concept in an integral and polysemic in the degree in Biological Sciences. For this, the methodological course of the study was composed of five stages: (1) analysis of the scientific conceptions about biodiversity in the literature; (2) analysis of students' conceptions, needs and difficulties of learning about biodiversity in the literature; (3) systematization of *design* principles; (4) *design* of the didactic sequence; and (5) peer validation process. The analysis of data for each step was done with the aid of Content Analysis and Analysis of Educational Importance. The main results of this study are, firstly, the construction of a conceptual panorama of biodiversity. Based on this panorama, the structure of scientific content on biodiversity has been clarified, even if preliminary, and transformed into a content structure for teaching. This was possible through the construction of eight educational guidelines on the concept of biodiversity, which represented the first MER contributions to the didactic sequence *design* process on biodiversity. Other contributions emerged from the second stage of the research, through which it was possible to construct a new educational orientation. These nine educational guidelines guided the dialogue between scientific and student conceptions on biodiversity, from which the pedagogical potentialities related to the concept of biodiversity emerged. In addition, it was possible to identify theoretical and methodological characteristics of biodiversity teaching. The didactic sequence on biodiversity was constructed based on this set of guidelines subsidized by the MER and then its validation process was carried out, which pointed out the necessary improvements to a future implementation of the didactic sequence. Summarizing, the use of MRE imported into the *design* of the didactic sequence on biodiversity theoretical aspects that elucidated the perspective through which the learning process should be understood and the roles that scientific knowledge, teachers, students and the material world should assume in this process; as well as methodological aspects that clarified how content should be addressed, how the students perceived this content, their needs and learning difficulties, how the content could be addressed in the classroom and some features that could be used in this context.

**Keywords:** biology education; biodiversity concept; peer validation; educational interventions; educational reconstruction.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Os três componentes do Modelo de Reconstrução Educacional.....	35
<b>Figura 2</b> – Percurso metodológico de uma pesquisa, no qual é possível observar que as concepções dos estudantes permeiam todo o processo de design descrito no Modelo de Reconstrução Educacional.....	44
<b>Figura 3</b> – Esquema ilustrativo sobre o significado das potencialidades pedagógicas no contexto do modelo de reconstrução educacional.....	47
<b>Figura 4</b> – Relações entre as grandes teorias, os Quadros intermediários, as ferramentas de design e o processo de design de intervenções educacionais.....	52
<b>Figura 5</b> – Quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional.....	54
<b>Figura 6</b> – Sistematização do percurso metodológico desta tese. ....	75
<b>Figura 7</b> – Representação conceitual do contexto científico de biodiversidade .....	99
<b>Figura 8</b> – Representação conceitual do contexto sociocultural de biodiversidade.....	103
<b>Figura 9</b> – Panorama conceitual da biodiversidade.....	106
<b>Figura 10</b> – Panorama geral da análise das concepções dos estudantes sobre o conceito de biodiversidade: dificuldades de aprendizagem e modos de pensar .....	108
<b>Figura 11</b> – Orientações educacionais e potencialidades pedagógicas associadas a elas que subsidiaram a o design da SD sobre biodiversidade .....	145
<b>Figura 12</b> – Estrutura da Sequência Didática sobre biodiversidade.....	146
<b>Figura 13</b> – Estratégias didáticas sugeridas para compor os encontros da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica.....	173
<b>Figura 14</b> – Principais sugestões provenientes da análise dos objetivos de aprendizagem.....	184
<b>Figura 15</b> – Sumário das reivindicações feitas pelos avaliadores no segundo bloco avaliativo do processo de validação da SD sobre biodiversidade .....	202
<b>Figura 16</b> – Sistematização dos resultados da avaliação do terceiro bloco avaliativo .....	210
<b>Figura 17</b> – Panorama conceitual da biodiversidade reconstruído a partir do processo de validação da SD sobre biodiversidade.....	212

## LISTA DE QUADRO

<b>Quadro 1</b> – Questões orientadoras da Análise da Importância Educacional direcionadas ao primeiro componente do Modelo de Reconstrução Educacional.....	38
<b>Quadro 2</b> – Questões orientadoras da análise da importância educacional direcionadas ao segundo componente do Modelo de Reconstrução Educacional.....	42
<b>Quadro 3</b> – Questões orientadoras da análise da importância educacional direcionadas ao terceiro componente do Modelo de Reconstrução Educacional.....	45
<b>Quadro 4</b> – Premissas básicas da epistemologia construtivista, da teoria da aprendizagem construtivista e da pedagogia construtivista.....	60
<b>Quadro 5</b> – Questões norteadoras da Análise Didática de Klafki.....	66
<b>Quadro 6</b> – A interação fundamental das variáveis instrucionais.....	68
<b>Quadro 7</b> – Síntese do quadro intermediário da reconstrução educacional.....	70
<b>Quadro 8</b> – Grade de análise elaborada para guiar metodologicamente a análise das concepções científicas sobre biodiversidade.....	78
<b>Quadro 9</b> – Articulação entre os objetivos, categorias e subcategorias da Análise de Conteúdo. Em parênteses os códigos associados a cada categoria/subcategoria.....	80
<b>Quadro 10</b> – Proposta desta pesquisa para a sistematização dos princípios de design.....	83
<b>Quadro 11</b> – Categorias e subcategorias primárias que emergiram dos momentos iniciais da Análise de Conteúdo referente ao primeiro bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática. 89	
<b>Quadro 12</b> – Categorias e subcategorias primárias que emergiram dos momentos iniciais da Análise de Conteúdo referente ao segundo bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática. 90	
<b>Quadro 13</b> – Resumo das fontes de dados, dos métodos, dos tipos de análise e dos objetivos de cada etapa da pesquisa.....	90
<b>Quadro 14</b> – Definições de biodiversidade apresentadas em livros e em um texto oficial utilizados na análise das concepções científicas sobre biodiversidade.....	94
<b>Quadro 15</b> – Concepções e dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre o nível de diversidade de espécies.....	112
<b>Quadro 16</b> – Concepções e dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre os níveis de organização da biodiversidade: diversidade genética e diversidade de ecossistemas.....	113
<b>Quadro 17</b> – Concepções dos estudantes relacionadas à abordagem conservacionista do conceito de biodiversidade.....	116
<b>Quadro 18</b> – Orientações educacionais oriundas da análise das concepções científicas e dos estudantes sobre BD.....	119
<b>Quadro 19</b> – Potencialidades pedagógicas identificadas no diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre o conceito de biodiversidade.....	133
<b>Quadro 20</b> – Características teóricas e metodológicas do conceito de biodiversidade identificadas na clarificação preliminar do conteúdo.....	137
<b>Quadro 21</b> – Orientações educacionais que inspiraram os princípios de design que orientaram o design da sequência didática sobre biodiversidade.....	138

<b>Quadro 22</b> – Potencialidades pedagógicas que inspiraram a formulação de objetivos de aprendizagem	141
<b>Quadro 23</b> – Caso de uma questão sociocientífica sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica .....	142
<b>Quadro 24</b> – Questões norteadoras .....	143
<b>Quadro 25</b> – Objetivos de aprendizagem que guiaram o planejamento dos três primeiros encontros da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica .....	147
<b>Quadro 26</b> – Ações didáticas do primeiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade .....	147
<b>Quadro 27</b> – Ações didáticas do segundo encontro da sequência didática sobre biodiversidade .....	152
<b>Quadro 28</b> – Ações didáticas do terceiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade .....	155
<b>Quadro 29</b> – Objetivos de aprendizagem que guiaram o planejamento dos quatro últimos encontros da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica .....	159
<b>Quadro 30</b> – Ações didáticas do quarto encontro da sequência didática sobre biodiversidade .....	160
<b>Quadro 31</b> – Ações didáticas do quinto encontro da sequência didática sobre biodiversidade .....	162
<b>Quadro 32</b> – Ações didáticas do sexto encontro da sequência didática sobre biodiversidade .....	165
<b>Quadro 33</b> – Ações didáticas do sétimo encontro da sequência didática sobre biodiversidade .....	167
<b>Quadro 34</b> – Indicadores sugeridos para guiar a avaliação da aprendizagem cognitiva dos estudantes .	170
<b>Quadro 35</b> – Resultados da Análise de Conteúdo referentes ao primeiro bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática sobre biodiversidade: adequação dos objetivos de aprendizagem aos princípios de design.....	177
<b>Quadro 36</b> – Unidades de contextos referentes à avaliação do primeiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade.....	187
<b>Quadro 37</b> – Unidades de contextos referentes à avaliação do segundo encontro da sequência didática sobre biodiversidade.....	190
<b>Quadro 38</b> – Unidades de contextos referentes à avaliação do terceiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade.....	193
<b>Quadro 39</b> – Unidades de contextos referentes à avaliação do quarto encontro da sequência didática sobre biodiversidade.....	195
<b>Quadro 40</b> – Unidades de contextos referentes à avaliação do quinto encontro da sequência didática sobre biodiversidade.....	197
<b>Quadro 41</b> – Unidades de contextos referentes à avaliação do sexto encontro da sequência didática sobre biodiversidade .....	199
<b>Quadro 42</b> – Unidades de contextos referentes à avaliação do sétimo encontro da sequência didática sobre biodiversidade.....	200

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Principais aspectos do primeiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica.....	149
<b>Tabela 2</b> – Principais aspectos do segundo encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica.....	153
<b>Tabela 3</b> – Principais aspectos do terceiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica.....	156
<b>Tabela 4</b> – Principais aspectos do quarto encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica.....	161
<b>Tabela 5</b> – Principais aspectos do quinto encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica.....	163
<b>Tabela 6</b> – Principais aspectos do sexto encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica.....	166
<b>Tabela 7</b> – Principais aspectos do sétimo encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica.....	168
<b>Tabela 8</b> – Resultados da análise do primeiro bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática sobre biodiversidade.....	176
<b>Tabela 9</b> – Análise das respostas do segundo bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática sobre biodiversidade.....	185
<b>Tabela 10</b> – Categorias que representam os comentários dos avaliadores sobre o segundo bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática sobre biodiversidade.....	186
<b>Tabela 11</b> – Sistematização das respostas dos avaliadores referentes ao terceiro bloco avaliativo do instrumento avaliativo da SD sobre biodiversidade.....	205

# SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADRO

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO ..... 16

**CAPÍTULO 1. DA PESQUISA BASEADA EM *DESIGN* AOS ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DO MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL ..... 23**

1.1. PESQUISA BASEADA EM *DESIGN* (PBD) ..... 23

1.2. O MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL (MRE) COMO UMA FERRAMENTA DE *DESIGN*. 32

1.2.1. *Componentes do Modelo de Reconstrução Educacional* ..... 35

1.2.1.1. Componente 1: Análise da estrutura do conteúdo ..... 36

1.2.1.2. Componente 2: Investigação sobre as perspectivas dos estudantes ..... 40

1.2.1.3. Componente 3: Design e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem ..... 44

1.2.2.4. Interações entre os componentes do MRE: a dinâmica do processo de design descrita neste modelo 46

1.3. O QUADRO INTERMEDIÁRIO CONSTRUTIVISTA DA RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL ..... 49

1.3.1. *Contribuições das bases construtivistas para o quadro intermediário da reconstrução educacional* ..... 54

1.3.2. *Contribuições da tradição alemã de Bildung e Didaktik para o quadro intermediário da reconstrução educacional* ..... 64

**CAPÍTULO 2. PROPOSTA METODOLÓGICA ..... 73**

2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA ..... 73

2.2. CLARIFICAÇÃO PRELIMINAR DO CONTEÚDO DE BIODIVERSIDADE ..... 76

2.2.1. *Concepções científicas sobre biodiversidade* ..... 76

2.2.2. *Análise das concepções dos estudantes sobre biodiversidade* ..... 79

2.3. *DESIGN* E AVALIAÇÃO DE AMBIENTES DE ENSINO E APRENDIZAGEM SOBRE BIODIVERSIDADE .. 82

2.3.1. *Sistematização dos princípios de design* ..... 82

2.3.2. *Design da sequência didática sobre biodiversidade* ..... 85

2.3.3. *Processo de validação da sequência didática sobre biodiversidade* ..... 86

**CAPÍTULO 3. RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL DO CONCEITO DE BIODIVERSIDADE EM UMA PERSPECTIVA INTEGRAL E POLISSÊMICA ..... 92**

3.1. CLARIFICAÇÃO PRELIMINAR DO CONTEÚDO DE BIODIVERSIDADE ..... 92

3.1.1. *Conhecendo as concepções científicas sobre biodiversidade* ..... 93

3.1.2.	<i>Conhecendo as concepções dos estudantes sobre biodiversidade.....</i>	<i>106</i>
3.1.3.	<i>Potencialidades pedagógicas identificadas no diálogo estabelecido entre as concepções científicas e dos estudantes sobre biodiversidade .....</i>	<i>118</i>
3.2.	<b>DESIGN E AVALIAÇÃO DE AMBIENTES DE ENSINO E APRENDIZAGEM SOBRE BIODIVERSIDADE: PLANEJAMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA, QUE ABORDA ESTE CONCEITO EM UMA PERSPECTIVA INTEGRAL E POLISSÊMICA .....</b>	<b>138</b>
3.2.1.	<i>Design de uma sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica .....</i>	<i>138</i>
3.2.2.	<i>Descrição da sequência didática sobre biodiversidade: dos encontros à avaliação de ensino e aprendizagem .....</i>	<i>146</i>
3.2.3.	<i>Processo de validação da sequência didática sobre biodiversidade .....</i>	<i>175</i>
3.2.3.1.	Análise do primeiro bloco avaliativo: relação entre os princípios de design e os objetivos de aprendizagem.....	176
3.2.3.2.	Análise do segundo bloco avaliativo: adequação dos encontros, das ações didáticas e dos objetivos de aprendizagem.....	185
3.2.3.3.	Análise do terceiro bloco avaliativo: aspectos gerais da SD .....	203
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>213</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>221</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>231</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>240</b>

## INTRODUÇÃO

O Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) foi desenvolvido entre os anos de 1995 e 1997 por pesquisadores alemães que se dedicavam à pesquisa em ensino de Ciências, principalmente na área de ensino de Biologia e de Física (KOMOREK; KATTMANN, 2008; DUIT *et al.*, 2012). Desde então, o MRE vem sendo utilizado tanto para contextos mais amplos de reestruturação curricular em larga escala, como para auxiliar no planejamento de ensino numa situação educacional específica e plural. Neste último caso, dois focos de estudos se destacam: (1) aqueles que geram contribuições da pesquisa acadêmica para a prática educativa, com o desenvolvimento de intervenções educacionais contextualizadas, como, por exemplo, os estudos que visam ao desenvolvimento de sequências didáticas (SD) (ZABALA, 1998); e (2) aqueles que contribuem para pesquisa e para a formação profissional de professores (DUIT *et al.*, 2012; VAN DIJK; KATTMANN, 2007).

Independentemente da forma como o MRE pode ser utilizado, ele faz parte de uma tendência de investigação preocupada em aproximar teoria e prática educativa. Esta tendência ganhou força no ensino de ciências no final da década de 1990, quando as pesquisas sobre concepções dos estudantes e sobre mudança conceitual representavam grande volume de conhecimento. Nesta época a maioria dos educadores e pesquisadores do ensino de ciências estavam engajados no desenvolvimento de novos processos de ensino e aprendizagem, que eram alcançados por meio do *design* de intervenções (LABUDDE, 2008). Foi também nesta época que começou o intenso debate internacional sobre a alfabetização científica, que também influenciou no desenvolvimento do MRE (DUIT *et al.*, 2012).

Acompanhando estas tendências, o MRE foi proposto para ajudar a evitar uma unilateralidade característica das abordagens de pesquisas desenvolvidas na época de sua proposição (KATTMANN *et al.*, 1996), que era marcada, de um lado, por abordagens que enfatizavam demais a perspectiva dos estudantes e negligenciavam, em certa medida, a perspectiva da ciência, no planejamento do ensino; e, de outro, por “abordagens tradicionalmente orientadas para colocar a ênfase no ponto de vista da ciência, como diretriz de instrução do planejamento” (KATTMANN *et al.*, 1996, p. 1, tradução nossa). Ao contrário disso, o MRE traz de forma equilibrada, para o processo de *design*, as questões relacionadas ao conteúdo científico e aquelas de cunho educacional (DUIT *et*



*al.*, 2012; NIEBERT; GROPENGIESSER, 2013). Mais que isso, o MRE sugere o estabelecimento sistemático de relações entre as perspectivas da ciência, dos estudantes e os objetivos de ensino quando o propósito é planejar processos de ensino e aprendizagem (KATTMANN *et al.*, 1996).

Isto posto, é possível afirmar que o MRE foi desenvolvido para melhorar o ensino e aprendizagem de tópicos específicos da ciência (NIEBERT; GROPENGIESSER, 2013). Para tal, o MRE integra três conhecidas linhas da pesquisa no ensino de ciências, a saber: análise do conteúdo científico; estudo empírico sobre as perspectivas dos estudantes; e *design* e avaliação de intervenções (KOMOREK; KATTMANN, 2008). Cada linha de pesquisa citada anteriormente estrutura um componente do MRE, de forma que ele é constituído por três componentes que estão intimamente relacionados entre si: análise da estrutura do conteúdo (componente 1), investigações sobre as perspectivas dos estudantes (componente 2) e *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem (componente 3). Assim, a partir de seus componentes o MRE é entendido como uma ferramenta de *design* que orienta o desenvolvimento de ambientes de ensino e aprendizagem da ciência.

Como a apresentação do MRE, evidenciando seus três componentes, é bastante disseminada na literatura (DUIT, 2006a; DUIT *et al.*, 2012; KERSTING *et al.*, 2018; KOMOREK; KATTMANN, 2008; NIEBERT; GROPENGIESSER, 2013; REINFRIED *et al.*, 2015; STAVROU, 2015), alguns autores o entendem como um aporte metodológico para o *design* de intervenções educacionais (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017; TEIXEIRA; MEGID NETO; 2017). Visto desta forma, o MRE aparece nas pesquisas em ensino sempre associado a teorias educacionais, que visam fundamentar teoricamente o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem (KERSTING *et al.*, 2018). No entanto, além de fundamentar metodologicamente o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem, o MRE também carrega pressuposições teóricas que revelam a perspectiva por meio da qual a aprendizagem da ciência deve ser vista a partir dele (KATTMANN *et al.*, 1996; DUIT *et al.*, 2012).

Estas pressuposições teóricas são inspiradas nas Bases Construtivistas, na tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* e na Pesquisa Baseada em *Design*, de modo que são importados para o processo de *design* descrito pelo MRE alguns aspectos destas três perspectivas teóricas. Em razão disso, foi possível entender o MRE não apenas como uma ferramenta de *design*, mas também como um quadro teórico intermediário que pode ser usado no processo de *design*, como mediador das contribuições das teorias de referência

para a prática de ensino (RUTHVEN *et al.*, 2009). No entanto, diferentemente do que aconteceu com a compreensão metodológica do MRE, sua compreensão teórica não tem sido enfatizada, e nem aprofundada, na literatura. Isto nos faz identificar uma lacuna na compreensão deste modelo, já que não são claros os aspectos ou ideias das perspectivas teóricas de referência que efetivamente o influenciam. Nem tampouco, como estes aspectos compõem o quadro intermediário do MRE. Estes esclarecimentos são necessários, pois auxiliam na própria utilização do modelo de maneira eficiente e colaboram para que ele seja entendido como um aporte teórico e metodológico para o *design* de ambientes de ensino-aprendizagem da ciência.

Apesar do que foi posto, há diversos estudos que corroboram a ideia de que o MRE é um modelo valioso e promissor para pesquisas de desenvolvimento (LABUDDE, 2008). Estas que enfatizam a natureza prática das intervenções (SARMENTO *et al.*, 2013) e, por isso, objetivam desenvolver uma intervenção para um problema educacional significativo e real (PLOMP, 2007). Neste contexto de desenvolvimento de intervenções, o MRE oferece um suporte teórico e metodológico que se concretiza nas interações entre seus componentes; e que permite ampliar os conhecimentos sobre o conteúdo científico a ser ensinado, as perspectivas dos estudantes, a relação entre estas e as concepções científicas, e, ainda, sobre o planejamento do ensino. Diante disso, acreditamos que ele pode ser um modelo viável para possibilitar o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem sobre conceitos científicos que são caracterizados como integral e polissêmico, como é o caso do conceito de biodiversidade (BD) (MARÍN, 2017).

No domínio científico, mais especificamente considerando o desenvolvimento da Biologia, foi nos últimos trezentos anos que o conhecimento sobre BD cresceu exponencialmente (MAYR, 1998; 2008). A construção deste conhecimento passou pelos achados das grandes navegações e expedições dos naturalistas, pela influência da descoberta dos microscópios e dos fósseis (MAYR, 2008), pelos trabalhos de descrição da diversidade que culminaram com a obra de Lineu, pelo impacto das descobertas de Darwin e pela redescoberta dos trabalhos de Mendel (MARTINS; SANO, 2009). Cada um desses momentos contribuiu de maneira significativa para a construção deste conceito, que agregou diferentes interpretações ao longo do tempo.

A primeira interpretação de BD estava vinculada a um conhecimento utilitário fortemente ligado às atividades humanas; depois o interesse passou a ser a descrição e classificação da diversidade biológica, mas em uma perspectiva criacionista (MARTINS; SANO, 2009). Com os trabalhos de Darwin e de Mendel, houve uma verdadeira

reinterpretação da BD, que passou a ser entendida como o produto de processos evolutivos mediados pela seleção natural e, ainda, a partir de uma perspectiva genética (MAYR, 1998; 2008; MARTINS; SANO, 2009). Assim, foi desde o final do século XIX que o conceito de BD no contexto biológico refere-se não apenas ao número de espécies de um lugar, mas envolve também a diversidade genética e a diversidade de relações e de formas de vida (LÉVÊQUE, 1999; MARTINS; SANO, 2009). Isto nos permitiu perceber que dentro do campo da Biologia o conceito de BD configura-se como polissêmico, uma vez que incorpora diferentes significados.

A polissemia característica do conceito de BD não se restringiu às ciências biológicas ou ao domínio científico. Nos últimos anos o conceito agregou diferentes e novos significados que reclamam uma interpretação sociocultural da BD, na qual aspectos sociais, econômicos, ambientais, culturais, éticos e políticos devem ser levados em consideração (MOTOKANE; KAWASAKI; OLIVEIRA, 2010; ONÓRIO; OLIVEIRA; KAWASAKI, 2013). Esta nova linha de interpretação é decorrente da popularização do conceito ao redor do mundo, que aconteceu no final da década de 1980, após a realização de dois importantes eventos, considerados divisores de águas para a ampliação e popularização do conceito de BD: O Fórum Nacional da Biodiversidade (*National Forum on BioDiversity*), que aconteceu na cidade de Washington nos Estados Unidos em 1986, e a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (ECO-92), promovida pela UNESCO no Rio de Janeiro em 1992 (MARTINS; SANO, 2009; MOTOKANE, 2005).

A partir de então, as discussões sobre BD tornaram-se populares na mídia, na sociedade e na ciência, de forma que os enfoques puramente científicos não foram suficientes para abordar de maneira integral as problemáticas que envolviam a BD (MARANDINO; MÔNACO; OLIVEIRA, 2010). Com isso, foi necessária uma compreensão integral e polissêmica de BD, na qual as diversas dimensões do conceito relacionam-se entre si e ancoram-se num mesmo objetivo, que é aquele da conservação dos ambientes naturais e das espécies que eles abrigam, com a adesão dos homens e para o seu benefício a longo prazo (LÉVÊQUE, 1999). Assim, conforme as discussões sobre BD foram ganhando proporções e importância na sociedade, emergiu a necessidade de o conceito ser abordado também no campo educativo.

Nas palavras de Lévêque (1999, p.202), “o ensino pode ser um instrumento potente para aumentar a tomada de consciência do público em relação à proteção da biodiversidade, ao formar não só os conhecimentos, mas da mesma forma, as percepções e as atitudes dos jovens frente à biodiversidade.”. Tal instrumentalização se deu, por

exemplo, no sentido de o Ministério da Educação brasileiro, por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais para a área de Biologia, orientar que o ensino de BD não deveria compreender unicamente a abordagem de conteúdos biológicos-ecológicos (MARÍN, 2017), mas possibilitar a formação em competências e habilidades que permitissem ao estudante entender os diversos contextos de discussão de BD, incluindo aqueles que tratam dos problemas da sua redução (BRASIL, 1998; 1999; 2002; 2006). O documento mais recente deste mesmo Ministério apresenta na Base Nacional Curricular Comum (BNCC) orientações semelhantes para o ensino de BD (BRASIL, 2017), evidenciando mais uma vez a necessidade de contextualizar este conceito por meio de interpretações que vão além daquelas biológicas, como a interpretação sociocultural.

Para Marín (2017), um dos grandes desafios de abordar o conceito de BD nesta perspectiva integral e polissêmica é a forma como os estudantes entendem este conceito, de maneira que não é possível promover uma compreensão integral de BD, sem levar em consideração as concepções dos estudantes. Embora muitas pesquisas atuais investiguem estas concepções em variados contextos educacionais e das mais variadas formas (HORA; FONSECA; SODRÉ, 2015; LAMIM-GUEDES, 2011; ONÓRIO; OLIVEIRA; KAWASAKI, 2013; VILCHES *et al.*, 2015), há em comum entre esses estudos a evidência de que a visão dos estudantes sobre BD é predominantemente pautada em uma abordagem biológica do conceito, mais precisamente na diversidade de espécies. Coincidência ou não, estudos revelam que esta mesma abordagem predomina nas concepções dos professores, nos livros didáticos de Ciências e Biologia e no ensino de BD, seja no nível básico ou superior (CARDOSO-SILVA; OLIVEIRA, 2013; CAZAROTTI; MOTOKANE, 2013; MACIEL; SANTOS; SILVA, 2016; REIS; SILVA, 2014).

Diante deste contexto, um dos caminhos a serem explorados no ensino de BD é o desenvolvimento de novas propostas de ensino e pesquisa, nas quais se enfatize o planejamento de atividades capazes de promover aos estudantes reflexões sobre suas próprias ideias e, em seguida, de as complementar com conhecimentos científicos e socioculturais (MARÍN, 2017). Consideramos que o MRE pode contribuir de maneira significativa neste sentido, pois por meio de seus três componentes é possível entender quais as concepções científicas de um determinado conceito, quais as concepções dos estudantes sobre ele e como essas concepções dialogam entre si para possibilitar o *design* e a avaliação de um ambiente de ensino e aprendizagem. Emergiram assim as motivações que nos levaram a buscar o aprofundamento da compreensão teórica e metodológica do

MRE, para que com isso fosse possível planejar, à luz deste modelo, um ambiente de ensino e aprendizagem no qual o conceito de biodiversidade fosse abordado como integral e polissêmico. Desse modo, os questionamentos que conduziram este estudo foram: Como se estrutura o quadro teórico intermediário do MRE? E, como este modelo subsidia o *design* de uma SD sobre biodiversidade, que visa abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas?

Tomando como referência os questionamentos anteriores, o principal objetivo deste estudo é compreender como o MRE subsidia teórica e metodologicamente o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem, utilizando seus pressupostos para o *design* de uma SD sobre biodiversidade, que visa abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas. A partir deste objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar que elementos teóricos são importados das grandes teorias que fundamentam o MRE para o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem descrito por ele; entendendo como estes elementos se reorganizam para compor o quadro intermediário da reconstrução educacional;
- Entender como os componentes do MRE auxiliam no processo de *design* de uma SD sobre biodiversidade, na qual este conceito é abordado em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas;
- Construir uma SD sobre biodiversidade com base no MRE;
- Analisar se os objetivos previamente estabelecidos para a SD sobre biodiversidade têm o potencial de serem alcançados, validando, assim, o quadro intermediário da reconstrução educacional proposto neste estudo.

Agora que as problemáticas, as justificativas e os objetivos foram apresentados, é importante deixar claro que, nesta tese, a SD sobre biodiversidade construída foi validada por meio de um processo de validação por pares; e não por meio da implementação da SD em um contexto real de sala de aula. Isto se deu em decorrência do tempo disponível para a realização deste estudo, mas com a sua conclusão, pretendemos dar prosseguimento ao processo de *design* aqui iniciado e, então, propor a implementação da SD sobre biodiversidade em outros contextos de pesquisas.

Tendo em vista que o MRE é o foco principal deste estudo, os capítulos desta tese foram organizados no sentido de promover aprofundamento teórico e metodológico deste modelo. Assim, as discussões sobre os três componentes do MRE, as interações

estabelecidas entre estes componentes, elucidando o papel das potencialidades pedagógicas no processo de *design* descrito no MRE e a proposição de um quadro teórico intermediário construtivista da reconstrução educacional constituíram o capítulo 1 da tese. A apresentação do percurso metodológico, evidenciando como as interações entre os componentes do MRE foram asseguradas ao longo deste estudo constituiu o capítulo 2 da tese. A análise das concepções científicas e das dos estudantes sobre BD, a identificação das potencialidades pedagógicas, a descrição da SD desenhada e avaliação da SD constituíram o capítulo 3 da tese. Sendo assim, a última seção deste trabalho foi dedicada à apresentação das considerações finais.

Para finalizar, formulamos votos de que as leituras que seguem sejam agradáveis para todos e todas que se dedicarem à apreciação deste trabalho, que antes de tudo é uma forma de resistir ao cenário político atual. Desde já aguardamos ansiosamente pelas ressignificações de cada um e de cada uma. E isso nos leva a um imensurável sentimento de gratidão!

## CAPÍTULO 1. DA PESQUISA BASEADA EM *DESIGN* AOS ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DO MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL

---

Este capítulo visa contribuir para o entendimento do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) como uma ferramenta de *design*, sustentada por um quadro teórico intermediário que tem como grandes teorias as bases construtivistas, a tradição alemã de *Bildung* e *Didaktica* e a Pesquisa Baseada em *Design* (PBD). Para viabilizar o entendimento pretendido, primeiramente serão retomadas as principais características e fases da PBD. Em seguida, as principais ideias do MRE serão apresentadas, bem como os seus três componentes. Feito isso, este capítulo será finalizado com a proposição do quadro intermediário, que, a nosso ver, fundamenta teórica e metodologicamente o MRE. Ademais, ao longo do texto, serão destacados alguns estudos que tiveram como motivação a utilização do MRE, na busca de ilustrar como este modelo tem sido utilizado na pesquisa em ensino de ciências.

### 1.1. Pesquisa Baseada em *Design* (PBD)

A Pesquisa Baseada em *Design* (PBD), do inglês *Design-Based Research* (DBR), foi desenvolvida inicialmente no cenário internacional da pesquisa em ensino de ciências, no qual tem sido entendida como uma abordagem de estudo que busca fornecer resultados de pesquisa efetivamente relevantes para a prática educacional. Como afirma Collins, Joseph e Bielaczyc (2009), as primeiras iniciativas alinhadas a esta abordagem foram apresentadas por Brown (1992) e Collins (1992) sob a nomenclatura de *Design Experiments*. A partir de então, muitos esforços foram direcionados para o aprimoramento teórico e metodológico da PBD (COLLECTIVE, 2003; COLLINS; JOSEPH; BIELACZYC, 2009; MCKENNEY; REEVES, 2014; VAN DEN AKKER, 1999; VAN DEN AKKER *et al.*, 2009).

Atualmente já são mais de duas décadas de pesquisa sobre PBD, com grande parte dos trabalhos desenvolvidos no contexto internacional, principalmente nos Estados Unidos (MCKENNEY; REEVES, 2013). No Brasil, as contribuições para a construção do conhecimento teórico e metodológico sobre PBD ainda são consideradas modestas e recentes (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017; RAMOS; GIANNELLA; STRUCHINER, 2010). Apesar disso, este tipo de estudo vem sendo cada vez mais utilizado na pesquisa

educacional (ANDERSON; SHATTUCK, 2012; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017; MCKENNEY; REEVES, 2013), com o intuito de tornar a pesquisa nesta área um meio efetivo de aprimoramento, transformação e construção de processos de ensino e aprendizagem concretos.

Graças ao seu caráter pragmático, este tipo de abordagem de pesquisa tem recebido várias denominações; logo, a terminologia PBD não é a única existente (MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014). Desse modo, outras terminologias podem ser encontradas, como: *Design Experiments* (BROWN, 1992; COLLINS, 1992); *Development Research* (VAN DEN AKKER, 1999); *Design Research* (REEVES; HERRINGTON; OLIVER, 2005; PLOMP, 2007; MCKENNEY; REEVES, 2012), *Developmental Research* (MCKENNEY; VAN DEN AKKER, 2005), *Formative Research*, (NEWMAN, 1990), etc. No entanto, mesmo não sendo a única a terminologia possível, a *Pesquisa Baseada em Design* (PBD) ou *Design-Based Research* (KELLY, 2003) foi reconhecida como a terminologia mais popular entre os pesquisadores que trabalham com o *design*<sup>1</sup> educacional (ANDERSON; SHATTUCK, 2012) e, por esse motivo, foi a terminologia escolhida para este estudo. Dito isso, a partir de agora direcionaremos nossa atenção para as definições, características e fases da PBD.

Na literatura, muitas são as definições para a PBD, aqui destacamos duas que parecem estar bastante alinhadas e que orientam este estudo. Uma apresenta a PBD como uma abordagem de pesquisa, na qual o cenário para a investigação científica é fornecido pelo desenvolvimento iterativo de intervenções para problemas educacionais práticos e complexos (MCKENNEY; REEVES, 2014). A outra, apresenta a PBD como um estudo sistemático de *design*, desenvolvimento e avaliação de intervenções, que funcionam como soluções para problemas complexos da prática educacional (PLOMP, 2007). Além de apresentarem definições semelhantes para PBD, ambos os autores também concordam que esta abordagem de pesquisa não objetiva apenas solucionar problemas encontrados em contextos específicos de ensino, mais que isso, e ao mesmo tempo, procura descobrir novos conhecimentos que possam orientar o enfrentamento de problemas semelhantes àqueles, mesmo que em outros contextos educacionais (MCKENNEY; REEVES, 2014;

---

<sup>1</sup> Se entende por *design*, no contexto deste estudo, o desenho de intervenções educacionais realizado de modo não arbitrário, mas com base em critérios e características apoiados em pesquisa educacional. Este termo é utilizado no âmbito da PBD porque muitos estudiosos desta abordagem de pesquisa pensam que se pode comparar o processo de investigação e pesquisa da PBD com o método empregado por engenheiros e arquitetos, que ao mesmo tempo aplicam perspectivas teóricas gerais, mas acabam sempre construindo (ou fazendo o *design*) soluções adaptadas ao local, assim como aos usuários daquilo que foi construído (MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014).



PLOMP, 2007). Isso é alcançado com o avanço do conhecimento sobre as características das intervenções e sobre seus processos de *design* e desenvolvimento, de modo que estas são as principais reflexões viabilizadas por meio de uma PBD.

Uma vez apresentadas as definições de PBD consideradas neste estudo, poderíamos agora avançar para a apresentação das suas características. Antes, porém, é importante fazer um adendo sobre o uso do termo “intervenção” no contexto da PBD. Este termo é utilizado “para denotar o objeto, atividade ou processo que é desenvolvido como uma solução possível para resolver o problema educacional identificado” (SHATTUCK; ANDERSON, 2013, p.187, tradução nossa). Corroborando esta ideia, McKenney e Reeves (2012) pontuam que o termo em questão é amplo e utilizado para abranger os diferentes tipos de soluções educacionais que são desenvolvidas por meio de um processo de *design*. Estas soluções podem ser concretizadas em:

a) produtos educacionais tais como materiais didáticos de toda natureza e suporte; b) processos pedagógicos como, por exemplo, recomendações de atitude docente, novas propostas didáticas; c) programas educacionais como currículos, cursos, organização de temas e didáticas, também desenvolvimento profissional para professores; ou d) políticas educacionais como protocolos de avaliação docente ou discente, procedimentos e recomendações de investimento, aquisição, opções para relação entre a escola e a comunidade (MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014, p.26).

Desse modo, tendo em vista o que foi apresentado até aqui, é possível notar que a PBD se diferencia de outras abordagens de pesquisa de natureza interventiva muito mais pelos seus objetivos, do que pelos métodos que utiliza no processo de *design* de intervenções. Tais objetivos, já citados anteriormente, combinam propósitos da ciência básica e aplicada, sem que uma seja entendida em oposição a outra (MCKENNEY; REEVES, 2013), já que o produto de uma PBD visa tanto reflexões sistematizadas para a produção de *princípios de design* (VAN DEN AKKER, 1999), ou *princípios de planejamento* (SARMENTO, 2016), como à construção de uma intervenção para solucionar um problema da prática educacional existente.

Aqui cabe uma observação no sentido de explicar o que são os “princípios de *design*”. Este termo foi utilizado pela primeira vez por Van Den Akker (1999) ao se referir aos princípios que guiavam o planejamento de uma intervenção. De acordo com este autor, esses princípios reúnem basicamente duas ênfases, uma substantiva e outra processual. A primeira refere-se às características essenciais da intervenção (os propósitos) e a última à forma como a intervenção deveria ser desenvolvida (os procedimentos). Estas duas ênfases orientam o processo de sistematização dos princípios

de *design* proposto por Van Den Akker (1999). Mostraremos mais sobre este processo no capítulo dedicado à apresentação do percurso metodológico deste estudo.

Ainda sobre as intervenções e os princípios de *design*, Van Den Akker (1999) explica que enquanto a otimização da intervenção é especialmente orientada para fins práticos em uma dada realidade, a produção de princípios de *design* objetiva aspirações científicas ou acadêmicas, ou seja, teóricas. Isso porque a intervenção é explicitamente orientada para a construção de conhecimento de natureza generalizável (VAN DEN AKKER, 1999), ou seja, para a construção de princípios de *design* que caracterizam o desenvolvimento de conhecimento teórico sobre os processos de ensino e aprendizagem. Portanto, é a construção não apenas da intervenção em si, mas também dos princípios de *design* que distingue a PBD (PLOMP, 2007) da Pesquisa-Ação (THIOLLENT, 2011), outra abordagem de pesquisa de natureza interventiva bastante conhecida no campo do ensino de ciências<sup>2</sup>.

Avançando para a discussão sobre as características da PBD, foi possível notar que o estudo destas características revela um ponto uníssono entre os pesquisadores dedicados a trabalhar com esta abordagem de pesquisa. Este ponto é o entendimento de que tanto as contribuições práticas, relativas à construção de intervenções para um contexto específico de ensino, como as contribuições teóricas, relativas à construção de princípios de *design*, assumem importância fundamental no âmbito de uma PBD (BITTENCOURT; STRUCHINER, 2015; COLLECTIVE, 2003; COLLINS; JOSEPH; BIELACZYC, 2009; MCKENNEY; REEVES, 2014; SARMENTO *et al.*, 2013; VAN DEN AKKER, 1999; VAN DEN AKKER *et al.*, 2009). Neste âmbito, tanto o contexto, como os princípios de *design* possuem papel equilibrado, sem que um prevaleça sobre o outro. Na verdade, eles assumem igual importância e fornecem as discussões complementares que resultam nas características e fases da PBD, que trataremos nos próximos parágrafos.

Embora as características da PBD possam ser apresentadas de diversas maneiras e sob diferentes rótulos, alguns autores elencam cinco características desta abordagem que consideram universais: intervencionista, colaborativa, “fundamentalmente

---

<sup>2</sup> Para mais distinções entre as abordagens de pesquisa de natureza interventiva ver Teixeira e Megid Neto (2017).

responsiva” (*responsively grounded*)<sup>3</sup>, “teoricamente orientada” (*theoretically oriented*)<sup>4</sup> e iterativa (MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014; MCKENNEY; REEVES, 2014). A PBD é uma abordagem de pesquisa caracterizada pelo esforço de impactar positivamente a prática, trazendo transformação através do *design* e fornecendo, por meio deste, soluções para problemas educacionais reais (intervencionista) (MCKENNEY; REEVES, 2012). Por esta razão, ela possui uma natureza essencialmente pragmática, tendo como ponto de partida a identificação de problemas contidos em contextos específicos, que necessitam de soluções (MCKENNEY; REEVES, 2014).

A esse respeito, Anderson e Shattuck (2012) afirmam que a seleção e criação das soluções educacionais por meio da PBD, é uma tarefa feita com a participação ativa de um conjunto de atores, que estão conectados ao problema que necessita ser solucionado (colaborativa). Esta investigação de forma colaborativa garante que o problema em questão seja analisado e compreendido sob o olhar dos mais variados atores a ele relacionados. Com isso, a experiência profissional destes sujeitos tem espaço no processo de *design*, auxiliando no desenvolvimento de uma intervenção que traga soluções as mais condizentes possíveis com a realidade para a qual foi planejada.

Outra característica marcante desta abordagem de pesquisa é que as intervenções desenvolvidas no âmbito da PBD são moldadas pelo diálogo entre os conhecimentos advindos da literatura, dos dados empíricos coletados em campo e das experiências dos envolvidos no contexto do problema (fundamentalmente responsiva) (MCKENNEY; REEVES, 2012, 2014). De fato, entendendo as afirmações de Matta, Silva e Boaventura (2014), o conhecimento teórico e prático gerado pela PBD é desenvolvido em estreito diálogo com a prática, considerando a complexidade do contexto em estudo.

A partir das três características da PBD apresentadas até aqui – intervencionista, colaborativa e fundamentalmente responsiva – é possível ratificar o relevante papel do contexto educacional nesta abordagem de pesquisa, já que: (1) é deste contexto que emergem os problemas a serem tratados neste tipo de investigação; (2) também é nele que se encontram alguns dos atores fundamentais para o desenvolvimento do trabalho colaborativo (como os professores e os estudantes); (3) neste mesmo contexto são

---

<sup>3</sup> Esta característica da PBD está posta entre aspas porque ao fazermos a tradução do termo *responsively grounded* não encontramos, em português, uma expressão correspondente que indicasse o significado original do termo em questão. Assim, para evitar perda do sentido do termo ou traduções equivocadas, preferimos utilizar a tradução literal do termo acompanhada da sua grafia em inglês. Com este artifício utilizamos a mesma terminologia utilizada por Matta, Silva e Boaventura (2014).

<sup>4</sup> A explicação da nota anterior, serve também para o termo *theoretically oriented*.

coletadas informações que auxiliam no desenvolvimento de intervenções úteis para o problema educacional em questão; e, por fim, (4) é para este contexto, essencialmente, que estas intervenções são desenvolvidas. Com efeito, todas as intervenções desenvolvidas no âmbito da PBD não podem relegar o papel do contexto neste tipo de investigação, nem tampouco deixá-lo à margem do processo de *design*.

Entretanto, como já dito em outro momento do texto, a PBD se caracteriza não apenas pelas intervenções que produz, mas também pela característica peculiar de que estas intervenções incorporam reivindicações teóricas específicas sobre ensinar e aprender (BITTENCOURT; STRUCHINER, 2015). Estas reivindicações trazem à tona o foco que a PBD tem na compreensão teórica do processo de *design* (*teoricamente orientada*), de modo que “as teorias são ponto de partida, de chegada e de investigação na PBD” (MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014, p.26). Portanto, por meio de uma PBD, é possível produzir conhecimento teórico específico (princípios de *design*) que pode ser utilizado tanto por outros professores que trabalham em condições semelhantes àquelas investigadas, como por outros pesquisadores de *design*.

Finalmente, a PBD é “iterativa” porque evolui através de ciclos sucessivos, chamados usualmente de “ciclos de prototipagem”, que são compostos pelo *design*, pelo desenvolvimento, pelo teste e pelo refinamento de intervenções (MCKENNEY; REEVES, 2014). Essa natureza iterativa da PBD se dá porque o resultado de cada ciclo é tido como ponto de partida para o ciclo seguinte, de maneira que esses ciclos são desenvolvidos repetidas vezes, com o objetivo de melhorar, ou aprimorar, a intervenção que está sendo construída. Nas palavras de Matta, Silva e Boaventura (2014), a iteração talvez seja a característica mais marcante da PBD, dando-lhe o caráter formativo que com ela é identificado; e moldando as fases do processo de pesquisa descrito por ela.

Vale destacar, ainda, que, conforme as três primeiras características aqui apresentadas nos permitem melhorar a compreensão sobre o papel que o *contexto* assume na PBD; estas duas últimas características – teoricamente orientada e iterativa – nos permitem compreender o importante papel que os princípios de *design* assumem nesta abordagem, já que: (1) são entendidos como um dos produtos da PBD, desenvolvidos com base em reflexões e teorizações sistematizadas, orientadas pelo próprio processo de *design* e, além disso, (2) a evolução de tais princípios, feita com base em refinamentos sucessivos, leva a padrões ou teorizações que podem ser generalizáveis para o contexto de outras intervenções.

De acordo com Plomp (2007), a produção de generalizações transponíveis para outros contextos educacionais é uma expectativa central da PBD. Estas generalizações não caminham no sentido de desenvolver uma intervenção que possa ser utilizada em qualquer ocasião de ensino, pois esta prática iria na contramão do papel que é dado ao contexto nesta abordagem de pesquisa. Portanto, as generalizações alvo de uma PBD apontam para os produtos teóricos da PBD: os princípios de *design* e as evidências empíricas colhidas no processo de investigação, mas nunca para a intervenção em si (SARMENTO, 2016).

Por esse ângulo, os princípios de *design* não são produzidos no sentido de criar teorizações descontextualizadas ou grandes teorias que funcionem com igual efeito em todos os contextos educacionais. Em vez disso, os princípios de *design* refletem as condições em que operam, sendo o objetivo sempre maximizar a aprendizagem (ANDERSON; SHATTUCK, 2012). Logo, as generalizações oriundas de uma PBD giram em torno de teorizações feitas a partir dos princípios de *design*, que são produzidos com base em um contexto educacional específico, mas que podem ser transpostos para outros contextos educacionais semelhantes, possibilitando então “generalizações situadas” (SIMONS, 2003), de um processo de *design* para outro.

Terminada a caracterização da PBD, caminharemos agora para as discussões finais deste item que versam sobre o processo investigativo próprio desta abordagem de pesquisa. De início, é importante destacar que um longo processo investigativo é necessário até que o *design* e o desenvolvimento de uma intervenção sejam concretizados no âmbito de uma PBD (PLOMP, 2007). Tal processo tem o intuito de aproximar, tanto quanto possível, aquilo que é pretendido em uma intervenção, daquilo que é conseguido após o seu desenvolvimento. Para a condução deste processo vários percursos de pesquisa podem ser utilizados, mas Plomp (2007) defende que todos eles se assemelham por envolver basicamente três fases: (1) pesquisa preliminar, (2) fase de prototipagem<sup>5</sup> e (3) fase de avaliação.

A pesquisa preliminar tem como objetivo a identificação e a análise do problema a ser resolvido com a intervenção, bem como a formulação dos princípios de *design* (MCKENNEY; REEVES, 2012; PLOMP, 2007; SARMENTO *et al.*, 2013). Estes princípios servem para orientar o processo de *design* da intervenção e são redefinidos, ou redesenhados, à medida que tal processo é conduzido.

---

<sup>5</sup> O termo prototipagem se refere à ação de construir protótipos da intervenção, ou versões da intervenção, que necessitam de testes e aperfeiçoamentos.

A segunda fase da PBD, conhecida como fase de prototipagem, compõe-se de ciclos de investigação (ou ciclos de prototipagem, ou ciclos de *design*) que incluem a construção, o teste e o aperfeiçoamento da intervenção (MCKENNEY; REEVES, 2012; PLOMP, 2007; SARMENTO *et al.*, 2013). Sobre estes ciclos, Plomp (2007) explica que é possível que eles não comecem a partir do zero, ou seja, com a construção de uma nova intervenção que jamais passou por testes; mas podem iniciar a partir da avaliação de uma intervenção já existente, que objetiva identificar a necessidade de melhorias, para então ser iniciado um novo plano de *design* e novas séries de ciclos de prototipagem. Os vários ciclos de prototipagem previstos nesta segunda fase são a base para a construção dos conhecimentos teóricos, principalmente aqueles refletidos através dos princípios de *design*, que emergem da PBD.

Sarmento e colaboradores (2013) também colaboram com esta discussão, quando, ao tratar desta segunda fase, afirmam que:

[...] caso a intervenção não apresente os resultados desejados ou permita alcançá-los apenas parcialmente, pode-se afirmar que os princípios de *design* não conduziram ainda à aprendizagem esperada, ou, ao menos, que o modo como se decidiu implementá-los não satisfaz as expectativas assumidas. Este fato conduz a novas decisões quanto ao planejamento da intervenção e, assim, a novos ciclos de testes. Contudo, mesmo que todos os objetivos de aprendizagem assumidos sejam atingidos, novos ciclos de prototipagem, ainda assim, são necessários para avaliar a possibilidade de estender a inovação a outros contextos educacionais. (SARMENTO *et al.*, 2013, p. 577).

Em outras palavras, é na fase de prototipagem que os princípios de *design* são testados e aperfeiçoados, até que as vias de aprendizagem esperadas sejam aquelas realizadas, ou até que seja avaliada a possibilidade de estender estes objetivos para outros contextos educacionais.

A terceira e última fase da PBD é a fase de avaliação, que também pode ser chamada de fase de avaliação semissomativa<sup>6</sup> (PLOMP, 2007; SARMENTO *et al.*, 2013). Segundo estes autores, esta fase permite concluir se a intervenção, depois de várias iterações, atingiu as expectativas planejadas, inclusive em sua extensão a novos contextos. Além disso, a terceira fase da PBD resulta também, como a segunda fase, em recomendações e diretrizes para o aprimoramento da intervenção e dos princípios de *design* (PLOMP, 2007; SARMENTO *et al.*, 2013). Portanto, o processo de *design* proposto pela PBD é, além de cíclico, um processo iterativo, composto basicamente por

---

<sup>6</sup> O termo semissomativa indica que a avaliação final de uma intervenção reúne todas as avaliações feitas em cada ciclo de prototipagem. Desse modo, a avaliação final agrega os resultados do conjunto de avaliações parciais já realizadas.

três fases principais (pesquisa preliminar, fase de prototipagem e avaliação semissomativa) que podem ser desenvolvidas por meio de diferentes estratégias e em diferentes tipos de estudos.

Plomp (2007) destaca dois tipos de estudos situados no campo da PBD, os estudos de desenvolvimento e os estudos de efetividade, também discutidos por Sarmento e colaboradores (2013). Os estudos de desenvolvimento enfatizam a natureza prática das intervenções (SARMENTO *et al.*, 2013), e por isso objetivam desenvolver uma intervenção para um problema educacional significativo e real (PLOMP, 2007). Os resultados esperados em um estudo de desenvolvimento passam pelo desenvolvimento iterativo de intervenções aplicadas em variados contextos, pela avaliação de seus sucessos e limites através de uma comparação entre as vias de aprendizagem planejadas e as efetivamente realizadas em sala de aula e pela construção de princípios de *design* validados empiricamente (SARMENTO *et al.*, 2013). Esses resultados esperados são orientados tanto pelo contexto, como pelos referenciais teóricos e metodológicos utilizados no estudo e ainda pelo próprio processo de pesquisa da PBD.

Já os estudos de efetividade têm foco sobre a efetividade da intervenção, como o próprio nome sugere. Estes estudos têm desenho de pesquisa quase-experimental e buscam por conclusões que relacionem as causas no processo de ensino aos efeitos no processo de aprendizagem (SARMENTO *et al.*, 2013). Isso demanda grandes estudos comparativos, envolvendo turmas em que uma intervenção é aplicada e turmas em que o mesmo assunto é abordado mediante outra proposta pedagógica, chamadas usualmente de turmas-controle (SARMENTO *et al.*, 2013). Outras questões poderiam ser discutidas sobre o desenho quase-experimental na PBD, mas como o nosso trabalho não se aproxima de um estudo de efetividade, acreditamos ser inoportuno nos aprofundar sobre este tipo de desenho neste espaço.

Além do mais, os estudos de efetividade dependem dos estudos de desenvolvimento (PLOMP, 2007). Por razões óbvias, não é possível investigar a efetividade de uma intervenção na aprendizagem dos estudantes, sem que esta intervenção esteja devidamente desenhada e validada, conforme os fundamentos da PBD. Em vista disso, “o grande esforço de coleta de dados para um estudo de causa e efeito pode não ser justificável enquanto não tiverem sido realizados estudos de caso visando ao próprio desenvolvimento da intervenção educacional” (SARMENTO *et al.*, 2013, p. 576). O MRE é um modelo que viabilizada a pesquisa de desenvolvimento, por esse motivo, este tipo de estudo da PBD foi o evidenciado nas discussões desta tese.

Do mesmo modo que possui tipos de estudos diversos, a PBD pode variar também nas estratégias que são empregadas para o seu desdobramento. Neste sentido, umas das estratégias que pode ser utilizada, principalmente nos estudos de desenvolvimento é o uso de ferramentas de *design*. Estas ferramentas servem para mediar as contribuições de grandes teorias educacionais para os propósitos particulares de um processo de *design*, trazendo para o contexto e especificidades deste, contribuições epistemológicas e cognitivas daquelas (RUTHVEN *et al.*, 2009).

Viiri e Savinainen (2008) descrevem duas ferramentas de *design* frequentemente utilizadas para o desenvolvimento de intervenções no ensino de ciências: a Demanda de Aprendizagem - DA (do inglês *Learning Demand - LD*)<sup>7</sup> e o Modelo de Reconstrução Educacional - MRE (do inglês *Model of Educational Reconstruction - MER*). No referido trabalho os autores fazem uma comparação entre estas duas ferramentas, evidenciando o papel do professor, do conhecimento científico, do estudante, do mundo material, dentre outros aspectos. Depois apresentam estudos concretos nos quais estas ferramentas são utilizadas, chegando, por fim, à conclusão de que as diferenças substanciais entre cada ferramenta são reflexos das teorias da aprendizagem que as influenciam.

Deste modo, fica evidente que a ferramenta deve ser escolhida de acordo com o objetivo da intervenção que se pretende planejar (VIIRI; SAVINAINEN, 2008). Isso significa que não há, portanto, uma ferramenta melhor que outra, apenas uma mais adequada que outra para um determinado fim. De acordo com esses autores, o MRE é uma ferramenta mais geral, que possibilita uma interação entre as intenções da instrução, seus tópicos, métodos e os meios utilizados para seu desenvolvimento. Nos itens a seguir veremos como esta interação se estabelece.

## **1.2. O Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) como uma ferramenta de *design***

O MRE é um programa de pesquisa que foi desenvolvido para melhorar o ensino e aprendizagem de tópicos específicos da ciência (NIEBERT; GROENGIESSER, 2013). Para isso, é defendido no MRE que o conhecimento íntimo das percepções dos estudantes sobre um dado conteúdo científico pode influenciar consideravelmente na

---

<sup>7</sup> Esta ferramenta de *design* é inspirada em um quadro intermediário sociocontrutivista, que por sua vez recebe orientações da teoria de Bakhtin, sobre a linguagem social, e da teoria de Vygotsky, sobre a formação de conceitos.



reconstrução adequada deste conteúdo para o ensino (DUIT et al., 2012; KATTMANN et al., 1996; KOMOREK; KATTMANN, 2008). Este entendimento é, portanto, o principal pressuposto do MRE.

A partir deste pressuposto, podemos direcionar a reflexão para a ideia que está por trás do termo “reconstrução educacional”. Kattmann e colaboradores o explica do seguinte modo:

O termo reconstrução, portanto, denota que as questões que se perderam no processo de formação do conhecimento científico têm de ser reconstruídas, a fim de tornar o ponto de vista científico compreensível e significativo para os estudantes. Consequentemente, as perspectivas dos estudantes estão sistematicamente relacionadas com as explicações científicas dos conceitos correspondentes, de modo que ambos possam ser fecundamente utilizados no processo de ensino e aprendizagem. Como a análise da estrutura do conteúdo é inevitavelmente influenciada por questões educacionais, utilizamos o termo reconstrução educacional. (KATTMANN et al., 1996, p.2, tradução nossa).

Logo, o processo de reconstrução do conteúdo científico para fins educacionais é visto como um processo de interação íntima entre os objetivos de ensino, os conteúdos científicos e as perspectivas dos estudantes, sendo estes dois últimos tratados igualmente como recurso para a instrução científica (DUIT et al., 2012; KATTMANN, 2007; NIEBERT; GROENGIESSER, 2013; REINFRIED et al., 2015; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009). É justamente este processo interativo que diferencia o MRE de outras abordagens de pesquisa, visto que, somente ele assume explicitamente que os objetivos de ensino, bem como o conhecimento íntimo sobre os pontos de vistas dos estudantes, permitem ver a estrutura de conteúdo da ciência de uma forma diferente, sob um prisma fundamentalmente educacional (KATTMANN et al., 1996). Desse modo, no planejamento de processos de ensino e aprendizagem à luz do MRE, o conteúdo científico é reconstruído de forma contextualizada, levando em consideração aspectos da natureza e da história da ciência, bem como das perspectivas dos estudantes. Portanto, a ciência dogmatizada e descontextualizada não pode ser utilizada como pressuposto para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem descritos pelo MRE.

Diante do exposto, foi possível perceber que está implícito nesta ideia de reconstrução educacional que a estrutura curricular do conteúdo da ciência é diferente da estrutura curricular do conteúdo para o ensino (DUIT, 2006b; DUIT et al., 2012). Logo, o conteúdo reconstruído não pode ser prescrito simplesmente por uma redução do conteúdo científico correspondente, mais que isso, ele é incorporado em contextos ambientais, sociais e idiossincráticos, para demonstrar seu papel na vida do indivíduo e

na sociedade (KATTMANN et al., 1996). Por esta razão, a estrutura curricular para o ensino deve ser ainda mais complexa que a científica, uma vez que necessita, além de evitar equívocos induzidos cientificamente, abordar os potenciais de aprendizagem e as dificuldades dos estudantes (DUIT et al., 2012; KATTMANN et al., 1996).

Assim, o processo que transforma, ou traduz, conhecimento científico específico em conhecimento para o ensino é chamado por Kattmann e colaboradores (1996), por Duit e colaboradores (2012), por Niebert e Gropengiesser (2013) e pela maior parte da comunidade que utiliza o MRE, de reconstrução educacional. A ideia de reconstrução educacional desenvolvida na educação alemã (KATTMANN et al., 1996) é contemporânea ao conceito de transposição didática desenvolvido na educação francesa de ciências e matemática (CHEVALLARD, 1994; PERRENOUD, 1998). Em vista disso, a preferência dos autores do MRE pelo termo “reconstrução educacional” parece nos dar indícios de que existem distinções entre estas duas abordagens, mas deixaremos estas discussões para o item dedicado à apresentação do quadro intermediário do MRE.

Neste item, o MRE é apresentado como uma ferramenta de *design*. Entendido dessa forma, este modelo se estrutura a partir de seus três componentes: (1) análise da estrutura do conteúdo; (2) investigação sobre as perspectivas dos estudantes e (3) *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem. Antes de enveredarmos pelas discussões referentes a cada componente, achamos oportuno destacar alguns aspectos que elucidam o papel das ferramentas de *design* na PBD. Para tal, utilizaremos como guia, principalmente, as discussões feitas por Ruthven e colaboradores (2009).

Como já citado neste texto, a utilização de ferramentas de *design* é uma das estratégias possíveis ao desenvolvimento de uma PBD. De acordo com Ruthven e colaboradores (2009) existem muitas ferramentas de *design* possíveis ao processo de desenvolvimento de intervenções no ensino de ciências. No entanto, nem todas essas ferramentas trazem consigo pressuposições teóricas imediatas, e aquelas que trazem são fundamentadas em quadros teóricos que buscam fazer uma mediação entre as contribuições das grandes teorias educacionais e a prática educativa. Por possuir esta característica de mediação, estes quadros teóricos foram chamados por Ruthven e colaboradores (2009) de quadros intermediários. Assim, são os quadros intermediários que fundamentam as ferramentas de *design* que possuem orientações teóricas explícitas (RUTHVEN et al., 2009).

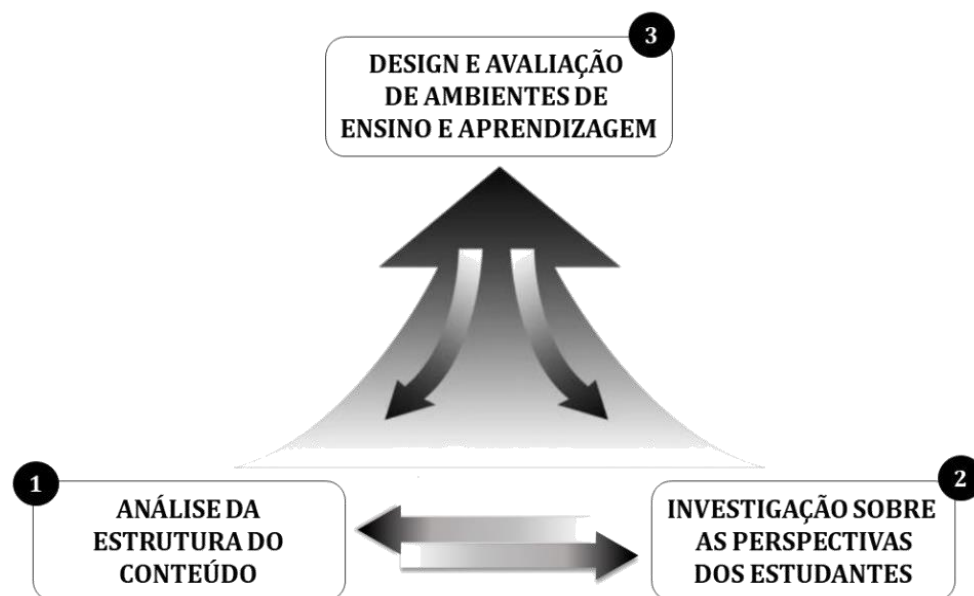
Em linhas gerais, essas ferramentas de *design* servem para instrumentalizar o processo de *design*, especificando os componentes necessários para a construção e

desenvolvimento de uma intervenção. Em outras palavras, as ferramentas de *design* correspondem a aparatos didáticos explícitos para o *design* de intervenções educacionais. Ainda sobre estas ferramentas é importante destacar que as orientações advindas delas servem para instrumentalizar tanto o processo de pesquisa em si (o percurso metodológico da pesquisa), como a construção e o desenvolvimento da própria intervenção (a metodologia de ensino sugerida pela intervenção). A partir destas considerações, partiremos agora para a apresentação do MRE como uma ferramenta de *design*, nos moldes do que foi discutido anteriormente.

### 1.2.1. Componentes do Modelo de Reconstrução Educacional

O MRE integra três conhecidas linhas da pesquisa no ensino de ciências: análise do conteúdo científico; estudo empírico sobre as perspectivas dos estudantes; e *design* e avaliação de intervenções (KOMOREK; KATTMANN, 2008). Cada linha de pesquisa citada anteriormente estrutura um componente do MRE, de forma que ele é constituído por três componentes que estão intimamente relacionados entre si: (1) análise da estrutura do conteúdo; (2) investigações sobre as perspectivas dos estudantes; (3) *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem. Como pode ser observado na figura 1, não há nada de novo nos componentes do MRE, pois que as questões tratadas em cada componente são bastante conhecidas da pesquisa na área de ensino de Ciências.

Figura 1 – Os três componentes do Modelo de Reconstrução Educacional



Fonte: figura traduzida de DUIT e colaboradores (2012)

Na verdade, o que o MRE trouxe de inovador foi o modo como estes componentes estão conectados entre si, de maneira que as interações estabelecidas entre eles estão presentes ao longo de todo o processo de *design* descrito no MRE (KATTMANN et.al., 1996). A seguir, descreveremos cada componente do MRE, mostrando seus objetivos e principais metodologias. Além disto, discutiremos as relações que estes componentes estabelecem entre si ao longo do processo de *design* descrito no MRE.

#### 1.2.1.1. Componente 1: Análise da estrutura do conteúdo

O primeiro componente do MRE é chamado de análise da estrutura do conteúdo. Esta análise tem por objetivo esclarecer a estrutura do conteúdo científico a partir de um ponto de vista educacional (DUIT *et al.*, 2012; KATTMANN, 2007). Isto é feito com base em uma análise sistemática e crítica do conteúdo científico, envolvendo reflexões sobre sua validade e sobre sua importância para o ensino e na sociedade (DUIT *et al.*, 2012; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009). Em outras palavras, busca-se tornar as ideias científicas claras e ensináveis, identificando, com isso, orientações educacionais sobre os conteúdos da ciência, que possam contribuir para o planejamento de experiências de ensino e aprendizagem.

Como pode ser observado nas linhas anteriores, o termo “conteúdo” é bastante utilizado no âmbito do primeiro componente do MRE. Por essa razão, é importante esclarecer a conotação que ele assume no contexto deste modelo. Para Viiri e Savinainen (2008) e Duit e colaboradores (2012), o termo “conteúdo” é utilizado no MRE com um amplo espectro de significados, incluindo conceitos, princípios, teorias, processos, técnicas e procedimentos científicos, bem como aspectos da natureza da ciência e de sua importância na sociedade. Em razão disso, a análise da estrutura do conteúdo não é influenciada exclusivamente pelos significados estritos da ciência, são incluídos aspectos históricos, filosóficos, epistemológicos, educacionais, éticos e sociais referentes à construção do conhecimento científico (KOMOREK; KATTMANN, 2008; KATTMANN, *et al.*, 1996).

Da forma como proposta no MRE, a análise da estrutura do conteúdo inclui dois processos que estão intimamente relacionados: a clarificação<sup>8</sup> do conteúdo e a Análise da

---

<sup>8</sup> Como a tradução deste termo não é muito utilizada no nosso vocabulário, é interessante sabermos que ele é o substantivo do verbo inglês *clarify* que significa em português esclarecer, elucidar, clarificar, ou seja,

Importância Educacional (DUIT *et al.*, 2012). A clarificação do conteúdo envolve a análise qualitativa do conteúdo da ciência presente nos principais meios de divulgação do conhecimento científico (DUIT *et al.*, 2012). De acordo com estes autores, no contexto formal de ensino, esta divulgação se dá principalmente por meio dos livros didáticos. Sobre isto, Niebert e Gropengiesser (2013) destacam que a análise crítica destes livros se faz necessária, porque neles a ciência é apresentada de forma abstrata e condensada, de maneira que estes materiais parecem estar endereçados a cientistas e não a estudantes.

Complementando esta ideia, Kattmann e colaboradores (1996) afirmam que para fins educacionais, este processo de abstração e redução da ciência tem de ser, em certa medida, revertido. Isto porque, se a aprendizagem tem lugar sempre em contextos situacionais específicos, os conceitos e princípios científicos não podem ser apresentados da mesma forma como são encontrados na ciência. Ao contrário disso, eles têm de ser adaptados aos contextos de ensino e aprendizagem existentes (KATTMANN *et al.*, 1996).

Ainda sobre a ciência apresentada nos livros didáticos, Duit e colaboradores (2012) pontuam que nestes livros normalmente não são abordadas as perguntas que inspiraram a investigação científica, nem seus métodos, nem as ideias emergentes na época do seu desenvolvimento e, nem tampouco, as circunstâncias do processo de pesquisa que resultaram em um determinado conhecimento científico. Além disso, os livros didáticos são repletos de termos científicos, que, ao invés de auxiliarem na aprendizagem, podem confundir os estudantes, principalmente quando estes termos apresentam significados diferentes na ciência e na vida cotidiana (DUIT *et al.*, 2012; KATTMANN, 2007; KATTMANN *et al.*, 1996; NIEBERT; GROPENGIESSER, 2013; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009). Assim é o caso do termo “biodiversidade”, que na vida cotidiana, principalmente por influência do discurso das grandes mídias, está fortemente associado à quantidade de espécies e a questões ambientais, mas na ciência assume outros significados além destes.

Continuando a discussão sobre o vocabulário científico no ensino de Biologia, Krasilchik (2008) comentou que a incompreensão deste vocabulário, bem como o excesso de termos científicos utilizados nos livros didáticos, e normalmente pelos professores em sala de aula, geram nos estudantes obstáculos à aprendizagem de Biologia, que passa a ser vista como um conjunto de nomes de plantas, animais, órgãos, tecidos e substâncias orgânicas que devem ser memorizados. Isso pode ser visto com mais profundidade na

---

tornar claro. Deste modo, o verbo clarificar e o seu substantivo clarificação, como utilizados neste texto, devem ser incluídos neste mesmo contexto semântico.

pesquisa de Carvalho, Nunes-Neto e El-Hani (2011), que mostra, dentre outras coisas, com a análise de livros didáticos, o excesso de conteúdos presentes no ensino médio de Biologia e a forma arbitrária por meio da qual estes conteúdos têm sido selecionados. De acordo com estes autores, para a seleção de conteúdos biológicos são necessários critérios não arbitrários que levem a identificação de conceitos estruturantes da Biologia. Estes que, por sua vez, viabilizam uma abordagem integral e não fragmentada do conhecimento biológico (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011).

A partir da discussão anterior, foi possível perceber que o ensino e a aprendizagem da ciência envolvem questões que não são restritivas ao conteúdo científico em si, mas de caráter educacional. A clarificação do conteúdo busca, portanto, elucidar estas questões, que podem não ser importantes sob o ponto de vista da ciência, mas que assumem importância fundamental sob o olhar do seu processo de ensino e aprendizagem. Em outras palavras, a clarificação do conteúdo permite resgatar no conteúdo científico aquilo que sua abstração e redução deixaram para trás, tentando com isso definir as ideias elementares, ou estruturantes, de um determinado conteúdo científico e o enriquecer de aspectos históricos, filosóficos, epistemológicos e sociais, estes que foram desconsiderados pela ciência posta nos livros didáticos. Esse enriquecimento é orientado pela *Análise da Importância Educacional* (KATTMANN *et al.*, 1996; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009), que possibilita respostas aos questionamentos apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Questões orientadoras da Análise da Importância Educacional direcionadas ao primeiro componente do Modelo de Reconstrução Educacional

<b>ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA EDUCACIONAL (AIE): COMPONENTE 1 – ANÁLISE DA ESTRUTURA DO CONTEÚDO</b>	
<b>QUESTÕES ORIENTADORAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Quais são as principais teorias e conceitos científicos sobre um assunto específico, e onde estão as suas limitações?</li> <li>– Qual é a gênese, função e significado desses conceitos científicos e em que contexto são apresentados?</li> <li>– Que termos científicos estão sendo utilizados e qual deles restringe ou promove a aprendizagem apenas por causa de seu significado literal?</li> <li>– Que posições científicas e epistemológicas estão implícitas?</li> <li>– Que implicações éticas e sociais estão associadas aos conceitos científicos?</li> <li>– Quais os principais campos de atuação destes conceitos?</li> <li>– Que correspondências ou que contradições são possíveis entre as ideias científicas e as ideias dos estudantes e de que maneira essas correspondências ou contradições podem ser frutíferas para o ensino e aprendizagem?</li> </ul>
<b>PRINCIPAIS INFLUÊNCIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Questões que derivam da história da filosofia da ciência</li> <li>– Aspectos epistemológicos e da natureza da ciência</li> <li>– Aspectos éticos e sociais</li> <li>– Aspectos educacionais (perspectivas dos estudantes)</li> </ul>

RESUMO	Que tópicos do conteúdo científico devem ser ensinados?
--------	---

Fonte: elaborado pela autora

Na busca de responder a tais questionamentos, o conhecimento científico apresentado nos livros didáticos e nas principais publicações científicas de um determinado assunto é analisado criticamente sob o ponto de vista educacional, e então, passa a ser reconstruído para o ensino. Como esse processo de reconstrução permeia todos os componentes do MRE, a Análise da Importância Educacional não está relacionada apenas às reflexões do primeiro componente – análise da estrutura do conteúdo –, mas também aos demais – investigações sobre as perspectivas dos estudantes e *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem.

Assim, neste primeiro momento da Análise da Importância Educacional são feitas reflexões que abrangem os seguintes pontos: (1) as ideias elementares de um conteúdo científico específico e sua viabilidade para o ensino, (2) as questões que derivam da história e/ou da filosofia da ciência que são pertinentes para auxiliar no ensino e aprendizagem deste conteúdo, (3) os termos científicos envolvidos na apresentação deste conteúdo, e ainda, (4) as potencialidades pedagógicas das contradições e/ou ambiguidades relativas a este conteúdo na ciência (DUIT *et al.*, 2012; KATTMANN, 2007; KATTMANN *et al.*, 1996; NIEBERT; GROPENGIESSER, 2013; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009). É importante destacar que as potencialidades pedagógicas são traduzidas em necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes, bem como em estratégias metodológicas de ensino, que podem apontar caminhos para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem.

Em suma, o primeiro componente do MRE se compromete em analisar as concepções científicas sobre um determinado conteúdo, a partir de fontes históricas – como os livros didáticos, e fontes atuais – como os artigos científicos (GRUSCHE, 2017). No entanto, é válido lembrar que esta análise é feita tomando como referência o processo de ensino e aprendizagem da ciência, ou seja, tem um viés educacional. Por fim, se retomarmos o pressuposto fundamental do MRE – o MRE admite que o conhecimento íntimo das percepções dos estudantes sobre um dado conteúdo científico pode influenciar consideravelmente na reconstrução adequada deste conteúdo para o ensino, entenderemos que a análise da estrutura do conteúdo é influenciada também pelas perspectivas dos estudantes. A investigação sobre estas perspectivas é feita no segundo componente do MRE que será apresentado a seguir.

### 1.2.1.2. Componente 2: Investigação sobre as perspectivas dos estudantes

A primeira consideração a ser feita sobre o componente 2 do MRE refere-se a sua nomenclatura, tendo em vista que na literatura foram encontradas duas formas distintas de denominar este componente. Cada denominação está associada a uma maneira específica de o perceber, estando de um lado uma maneira mais ampla e de outro uma mais restrita, sendo que esta última, parece ser a mais utilizada entre os autores do MRE. Apesar disto, as duas maneiras de perceber o segundo componente deste modelo serão comentadas a seguir.

Em primeiro lugar, destacamos um trabalho publicado em 2012, no qual Duit e outros pesquisadores buscam reunir, em um único material, as principais considerações teóricas e metodológicas sobre o MRE. É neste trabalho que o segundo componente do MRE é visto de uma forma ampla, sendo chamado de “pesquisa sobre o ensino e aprendizagem”. Como o próprio nome sugere, nesta perspectiva o segundo componente do MRE suscita questões que vão além do estudo empírico das perspectivas dos estudantes, agregando “outros estudos sobre os processos de ensino e aprendizagem e o papel específico dos métodos, experimentos e outras ferramentas de ensino.” (DUIT *et al.*, 2012, p. 10, tradução nossa). Nesta visão ampla do segundo componente do MRE cabe também analisar as perspectivas dos professores sobre os conceitos científicos e pesquisar sobre o processo de aprendizagem dos estudantes (DUIT *et al.*, 2012).

Como o trabalho mencionado anteriormente é citado em todos os estudos recentes que se dispuseram a trabalhar com o MRE, acreditamos que ele é de grande relevância para a literatura referente a este modelo. No entanto, alguns estudos, mesmo citando o trabalho de Duit e colaboradores (2012), continuam a focar na forma restrita do componente 2 do MRE que é chamada de “investigações sobre as perspectivas dos estudantes” (NIEBERT; GROPENGIESSER, 2013; REINFRIED *et al.*, 2015; SAM *et al.*, 2015). Alguns trabalhos mais antigos também dão esta ênfase restrita ao segundo componente do MRE (KATTMANN, 2007; KATTMANN *et al.*, 1996; KOMOREK; KATTMANN, 2008; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009).

Não sabemos ao certo o que tem influenciado na decisão de tratar este componente 2 do MRE de forma ampla ou restrita, entretanto, no nosso caso, utilizamos a perspectiva restrita deste componente por duas razões principais. De um lado, porque entendemos que, dentro do quadro de referência da reconstrução educacional, as perspectivas dos



estudantes assumem papel significativo e, portanto, merecem bastante cuidado e atenção, principalmente quando se trabalha com este quadro pela primeira vez, como foi o nosso caso. E, de outro, porque acreditamos que não seria possível, no contexto desta pesquisa de doutorado, dar conta das demais abordagens que podem ser associadas a este segundo componente, muito embora concordamos que todas elas são importantes para orientar a análise da estrutura do conteúdo e o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem.

É importante destacar que ambas as ênfases dadas a este segundo componente do MRE partem do pressuposto de que o seu objetivo é, sobretudo, conhecer as perspectivas dos estudantes sobre o conteúdo científico estudado no primeiro componente (DUIT *et al.*, 2012; NIEBERT; GROPENGIESSER, 2013; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009; STAVROU, 2015). O termo “perspectiva”, neste contexto, indica que o segundo componente do MRE não se restringe à análise das concepções iniciais dos estudantes, mas considera que os aspectos afetivos e motivacionais destes, frente a um conteúdo da ciência, fazem parte do processo de ensino e aprendizagem (KOMOREK; KATTMANN, 2008).

Os aspectos afetivos, tais como necessidades, desafios, interesses e atitudes dos estudantes frente a um conteúdo científico, desempenham um papel no processo de ensino e aprendizagem que não pode ser subestimado (REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009). Ao contrário, esses aspectos devem ser levados a sério no planejamento do ensino, pois que, se um professor não conhece as ideias de seus estudantes sobre um determinado assunto, nem seus interesses e necessidades frente a ele, corre o risco de que os processos de aprendizagem pretendidos sejam muito aquém das expectativas, mesmo quando objetivos significativos são formulados (REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009).

Ainda sobre a presença das variáveis afetivas no MRE, Viiri e Savinainen (2008) afirmam que, embora este modelo considere estas variáveis no planejamento do ensino, não é fácil ver como elas podem ser incorporadas em uma situação de ensino e aprendizagem concreta. No entanto, mesmo que não seja possível identificar aspectos afetivos em uma atividade pontual dentro de uma intervenção, ao nosso ver, o entendimento destas variáveis orienta o processo de *design*, esclarecendo sobre as necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes; e sobre o potencial pedagógico do conhecimento que possuem. Portanto, defendemos que os aspectos afetivos podem estar materializados nas escolhas feitas ao longo do processo de *design*, como por exemplo, nas escolhas dos conteúdos que devem ser ensinados; e das

abordagens e metodologias por meio das quais estes conteúdos devem ser implementados em sala de aula.

Sendo assim, a compreensão das perspectivas dos estudantes contribui para o planejamento do ensino no âmbito do MRE não apenas por indicar pontos de partida para o processo de ensino e aprendizagem, mas também por servir como ferramenta para auxiliar neste processo (KATTMANN, 2007; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009). Consequentemente, neste segundo componente do MRE não se busca quantificar as concepções encontradas em um dado grupo de estudantes, e nem tampouco saber a recorrência desta ou daquela concepção neste grupo, mas entender a qualidade destas concepções, para que, a partir disto, seja possível identificar as necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes e o potencial pedagógico do conhecimento que possuem (KATTMANN *et al.*, 1996). Segundo estes autores, isto é feito por meio do diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes. A partir deste diálogo, que objetiva encontrar distanciamentos e aproximações entre aquelas concepções, emergem potencialidades pedagógicas que servem como direcionamento para o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem.

É importante destacar ainda que a análise das perspectivas dos estudantes, proposta neste componente, é auxiliada pela Análise da Importância Educacional. Esta última é feita tomando como referência os questionamentos apresentados no quadro 2, que também auxiliam no estabelecimento do diálogo citado anteriormente. Nesse sentido, é preciso estar atento ao fato do MRE não propor que o pensamento cotidiano seja substituído pelo científico, mas recomendar um diálogo entre estes pensamentos, para que eles se tornem compreensíveis e claros para os estudantes (DUI *et al.*, 2012; DUIT; TREAGUST, 2003; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009).

Quadro 2 – Questões orientadoras da análise da importância educacional direcionadas ao segundo componente do Modelo de Reconstrução Educacional

<b>ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA EDUCACIONAL (AIE): COMPONENTE 2 – INVESTIGAÇÕES SOBRE AS PERSPECTIVAS DOS ESTUDANTES</b>	
<b>QUESTÕES ORIENTADORAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Como os conceitos científicos são representados nas perspectivas dos alunos?</li> <li>– Que concepções, quadros conceituais, padrões explicativos ou conceitos são utilizados pelos alunos?</li> <li>– Que perspectivas os alunos têm sobre a própria ciência?</li> <li>– Que concepções ou padrões explicativos dos alunos se aproximam/se afastam das teorias e conceitos científicos?</li> <li>– Que ideias da ciência surgem das declarações dos estudantes?</li> </ul>
<b>PRINCIPAIS INFLUÊNCIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O conteúdo científico em processo de clarificação</li> <li>– Aspectos educacionais - Os objetivos de ensino</li> <li>– O conhecimento cotidiano sobre um determinado conhecimento científico</li> </ul>

Fonte: elaborado pela autora

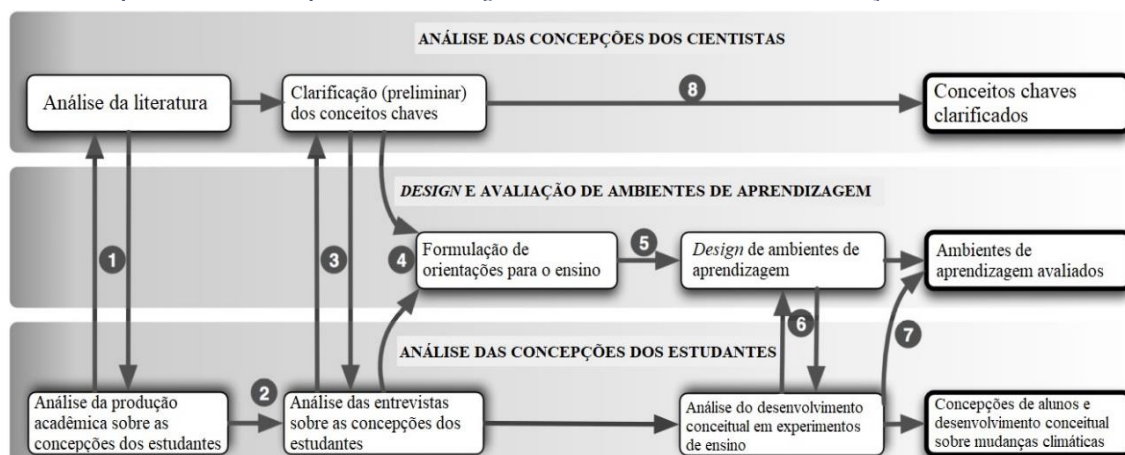
Em suma, o objetivo do segundo componente do MRE é identificar e compreender as condições prévias de aprendizagem dos estudantes sobre um conteúdo científico específico. Para isso, é dada grande atenção aos aspectos cognitivos e afetivos do aprendizado dos estudantes, pois eles devem apoiar o processo de reconstrução educacional (KOMOREK; KATTAMANN, 2008). Estes autores comentaram ainda que a investigação sobre as perspectivas dos estudantes é um esforço aberto para diferentes procedimentos de pesquisa, como entrevistas semiestruturadas, questionários, meta-análises da produção acadêmica sobre tais concepções ou implementação de experiências de ensino e aprendizagem. Assim, a metodologia do segundo componente pode assumir, basicamente, a forma de investigação empírica e/ou de pesquisa bibliográfica (VIIRI; SAVINAINEM, 2008).

Para concluir este item, gostaríamos de apresentar ainda um destaque feito por Kattmann e colaboradores (1996) sobre o segundo componente do MRE. Estes autores explicaram que este componente inclui tanto as investigações sobre as perspectivas dos estudantes acerca do conteúdo clarificado no primeiro componente do MRE, como a avaliação empírica da intervenção construída no terceiro componente deste modelo. Esta última atribuição do segundo componente do MRE nos chamou atenção, pois frequentemente os processos avaliativos da intervenção estão associados ao terceiro componente deste modelo, principalmente depois que Duit e colaboradores (2012) o nomearam de *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem.

No entanto, os percursos metodológicos dos estudos de Niebert e Gropengiesser (2013) e de Stavrou (2015) nos ajudaram a entender como esta avaliação empírica da intervenção de fato é operacionalizada no segundo componente. Na verdade, a avaliação é feita a partir das concepções dos estudantes analisadas ao longo da implementação da intervenção, como pode ser visto na etapa 6 do percurso metodológico ilustrado na figura 2.

Assim, este segundo componente investiga tanto as concepções iniciais dos estudantes, como o desenvolvimento destas concepções ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Em razão disto, tais concepções guiam o planejamento, o desenvolvimento e a avaliação das intervenções elaboradas no âmbito do MRE, aspectos que cabem ao terceiro componente deste modelo.

Figura 2 – Percurso metodológico de uma pesquisa, no qual é possível observar que as concepções dos estudantes permeiam todo o processo de *design* descrito no Modelo de Reconstrução Educacional



Fonte: figura traduzida do trabalho de Niebert e Gropengiesser (2013)

A seguir, será apresentado o terceiro componente do MRE.

### 1.2.1.3. Componente 3: Design e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem

Este componente se dedica ao *design* e à avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem que podem assumir a forma de módulos de instrução, materiais didáticos, atividades de aprendizagem, sequências didáticas, dentre outras possibilidades de intervenções (DUIT *et al.*, 2012; KOMOREK; KATTMANN, 2008). Assim, de modo geral, o terceiro componente do MRE é dedicado ao planejamento, desenvolvimento e avaliação de intervenções ou de ambientes de ensino e aprendizagem, utilizando a nomenclatura proposta no MRE.

É importante destacar que o *design* e a avaliação de intervenções que ocorrem neste terceiro componente são processos influenciados pelo conhecimento construído por meio dos primeiro e segundo componentes do MRE e também os influenciam. Com isso, o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem no âmbito do MRE envolve tanto a análise da estrutura do conteúdo científico, como a investigação das perspectivas dos estudantes (DUIT *et al.*, 2012, KOMOREK; KATTMANN, 2008). De acordo com estes autores, valorizar de igual modo os aspectos científicos e educacionais do conteúdo da ciência no processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem é um dos diferenciais do MRE. Neste terceiro componente isso é alcançado, em parte, por meio da Análise da Importância Educacional pertinente a ele (quadro 3).

Quadro 3 – Questões orientadoras da análise da importância educacional direcionadas ao terceiro componente do Modelo de Reconstrução Educacional

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA EDUCACIONAL (AIE): COMPONENTE 3 – DESIGN E AVALIAÇÃO DE AMBIENTES DE ENSINO E APRENDIZAGEM	
QUESTÕES ORIENTADORAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Quais são os elementos mais importantes das ideias cotidianas dos estudantes que precisam ser levados em conta na sala de aula?</li> <li>– Que possibilidades curriculares e/ou pedagógicas se abrem quando as ideias dos estudantes são observadas?</li> <li>– Qual das ideias cotidianas dos alunos correspondem a conceitos científicos de tal forma que possam ser utilizados para uma aprendizagem mais adequada e frutífera?</li> <li>– Que medidas são apropriadas para abordar o conhecimento no processo de aprendizagem?</li> <li>– Quais são as condições (por exemplo, interesses, motivações, clima em sala de aula, estruturas de poder nas salas de aula) que devem ser organizadas para apoiar o aprendizado do conteúdo científico desejado (para suportar o desenvolvimento conceitual dos estudantes)?</li> </ul>
PRINCIPAIS INFLUÊNCIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O conteúdo científico em processo de clarificação</li> <li>– Aspectos educacionais - Os objetivos de ensino</li> <li>– As perspectivas dos estudantes</li> </ul>
RESUMO	Quais os melhores métodos e recursos a serem utilizados para ensinar o conteúdo?

Fonte: elaborado pela autora

Em suma, as intervenções desenvolvidas neste terceiro componente do MRE objetivam, principalmente, promover experiências de ensino e aprendizagem, nas quais os estudantes sejam levados, dentre outras coisas, a ampliar o seu repertório de compreensão sobre um dado conteúdo da ciência (REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009). Para alcançar este objetivo primordial, os ambientes de ensino e aprendizagem no âmbito do MRE são planejados com base em princípios de *design*, formulados a partir das análises feitas no primeiro e no segundo componentes, além daquelas possíveis a partir das interações entre eles. É válido destacar que neste momento do processo de *design* descrito no MRE, estes princípios de *design* podem funcionar como hipóteses que trazem possíveis soluções para os problemas que devem ser enfrentados na intervenção que está sendo construída (KERSTING et. al., 2018), mas que precisam ser validados à medida que tal intervenção vai passando por processos avaliativos. Estes processos de validação permitem perceber se os princípios de *design* levam, ou não, à solução dos problemas educacionais que a intervenção objetivou resolver.

Refletindo um pouco mais sobre a avaliação da intervenção, que também é papel deste terceiro componente do MRE, é importante destacar que esta avaliação é realizada no sentido de julgar se os objetivos esperados foram aqueles alcançados com o desenvolvimento da intervenção. Vários métodos empíricos são utilizados para auxiliar este julgamento, como as entrevistas com os estudantes e os professores, os questionários

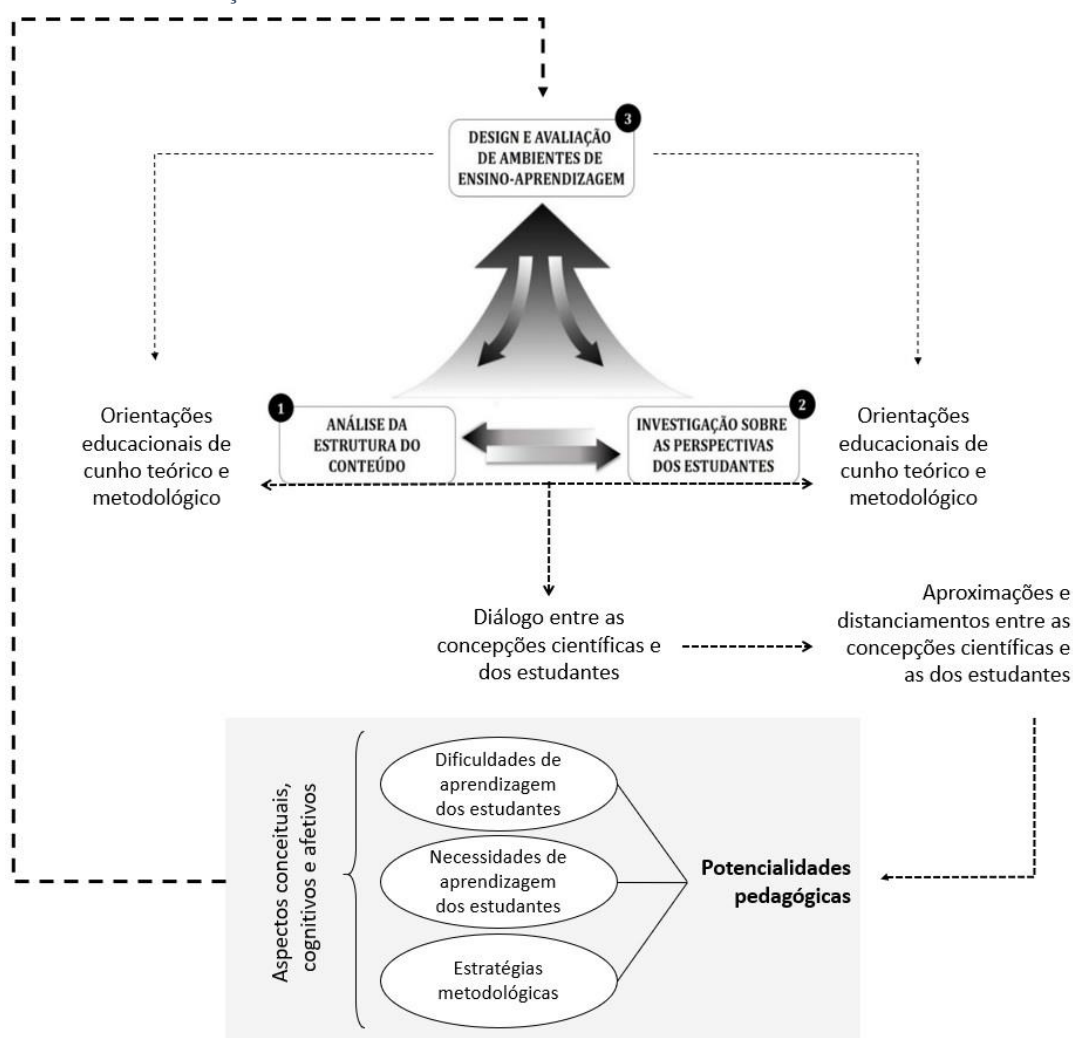
sobre o desenvolvimento das variáveis cognitivas e afetivas dos estudantes, e, ainda, a análise da prática de ensino documentada em vídeo (DUIT *et al.*, 2012). Além destes, outros métodos podem ser utilizados para avaliar as intervenções, desde que se mostrem suficientemente adequados para este fim. Nesse sentido é importante lembrar que, independente dos métodos, a avaliação da intervenção deve envolver não apenas aspectos conceituais da aprendizagem dos estudantes, mas também procedimentais, atitudinais e afetivos. Uma vez concluída a apresentação dos três componentes do MRE, passaremos agora para as discussões finais desta seção, que estarão voltadas para as reflexões sobre a dinâmica do processo de *design* descrita no MRE, que será apresentada a seguir.

#### *1.2.2.4. Interações entre os componentes do MRE: a dinâmica do processo de design descrita neste modelo*

Os três componentes do MRE estão fortemente conectados entre si. Se observarmos a figura 3, veremos que há uma interação fundamental entre estes componentes, de maneira que eles não podem ser desenvolvidos independentemente uns dos outros (DUIT *et al.*, 2012; KATTMANN, 2007). Ao contrário disto, o resultado de cada componente exerce influência substancial no desenvolvimento dos demais; os três componentes do MRE, portanto, se influenciam mutuamente, e, por isso, devem ser desenvolvidos num procedimento recursivo (DUIT *et al.*, 2012; KATTMANN, 2007), para que, assim, as relações estabelecidas entre eles sejam garantidas.

Por exemplo, se considerarmos o primeiro componente do MRE, perceberemos que a clarificação do conteúdo é enriquecida com aspectos provenientes da análise das perspectivas dos estudantes (componente 2 do MRE) e do *design* e avaliação da intervenção (componente 3 do MRE). Assim, com base nos resultados dos segundo e terceiro componentes, novos aspectos da clarificação do conteúdo podem ser apontados, como: novas ênfases para o conteúdo científico, novos significados atribuídos a ele, compreensões mais aprofundadas sobre as questões que este conteúdo aborda, aprimoramento das orientações educacionais oriundas do processo de *design*, identificação das principais dificuldades de aprendizagem deste conteúdo, dentre outros aspectos. Portanto, podemos perceber que os segundo e terceiro componentes influenciam no desenvolvimento do primeiro componente do MRE.

Figura 3 – Esquema ilustrativo sobre o significado das potencialidades pedagógicas no contexto do modelo de reconstrução educacional



Fonte: elaborado pela autora

O primeiro componente do MRE, por sua vez, também exerce influência no desenvolvimento dos segundo e terceiro componentes deste modelo. Para o segundo componente, a clarificação do conteúdo auxilia no sentido de identificar necessidades, dificuldades, interesses e motivações dos estudantes frente a um dado conteúdo. A interação entre estes componentes (1 e 2) permite que seja delineado um diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes e desse diálogo emergem potencialidades pedagógicas, que auxiliam no planejamento e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem (componente 3). Para o terceiro componente, a clarificação do conteúdo auxilia no sentido de identificar caminhos teóricos, como conteúdos e abordagens a serem utilizadas na intervenção; e metodológicos, como estratégias de ensino, para o *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem. Esta avaliação (componente 3),

permite analisar se os caminhos teóricos e metodológicos identificados anteriormente, são realmente adequados para os objetivos pretendidos com a intervenção, e, além disso, permite reestruturar, se necessário, as orientações educacionais oriundas dos primeiro e segundo componentes (figura 3).

Como os autores do MRE não deixam claro do que se trata exatamente estas potencialidades pedagógicas citadas no parágrafo anterior, gostaríamos de explicitar, neste momento do texto, o nosso entendimento sobre elas, adquirido ao longo deste processo de pesquisa. Como pode ser observado na figura 3, as potencialidades pedagógicas emergem, de modo geral, das relações existentes entre o primeiro e o segundo componentes do MRE, de modo que incluem tanto aspectos do conteúdo científico, como aspectos provenientes das perspectivas dos estudantes. Estas potencialidades pedagógicas são identificadas a partir do diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes, que é guiado pelas orientações educacionais resultantes do primeiro e do segundo componentes do MRE. Com este diálogo, é possível identificar aproximações e distanciamentos entre aquelas concepções. A partir disso, emergem potencialidades pedagógicas que podem apontar caminhos para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem.

Graças a esta capacidade de apontar caminhos teóricos e metodológicos para o ensino e aprendizagem da ciência, que as necessidades, as dificuldades e as estratégias metodológicas são chamadas de potencialidades pedagógicas. Com elas, a clarificação do conteúdo e a análise das perspectivas dos estudantes se tornam efetivamente uma ferramenta para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem. Os processos avaliativos destes ambientes, por sua vez, permitem que as orientações educacionais sejam revisadas, e, conseqüentemente, as potencialidades pedagógicas também, iniciando-se assim um novo ciclo de interações entre os componentes do MRE.

É essa interdependência mútua entre os componentes do MRE que define o caráter recursivo do processo de *design* descrito neste modelo. Vale destacar que este procedimento recursivo do MRE, garante a ele uma característica iterativa, como aquela própria da PBD. A figura 2 (p.44) mostra como esse procedimento recursivo foi desenvolvido em uma pesquisa sobre a reconstrução educacional do conceito de mudança climática (NIEBERT; GROENGIESSER, 2013). Se retomarmos a figura 2, é possível observar que os três componentes do MRE não seguem a rigor uns aos outros, na verdade vão sendo desenvolvidos ao mesmo tempo. Isso possibilita que os resultados dos componentes se influenciem mutuamente no processo de reconstrução educacional. Este



procedimento recursivo, sugerido no MRE, não impede que a pesquisa seja desenvolvida em uma sequência de etapas, no entanto elas não correspondem, necessariamente, à sequência dos componentes do MRE. Isto pode ser visto na figura 2 (p.44) ao observamos que a última etapa do percurso metodológico exemplificado (etapa 8) corresponde ao primeiro componente do MRE, e não ao terceiro componente deste modelo, como deveria ser caso o processo fosse linear e não recursivo.

Apesar disso, é importante destacar que o percurso metodológico mostrado na figura 2 (p.44) não deve ser entendido como um padrão de metodologia do MRE, mas como uma possibilidade eficaz de desenvolvimento deste modelo naquela circunstância de pesquisa. Acreditamos que ao passo que os objetivos de pesquisa mudem, outros percursos se façam mais adequados. No entanto, independentemente do percurso escolhido, a interação fundamental entres os componentes do MRE deve ser sempre promovida, a fim de que as ideias defendidas neste modelo não sejam distanciadas das práticas efetivamente executadas no seu desenvolvimento.

Por fim, o procedimento recursivo do MRE assegura ainda que este modelo não se transforme no desdobramento de três pesquisas distintas e independentes que não conversam entre si. Assim, não se pode perder de vista, no desenvolvimento do MRE, que os resultados relativos às três ênfases do modelo, materializadas em seus três componentes – a estrutura do conteúdo científico, as perspectivas dos estudantes e o *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem – devem ter o objetivo de contribuir para a construção da estrutura de conteúdos científicos para o ensino e para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem (VIIRI; SAVINAINEN, 2008). Incluindo, neste último caso, a formulação e a validação dos princípios de *design*. A seguir será apresentada uma proposição do quadro teórico do MRE.

### **1.3. O quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional**

Este item é dedicado ao esclarecimento da abordagem teórica que fundamenta o MRE. Essa discussão envolve o entendimento dos aspectos epistemológicos, cognitivos, pedagógicos e metodológicos que fundamentam o processo de *design* descrito no MRE. Todos estes aspectos compõem o que chamamos neste trabalho de quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional. Este quadro intermediário do MRE é uma proposição nossa, que foi fundamentada em algumas sinalizações teóricas apresentadas por Duit (2006a), Duit e colaboradores (2012) e por Kattmann (2007).

A necessidade de propor um quadro intermediário para o MRE se deu porque percebemos, ao longo de nossas leituras, que embora este modelo seja considerado também como um quadro intermediário (KATTMANN, 2007), este quadro não é apresentado de forma explícita e sistemática na literatura (DUIT, 2006a; DUIT *et al.*, 2012; KATTMANN, 2007; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009). Na verdade, o máximo que encontramos foram publicações que indicaram algumas influências teóricas do MRE (DUIT, 2006a; DUIT *et al.*, 2012; KATTMANN, 2007), mas sem apresentar uma discussão aprofundada sobre elas. Com isso identificamos esta lacuna na compreensão do MRE e tentamos superá-la a partir da proposição do quadro teórico construtivista da reconstrução educacional. Assim, para esclarecer o nosso entendimento a respeito desta ideia de quadro intermediário, iniciaremos este item retomando as discussões feitas por Ruthven e colaboradores (2009) sobre o papel destes quadros no processo de *design* de intervenções educacionais. Em seguida, apresentaremos o modelo de reconstrução educacional como um quadro intermediário.

De acordo com Ruthven e colaboradores (2009), é comum encontrar teorias de referência orientando diversos aspectos do processo de *design*. Essas teorias são chamadas de grandes teorias, referindo-se a teorias gerais do conhecimento, do desenvolvimento e da aprendizagem humana, da epistemologia da disciplina ou do processo de instrução (RUTHVEN *et al.*, 2009). Esta multiplicidade de teorias necessárias para fundamentar o processo de *design* levou os pesquisadores a criarem seus próprios quadros teóricos mais específicos, que estão entre as grandes teorias e o processo de *design*, mediando as contribuições daquelas para este. Graças a sua capacidade de mediação, estes quadros recebem o nome de quadro intermediário (do inglês, *intermediate framework*) (RUTHVEN *et al.*, 2009).

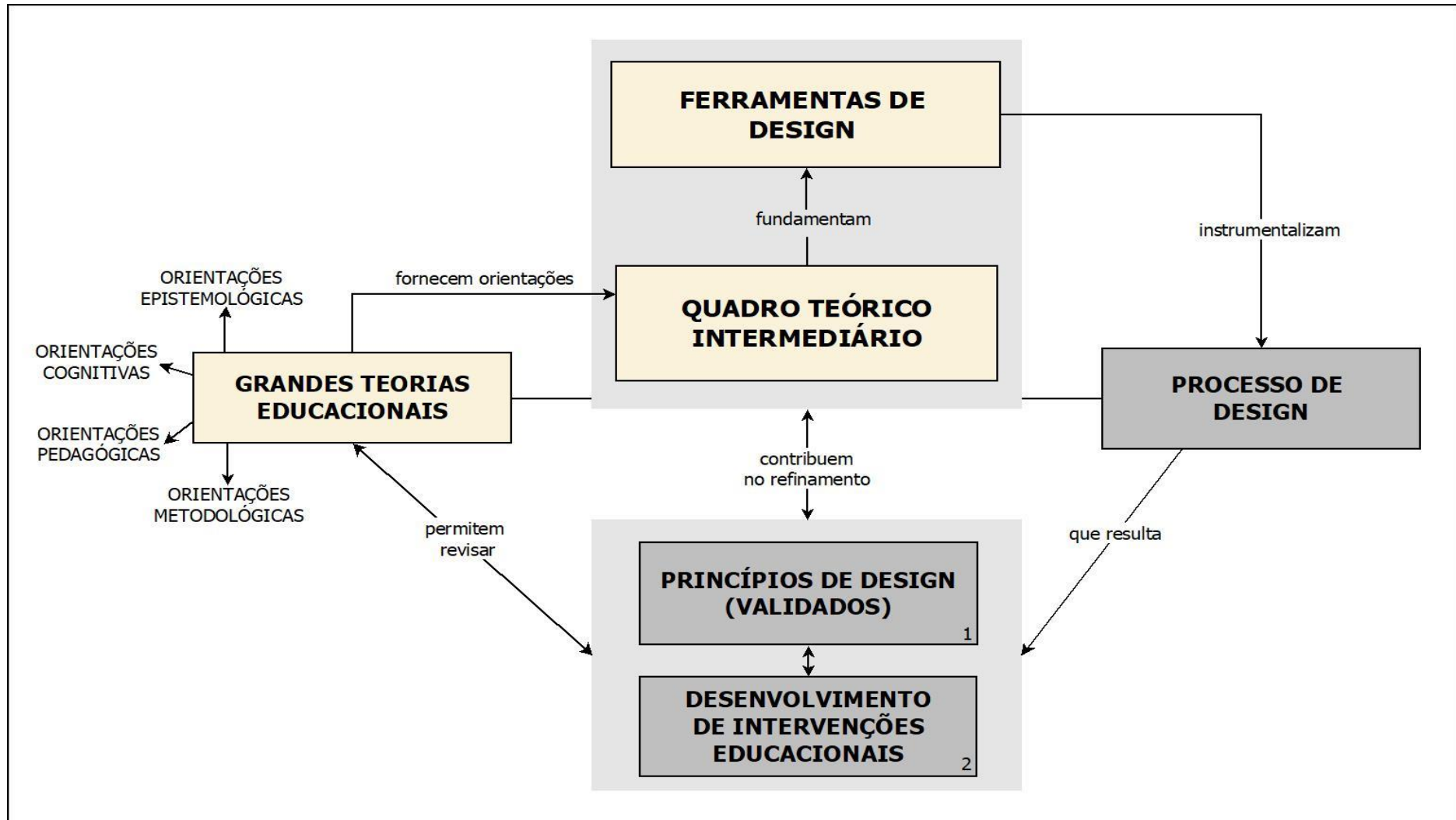
Isto posto, o papel do quadro intermediário no processo de *design* é extrair, coordenar e contextualizar os aspectos das grandes teorias que são pertinentes ao *design*, desenvolvimento e avaliação de uma intervenção (RUTHVEN *et al.*, 2009). Com isso, esses quadros promovem articulações entre as grandes teorias e o propósito particular de desenvolver intervenções direcionadas para contextos de ensino. Estas articulações são materializadas nas ferramentas de *design*, que são desenvolvidas no sentido de operacionalizar as orientações advindas dos quadros intermediários e, então, oferecer suporte ao detalhado processo que configura o *design* e a avaliação de intervenções educacionais (RUTHVEN *et al.*, 2009).

Assim sendo, entendemos que o quadro intermediário é uma organização teórica sistematizada que considera aspectos específicos de algumas teorias de referência (grandes teorias), no sentido de fundamentar uma ferramenta de *design*, que, por sua vez, instrumentaliza o processo de *design* de intervenções educacionais. Entendendo dessa forma, é possível perceber que as grandes teorias fornecem aos quadros intermediários, em maior medida, orientações de cunho epistemológico e cognitivo (RUTHVEN *et al.*, 2009). Mas além destas, o quadro intermediário do MRE trouxe das grandes teorias orientações de cunho pedagógico e metodológico. Isso nos levou a entender o termo “grandes teorias” de forma mais ampla, incluindo além de teorias propriamente ditas, noções ou construções teóricas validadas pela comunidade acadêmica. Com isso, a partir da nossa intenção de propor um quadro intermediário para o MRE, foi possível perceber que as grandes teorias podem fornecer para esses quadros além de orientações epistemológicas e cognitivas, orientações pedagógicas e metodológicas (figura 4).

Assim, resumidamente, os quadros intermediários, associados a ferramentas de *design*, podem ser usados no processo de *design*, como mediadores das contribuições das grandes teorias para a prática de ensino (RUTHVEN *et al.*, 2009). Contudo, apesar dos quadros intermediários terem como referência as grandes teorias, eles não se limitam a elas. Ao contrário disso, um quadro intermediário pode, a partir das fraquezas de seu desenvolvimento, fazer emergir limitações oriundas das grandes teorias que o orientaram (RUTHVEN *et al.*, 2009). Com isso, esses quadros podem suscitar discussões que levem ao aprimoramento de alguns aspectos das grandes teorias.

Nesse sentido, os quadros intermediários podem ser desenvolvidos e refinados a tal ponto que, embora estejam relacionados com grandes teorias orientadoras, já não precisem recorrer a elas com muita frequência para conduzirem o processo de *design* (RUTHVEN *et al.*, 2009). É deste processo de *design* que, ao nosso ver, surgem as discussões capazes de promover refinamento ao quadro intermediário, seja por meio das reflexões oriundas dos princípios de *design*, seja por meio daquelas oriundas da implementação das intervenções educacionais. Por fim, sobre os quadros intermediários e as ferramentas de *design*, Viiri e Savinainen (2008) destacam que, embora contribuam com orientações sistemáticas e significativas para o processo de *design*, eles não garantem o desenvolvimento de uma intervenção “perfeita”. Isso porque, segundo estes autores, há questões dos processos de ensino e aprendizagem que só emergem no momento em que este é concebido na prática. No entanto, isto não minimiza as contribuições que os quadros intermediários e as ferramentas de *design* aportam para o processo de *design*.

Figura 4 – Relações entre as grandes teorias, os Quadros intermediários, as ferramentas de *design* e o processo de *design* de intervenções educacionais



Fonte: elaborado pela autora

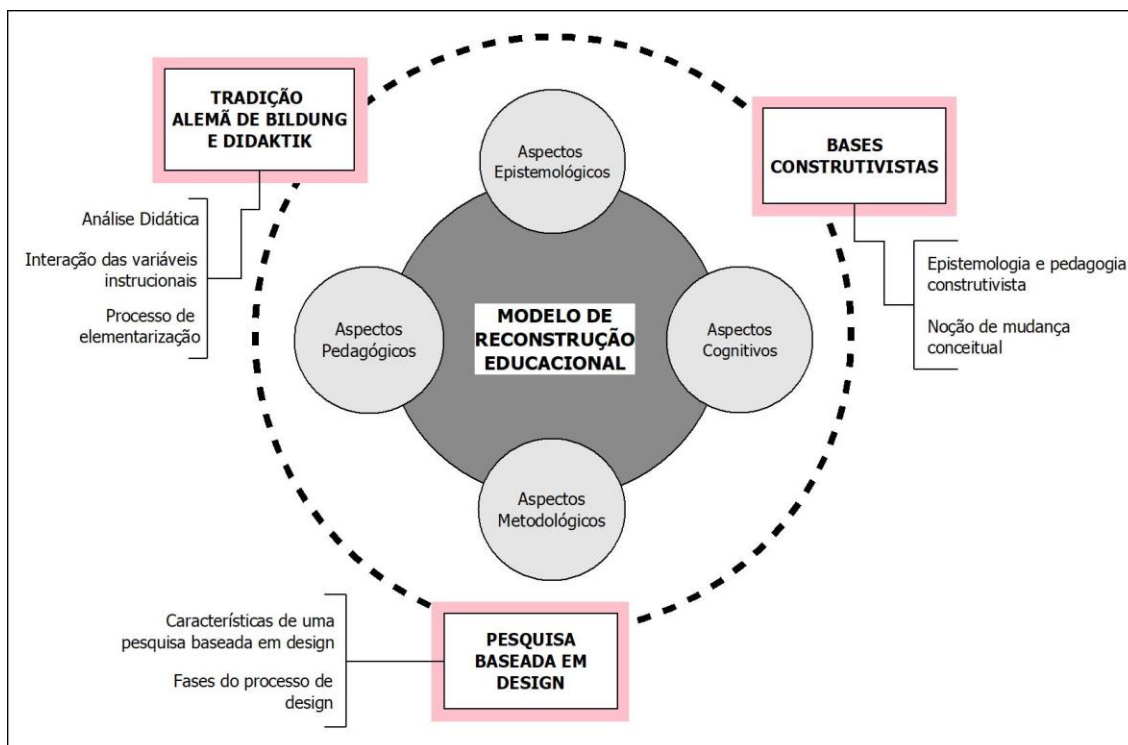
Dito isto, a partir de agora nos deteremos à proposição do quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional. Este esforço de propor e discutir o quadro intermediário do MRE, não foi tarefa fácil, visto que, normalmente, ele é apresentado com base na descrição de seus componentes. Isto, muitas vezes, tem levando ao entendimento equivocado que o MRE é um referencial unicamente metodológico para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem, como defendido por Kneubil e Pietrocola (2017).

No entanto, Kattmann enfatiza que “o modelo de reconstrução educacional deve ser entendido como uma meta-teoria, em que várias teorias parciais são usadas para emoldurar o ensino e a aprendizagem profissionais.” (KATTMANN, 2007, p.97, tradução nossa). O autor afirma ainda que, com o MRE, essas teorias parciais são reunidas, modificadas e tornadas utilizáveis, podendo avançar em suas discussões. Este entendimento de Kattmann sobre o MRE é consistente em muitos aspectos com o que Ruthven e colaboradores (2009) chamam de grandes teorias (teorias parciais), quadro intermediário (meta-teorias) e ferramenta de *design* (teorias tornadas utilizáveis). Desse modo, para não ficar dúvidas, o MRE é entendido neste estudo como um quadro intermediário orientado por grandes teorias e, também, como uma ferramenta de *design* que instrumentaliza o processo de *design* a partir de seus componentes.

Assim, defendemos que o quadro intermediário que emoldura o ensino e aprendizagem no âmbito da reconstrução educacional é influenciado por três grandes aportes teóricos: as bases construtivistas, a tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* e a pesquisa baseada em *design* (DUIT *et al.*, 2012). As contribuições desses três aportes teóricos, aqui considerados grandes teorias, foram organizadas no quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional, como pode ser visto na figura 5, e são operacionalizadas ao longo dos três componentes do MRE.

Por fim, vale destacar ainda que cada grande teoria contribui para o processo de *design* apenas com alguns aspectos de suas teorizações (RUTHVEN *et al.*, 2009), por isso são chamadas por Kattmann (2007) de teorias parciais. Logo, não nos coube voltar ao percurso histórico de toda a teorização feita no âmbito de cada grande teoria ao longo do tempo, mas focar nos tópicos destacados na figura 5 para entender suas contribuições no processo de *design* característico do MRE.

Figura 5 – Quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional.



Fonte: elaborado pela autora

Isso nos levou a compreender que os quadros intermediários podem servir como um apoio importante para professores que desejam inserir, em suas práticas, planejamentos pautados não apenas em seu conhecimento tácito, mas também em orientações teóricas. Estas que, nos quadros intermediários, tornam-se mais acessíveis aos professores, que geralmente não dispõem nem de tempo e nem de recursos para se aprofundarem em todos os tópicos das grandes teorias educacionais, filosóficas e/ou epistemológicas. A seguir mostraremos como alguns elementos das grandes teorias contribuíram para a construção do quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional.

### 1.3.1. Contribuições das bases construtivistas para o quadro intermediário da reconstrução educacional

Iniciaremos as discussões do quadro intermediário da reconstrução educacional com as contribuições advindas das bases construtivistas. Conforme apontado por Duit e colaboradores (2012), o MRE é fundamentado em uma visão epistemológica construtivista. Ao fazer esta afirmação, os autores tentam, em vista da diversidade das

concepções construtivistas, esclarecer o significado deste rótulo no contexto do MRE. Para isso, apresentam as discussões de Phillips (2000), que examina as várias possibilidades de entender a construção do conhecimento.

De forma geral, o trabalho de Phillips evoca discussões semelhantes às aquelas apresentadas por El-Hani e Bizzo (2002), sobre as diversas formas de conceber o construtivismo. Esses últimos autores destacam que o construtivismo pode ser analisado com base em três critérios: sociológico, educacional e filosófico. As discussões desses dois últimos critérios também foram mencionadas por Howe e Berv (2000) que caracterizam o construtivismo de duas formas: como uma visão epistemológica e como uma pedagogia. Esta primeira visão é aquela evidenciada por Duit e colaboradores (2012), ao tratarem do MRE. No entanto, vale destacar o que foi dito por El-Hani e Bizzo (2002, p.2) sobre as possíveis divisões do construtivismo: “não obstante esta divisão, não se pode perder de vista que o construtivismo educacional ou pedagógico apresenta, por certo, aspectos filosóficos e sociológicos, lado a lado com proposições sobre o ensino e a aprendizagem”.

Sabendo disso, em primeira análise, o rótulo “construtivista” no MRE é entendido nos termos do sentido filosófico tradicional da epistemologia, como uma teoria geral do conhecimento. Em outras palavras, o MRE é incorporado em uma epistemologia construtivista (DUIT *et al.*, 2012). Segundo Howe e Berv (2000), ser claro sobre o que considerar como epistemologia construtivista requer a compreensão dos contornos básicos de vários pontos de vista epistemológicos importantes na história da filosofia ocidental, bem como certos problemas que esses pontos de vista encontraram. No entanto, o foco desta discussão não foi aprofundar todos os pontos e contrapontos concernentes à discussão atual sobre a epistemologia construtivista, mas buscar caminhos e argumentos que nos levem a entender o quadro intermediário do MRE. Nesse sentido, nos propomos, sobretudo, a mostrar resumidamente como a epistemologia construtivista foi compreendida neste trabalho e a destacar as principais influências que o MRE recebeu dela.

Conforme apontado por El-Hani e Bizzo (2002), em termos epistemológicos, Matthews (1994a) reconhece no construtivismo duas premissas centrais:

- i. O conhecimento é uma construção do sujeito, e não algo que ele possa receber passivamente do meio;

- ii. O ato de conhecer é um processo de adaptação, que organiza o mundo das experiências, mas não conduz à descoberta de uma realidade dada, independentemente da mente que a conhece.

Para evitar qualquer equívoco de interpretação, estas premissas não devem ser interpretadas de maneira apressada, “visto que se referem a uma das polêmicas mais árduas na epistemologia e filosofia da ciência, concernente à relação entre conhecimento e realidade” (EL-HANI; BIZZO, 2002, p.2). Para fugir deste possível equívoco, Howe e Berv (2000) propõem duas linhas de discussões importantes, uma sobre o pós-kantianismo do século XX, e a outra sobre o ataque construtivista ao positivismo. A primeira linha de raciocínio ajuda a esclarecer sobre o papel da linguagem na epistemologia construtivista, tomando por base as contribuições de Wittgenstein. E a segunda, mais alinhada com a filosofia da ciência, apresenta justificativas para o problema do relativismo que acompanha a epistemologia construtivista.

Esta última discussão também foi feita por El-Hani e Bizzo (2002), que explicam que a perspectiva construtivista na teoria do conhecimento não tem o solipsismo, o ceticismo ou o subjetivismo como decorrências necessárias. Caso tivesse, se tornaria impossível o conhecimento racional e a comunicação científica (WERNECK, 2006). Ainda sobre este debate a autora disse que:

A chamada “construção do conhecimento” não é totalmente livre e aleatória levando ao solipsismo e à incomunicabilidade. Ela deve corresponder a uma unidade de pensamento, a uma concordância, a um consenso universal. Não se pode “construir” o seu conhecimento totalmente pessoal e independente sem vínculo com a comunidade científica e com o saber universal (WERNECK, 2006, p.176).

Em virtude disso, esses autores apontam uma possível alternativa para fugir de uma interpretação equivocada e simplória das premissas construtivistas:

[...] não há maneira de o homem conhecer o mundo sem transformá-lo, de um lado, porque a percepção sensorial é ativa, e não passiva (Edelman 1987, 1989, 1992; Sacks 1995; El-Hani & Pereira 2001), de outro, porque o ser humano está sempre inserido na linguagem e, assim, não pode ter acesso a não-sentenças (ou não-crenças) que tornem suas sentenças (ou crenças) verdadeiras (Davidson 1984, Rorty 1991) (EL-HANI; BIZZO, 2002, p.3).

Ademais, as ideias desses autores parecem convergir para o entendimento de que o pensamento de Putnam exemplifica bem a postura da epistemologia construtivista, quando ele defende que:



As adaptações do que chamamos de ‘linguagem’ ou ‘mente’ penetram tão profundamente no que chamamos de realidade que o próprio projeto de representação de nós mesmos como ‘mapeadores’ de algo ‘independente da linguagem’ é fatalmente comprometido desde o início (PUTNAM, 1990, p.28).

Em suma, uma interpretação razoável das premissas epistemológicas do construtivismo pode ser a ideia de que “o mundo, quando conhecido, é reconstruído pelo sujeito e é muito difícil, senão impossível, avaliar a correspondência entre as construções cognitivas e a realidade” (EL-HANI; BIZZO, 2002, p.3). Esta é uma posição importante da epistemologia construtivista, que, de acordo com El-Hani e Bizzo (2002), a afasta de qualquer aproximação com o relativismo radical.

Esta posição carrega forte influência de uma das principais ideias kantinianas, que, parafraseada por Howe e Berv (2000, p.20, tradução nossa), sugere que “um esquema conceitual sem dados sensoriais está vazio, os dados sensoriais sem um esquema conceitual são cegos.”. Na opinião desses autores esta ideia de Kant inaugura o verdadeiro sentido da epistemologia construtivista, que defende esta mistura do empírico e do conceitual como fonte do conhecimento. El-Hani e Bizzo (2002) compartilharam desta visão, que está fortemente relacionada com a segunda premissa discutida anteriormente. Isso não significa dizer, no entanto, que também não guarde relações com a primeira.

Assim, depois de esclarecidas as perspectivas utilizadas para interpretar as premissas construtivistas, é possível afirmar que estas influenciaram uma das grandes ideias sustentadas no MRE, principalmente se considerarmos a contribuição do pensamento de Kant para a epistemologia construtivista. No MRE a estrutura do conteúdo a ser ensinado não é “dada” pela estrutura do conhecimento científico (conceitual), mas influenciada por ele e pelo conhecimento do estudante (empírico) a cerca deste conteúdo (DUI, 2006b; DUIT *et al.*, 2012; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009; VAN DIJK; KATTMANN, 2007).

Em sentido mais amplo, é defendido no MRE que o conhecimento necessário para desenvolver ambientes de ensino e aprendizagem da ciência advém do conhecimento conceitual da ciência e do conhecimento empírico dos estudantes, mais que isso, das relações que podem ser estabelecidas entre estes conhecimentos. O primeiro e o segundo componentes do MRE estão pautados nessas ideias, conforme vimos.

Outro aspecto da epistemologia construtivista que está presente nas ideias defendidas no MRE diz respeito à forma como o saber científico é concebido. Conforme apontado por Duit (2006a), o MRE pressupõe que em nenhuma área do conhecimento existe uma estrutura de conteúdo verdadeira. Isso significa dizer que o que chamamos

comumente de estrutura do conhecimento científico é considerada, no MRE, como um consenso de uma comunidade científica específica (DUIT, 2006a; DUIT *et al.*, 2012; KATTMANN *et al.*, 1996; REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009).

Contudo, não é que o MRE tente negar a confiabilidade do conhecimento científico, mas admite que “todos os produtos da pesquisa científica são frutos de tentativas de estruturar representações sobre o mundo e sofrem modificações de tempos em tempos” (PIETROCOLA, 2002, p.106). Desse modo, o conhecimento não é visto no MRE como uma descrição última e definitiva da realidade, mas como um conjunto de saber provisório em constante processo de revisão e de reconstrução. Werneck (2006) chama este modo de considerar o conhecimento de concepção crítica do conhecimento.

Estas discussões são consistentes com as propostas de Kant, Wittgenstein e Kuhn sobre a análise do conhecimento científico (HOWE; BERV, 2000). Esses autores, assim como os autores do MRE, concebem o conhecimento da ciência como intersubjetivo (DUIT, 2006a; HOWE; BERV, 2000; WERNECK, 2006). Isso quer dizer que, nesse contexto de significados compartilhados, o saber científico é visto como uma atividade (construção) humana, carregada de propósitos, objetivos, intenções, crenças e valores, e, portanto, é um conhecimento provisório. Alinhados com esta visão, “na epistemologia construtivista, a verdade e o conhecimento são estabelecidos de forma holística e provisória, e não compartimentalizadas em linguagem/mente, mundo e valores” (HOWE; BERV, 2000, p.31, tradução nossa).

Afinados com este entendimento, Kattmann e colaboradores (1996) defendem que cada apresentação do consenso de uma comunidade científica específica, por exemplo aquele presente nos livros didáticos, é uma reconstrução idiossincrática dos autores, orientada pelos objetivos e intenções que eles possuem, sejam implícitos ou explícitos. É também uma possibilidade de comunicação do conhecimento científico intersubjetivo, já que ou há uma intersubjetividade e uma possibilidade de comunicação ou o conhecimento se torna impossível (WERNECK, 2006).

Ainda nesta direção, convém entender que se os objetivos dos autores dos livros didáticos, por exemplo, são diferentes dos objetivos que orientam o ensino de uma ciência específica, então a estrutura do conteúdo para o ensino não pode ser definida simplesmente pela estrutura do conhecimento científico posto nestes livros (DUIT, 2007; DUIT *et al.*, 2012). Ao contrário disso, a estrutura do conteúdo para o ensino deve ser

construída pelos pesquisadores (as) e/ou professores (as), com base nos objetivos de ensino e/ou aprendizagem desses conhecimentos científicos específicos.

Nas palavras de Duit (2006a, p. 750, tradução nossa), “a estrutura dos conteúdos científicos deve ser reconstruída a partir de uma perspectiva educacional. Esta é a essência do termo ‘reconstrução educacional’”. Tal afirmação também sugere que as estruturas do conhecimento científico e as do conhecimento a ser ensinado são diferentes, por estarem relacionadas a diferentes objetivos. Mais adiante veremos que a diferenciação entre estas duas estruturas também recebeu influência da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*. Mas, a princípio, é possível afirmar que o fundamento basilar do MRE foi fortemente influenciado pela epistemologia construtivista.

Até o presente momento, a noção de construção do conhecimento utilizada para esta discussão foi aquela que deve ser entendida como constituição do saber feita pelo estudioso, pelo cientista, pelo filósofo, resultante da reflexão e da pesquisa sistemática que leva a novos conhecimentos aceitos em determinado tempo histórico (WERNECK, 2006). Mas se o aporte teórico da epistemologia construtivista for utilizado no contexto do ensino e aprendizagem de ciências, então o termo “construção” ganha outro sentido, devendo ser entendido como processo de aprendizagem do sujeito, ou seja, o modo como o conhecimento é construído na mente do sujeito (QUEIROZ; BARBOSA-LIMA, 2007; WERNECK, 2006). Nesta perspectiva, a discussão foi deslocada da corrente filosófica para a corrente educacional do construtivismo.

Embora seja possível identificar várias formas de conceber o construtivismo nesta perspectiva educacional, é incontestável que ele possui algumas premissas gerais, que são consenso entre os autores da área (EL-HANI; BIZZO, 2002; QUEIROZ; BARBOSA-LIMA, 2007; WERNECK, 2006). Desse modo, com base nas premissas da epistemologia construtivista, já mencionadas, são sugeridas premissas que estão associadas ao que El-Hani e Bizzo (2002) chamaram de corrente educacional do construtivismo (quadro 4). Estes autores consideram estas premissas o núcleo do programa construtivista.

Assim como as premissas epistemológicas, aquelas educacionais também exerceram influências no MRE. Ao relacionar a epistemologia construtivista à didática, chega-se às discussões sobre o processo de aprendizagem da ciência. Neste novo contexto de debate do construtivismo, a questão passa a ser o como, o modo pelo qual a aprendizagem da ciência se dá, para que a partir disso sejam pensadas metodologias pertinentes de ensino (WERNECK, 2006). De acordo com Duit, Treagust e Widodo

(2013), o principal termo para enquadrar teoricamente os processos de aprendizagem dentro de abordagens educacionais construtivistas é “mudança conceitual”.

Quadro 4 – Premissas básicas da epistemologia construtivista, da teoria da aprendizagem construtivista e da pedagogia construtivista

<b>CORRENTE FILOSÓFICA</b>	<b>CORRENTE EDUCACIONAL DO CONSTRUTIVISMO</b>	
<b>EPISTEMOLOGIA CONSTRUTIVISTA (PREMISSAS)</b>	<b>TEORIA DA APRENDIZAGEM CONSTRUTIVISTA (PREMISSAS)</b>	<b>PEDAGOGIA CONSTRUTIVISTA (PREMISSAS)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– O conhecimento é uma construção do sujeito, e não algo que ele possa receber passivamente do meio;</li> <li>– O ato de conhecer é um processo de adaptação, que organiza o mundo das experiências, mas não conduz à descoberta de uma realidade dada, independentemente da mente que a conhece.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A aprendizagem leva como ponto de partida o conhecimento, as atitudes e os interesses que os estudantes trazem para a situação de aprendizagem;</li> <li>– A aprendizagem ocorre na interação entre as características dos estudantes e as experiências de ensino, de tal forma que os estudantes construam seus próprios entendimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– As instruções devem ter como ponto de partida o conhecimento, as atitudes e os interesses que os alunos trazem para a situação de aprendizagem;</li> <li>– As instruções devem ser projetadas de modo a fornecer experiências que efetivamente interajam com as características dos estudantes para que eles possam construir seu próprio entendimento.</li> </ul>

Fonte: elaborado pela autora

É com a teoria da mudança conceitual que Posner e colaboradores (1982) solucionam, em primeira medida, a questão do como se dá a aprendizagem da ciência na perspectiva construtivista, defendendo basicamente que as concepções dos estudantes deveriam ser substituídas pela visão científica, quando não fossem compatíveis com esta. “A partir dessa perspectiva, o objetivo central da educação em ciências consiste em erradicar as concepções alternativas dos estudantes por meio da instrução” (PEREIRA, 2012, p.30).

Embora essa abordagem clássica da mudança conceitual tenha sido muito frutífera para a pesquisa em ensino de ciências, atualmente nenhum teórico da área a defende como solução para explicar como se dá a aprendizagem em ciências – pelo menos não de forma explícita (PEREIRA, 2012, 2017). Este autor destaca ainda que as abordagens atuais de mudança conceitual, normalmente, tentam se distanciar deste pressuposto da substituição de concepções defendido na abordagem clássica. Pereira (2012, 2017) chama estas abordagens atuais de re-enquadradas, pois nelas o tema pôde ser reinterpretado e articulado a uma estrutura conceitual mais abrangente.

Ainda de acordo com Pereira (2012, 2017), estas abordagens atuais ou re-enquadradas compartilham algumas premissas gerais, que são entendidas como a base da discussão atual sobre mudança conceitual:

- i. A mudança conceitual não é mais vista como uma substituição de teorias, mas como um processo dependente do contexto, no qual os indivíduos adquirem uma consciência meta-conceitual para coordenar diferentes pontos de vista.
- ii. A mudança conceitual não é somente concebida como um processo puramente racional, mas também como uma mudança intencional, que envolve aspectos contextuais, motivacionais e afetivos;
- iii. Além de envolver a mente individual, a mudança conceitual também sugere algo mais na forma de indivíduos socialmente situados, buscando entender como os indivíduos compartilham ferramentas culturais e participam de comunidades de discurso e prática.

A perspectiva de aprendizagem defendida no MRE integra estas premissas e faz parte deste movimento contemporâneo da pesquisa sobre mudança conceitual. Assim, para evitar possíveis mal-entendidos com o termo “mudança conceitual”, Kattmann (2007) defende o uso do termo “reconstrução conceitual”, em analogia aos processos de reconstrução educacional. O uso deste termo deixa claro que a posição de mudança conceitual do MRE é diferente daquela posta na teoria inicial proposta por Posner e colaboradores (1982), na qual a mudança conceitual era vista como substituição e as concepções dos estudantes eram vistas como obstáculos à aprendizagem. No MRE a mudança conceitual é vista como reconstrução e as concepções dos estudantes são entendidas como ponto de partida necessário para a aprendizagem, configurando-se como ferramenta para direcionar o processo de ensino e aprendizagem (KATTMANN, 2007; KATTMANN *et al.*, 1996; VAN DIJK; KATTMANN, 2007).

Assim, o termo “reconstrução conceitual” indica que:

os estudantes precisam reconstruir os seus próprios conceitos pré-instrucionais. Processos mentais também estão incluídos e podem ser descritos como *revolucionários* (descontínuo) se os conceitos são fundamentalmente reorganizados, ou, como *em desenvolvimento* (contínuo), se os conceitos são modificados ou reconectados de uma nova forma. Além disso, *reconstrução conceitual* também enquadra teoricamente os processos de aprendizagem, nos quais os alunos desenvolvem suas estruturas mentais, formando novos conceitos baseados em sua própria imaginação e experiência (DUIT *et al.*; 2012, p.14).

Diante do exposto, é possível entender que a aprendizagem no âmbito do MRE é vista não como substituição de concepções pré-instrucionais por ideias científicas, mas como reconstrução conceitual no sentido de promover modificações, enriquecimentos e reestruturações, ou seja, desenvolvimento, nas concepções pré-instrucionais dos estudantes (REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009), quando necessário. Conforme apontam Kattmann e colaboradores (1996), a perspectiva de mudança conceitual sustentada no MRE defende a ideia de que os alunos precisam compreender os conhecimentos científicos em determinados contextos, em outros, no entanto, a visão cotidiana pode ser a mais valiosa. Desse modo, a necessidade de construir conhecimentos científicos em ambientes formais de ensino de ciências se dá não porque este conhecimento é mais importante que o do cotidiano, mas porque faz parte dos objetivos de a educação científica possibilitar, através da visão da ciência, um outro modo de interpretar o mundo.

Ainda sobre o processo de reconstrução conceitual, Kattmann (2007) destaca que os estudantes desempenham um papel ativo neste processo, na medida em que desenvolvem suas estruturas mentais, formando novos conceitos com base em conhecimentos prévios e na experiência com o outro. Nesse sentido, concordamos com Werneck (2006) quando ele afirma que no âmbito da perspectiva construtivista, o papel ativo do estudante não se restringe à atividade física, ao fazer agir apenas, mas alcança também o sentido de atividade mental que leva o estudante a sair de si mesmo em busca do saber.

Mas a perspectiva de aprendizagem defendida no MRE não está pautada apenas em aspectos racionais. Conforme destaca Reinfried, Mathis e Kattmann (2009), a reconstrução conceitual dificilmente ocorre com base em aspectos puramente racionais, além destes, aspectos afetivos, tais como necessidades, interesses e atitudes desempenham um papel neste processo que não pode ser subestimado. Segundo Pereira (2017), a inclusão de aspectos afetivos e situacionais da sala de aula no processo de mudança conceitual é outra tentativa de afastar as discussões sobre este tema daquela abordagem clássica.

No entanto, ao apresentar o MRE, os autores não aprofundaram as discussões que levam ao entendimento de como os aspectos motivacionais e afetivos estão implicados no processo de reconstrução conceitual. Apenas salientaram que estes aspectos devem ser levados em consideração no momento de propor intervenções educacionais pautadas no

MRE. Isto porque, há uma ampla evidência na pesquisa em ensino de que as questões cognitivas e afetivas são igualmente importantes no aprendizado de conceitos, de tal forma que estão intimamente ligadas (DUIT; TREAGUST; WIDODO, 2013).

Acreditamos que esta abordagem mais geral da perspectiva de mudança conceitual no MRE se dá porque o objetivo dos autores é elucidar a perspectiva de aprendizagem que está por trás do processo de *design* descrito neste modelo. Afinal, não podemos esquecer que a ênfase do MRE está na construção da estrutura de conteúdos e no *design* de ambientes de ensino e aprendizagem; e não em como se dá a aprendizagem da ciência. Nas palavras de Kattmann e colaboradores (1996, p. 3, tradução nossa), a ênfase do MRE “está em desenvolver caminhos de aprendizagem que permitam aos estudantes alcançar os conteúdos científicos pretendidos”. Em suma, no âmbito do MRE não cabe o aprofundamento das questões relativas à mudança conceitual como uma teoria de aprendizagem em ciências, pois trata-se de um modelo para pesquisa de desenvolvimento e não para pesquisa sobre mudança conceitual.

Para finalizar a discussão sobre a contribuição das bases construtivistas para o MRE, é importante destacar que ele reclama que além de sujeitos individuais, a reconstrução conceitual também considera que estes sujeitos são indivíduos socialmente situados. Desse modo, como sintetizou MÉHEUT e PSILLOS (2004), o MRE sugere, por um lado, que o processo de aquisição do conhecimento seja visto como um processo de construção individual ativa dentro de um determinado ambiente social e material, enquanto o conhecimento científico, por outro, seja visto como uma tentativa de construção humana, como um patrimônio cultural (DUIT *et al.*, 2012).

Nesse sentido, o MRE se inspirou no pensamento de Pintrich (1993) para defender que aspectos sociais e afetivos, como o contexto social da sala de aula, o trabalho em grupo e as características dos estudantes são tão importantes quanto os aspectos cognitivos no aprendizado do conceito. Assim, o objetivo da reconstrução conceitual não é que os estudantes reconstruam sozinhos a bagagem do conhecimento da ciência já constituído, mas que esses conhecimentos sejam relacionados com os que eles já possuem, a partir de interações promovidas no contexto situacional da sala de aula, de tal forma que os conteúdos científicos ensinados na educação formal façam sentido para eles.

Como consequência disto, o MRE traz orientações que auxiliam no desenvolvimento de ambientes de ensino e aprendizagem eficazes, quer dando sentido à experiência cotidiana do estudante no âmbito de uma teoria científica, quer dando sentido

à teoria científica no contexto da experiência cotidiana dos estudantes (KATTMANN *et al.*, 1996). Destas formas, os estudantes têm acesso à forma científica de explicar a realidade, sem que isso exija que eles abandonem as explicações que já possuem.

A partir das considerações anteriores é possível perceber que além de aspectos epistemológicos, como os descritos no início desta discussão, as bases construtivistas também aportam para o MRE orientações que giram em torno de aspectos cognitivos e pedagógicos. Os aspectos cognitivos mostram a lente utilizada no MRE para olhar para a aprendizagem da ciência e os aspectos pedagógicos versam em torno, principalmente, do papel do estudante, do conhecimento científico, do mundo material e do professor no processo de ensino e aprendizagem.

Sobre este último, entendemos que, de modo geral, cabe ao professor, no contexto do MRE, adequar a estrutura do conteúdo a ser ensinado às características de aprendizagem dos estudantes, propiciando um amplo repertório de experiências que facilitem o engajamento dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem da ciência. Uma consequência direta deste entendimento é que os professores precisam conhecer as características dos estudantes, para que assim possam definir objetivos de ensino e/ou aprendizagem adequados ao contexto de sala de aula (REINFRIED; MATHIS; KATTMANN, 2009). Assim, o papel do professor no âmbito do MRE é apoiar os estudantes na construção de seus próprios conhecimentos, incorporando temas da ciência em contextos que fazem sentido para eles (DUIT *et al.*, 2012). Outras orientações sobre o papel do professor no MRE foram trazidas por meio das contribuições advindas da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*, discutidas a seguir.

### 1.3.2. Contribuições da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* para o quadro intermediário da reconstrução educacional

Para começar esta discussão, primeiramente é importante entender o que significam os termos *Bildung* e *Didaktik* dentro da tradição pedagógica alemã em educação em ciências. Segundo Duit e colaboradores (2012), os termos são difíceis de traduzir com precisão, mas *Bildung* significa em tradução literal “educação”. Para os autores, o termo *Bildung* está associado ao processo de formação do estudante como um todo, ou seja, como sujeito integral.



O termo *Didaktik*, por sua vez, não deve ser interpretado como sinônimo de didático, pois não se restringe à dimensão dos métodos de ensino (DUIT *et al.*, 2012). Mais que isso, sugere reflexões sobre a dimensão dos objetivos de ensino e/ou aprendizagem associados aos conteúdos educacionais, tendo em conta as condições prévias dos estudantes, tanto no nível pessoal como institucional (KLAFKI, 1995). Desse modo, o termo “*Didaktik*” “refere-se ao processo analítico de transpor (ou transformar) o conhecimento humano (patrimônio cultural), em conhecimento de aprendizagem que contribui para a formação de sujeitos integrais (*Bildung*)” (DUIT *et al.*, 2012, p.4, tradução nossa). Fica evidente, portanto, que *Bildung* é um elemento essencial da *Didaktik* (FISCHLER, 2011), de maneira que, no âmbito do MRE eles devem ser entendidos um associado ao outro.

A primeira consideração que deve ser feita com base nas ideias anteriores é a de que a noção de transposição didática do MRE foi inspirada na tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* e não na noção de *transposição didática* de Chevallard (1994), embora possamos encontrar entre elas algumas sobreposições. Na verdade, como explica Wickmann (2014), o MRE formaliza a noção de transposição didática na Alemanha. Na França, esta noção foi formalizada por Chevallard para a educação matemática. Conforme destacou Clément (2006), Chevallard reivindica à transposição didática uma abordagem antropológica que não é guiada por um processo recursivo de análise das concepções dos diferentes atores (autores de livros didáticos, cientistas, professores e estudantes), como aconteceu no MRE.

Assim, embora as ideias alemãs e francesas concordem que o conteúdo a ser ensinado não é definido pelo conteúdo científico, elas abordam a transposição didática de forma diferente. A nosso ver, a reconstrução educacional é um processo de transposição mais dinâmico, que acontece, desde o princípio, a partir da interação analítica entre o conteúdo científico, as características dos estudantes e os objetivos de ensino e/ou aprendizagem. Aqui as concepções de todos os atores (pesquisadores, autores de programas e dos livros didáticos, professores e alunos) têm lugar no processo de transposição e o influencia, sendo utilizadas no sentido de guiar este processo. Isto se dá porque os objetivos do ensino e/ou aprendizagem e a análise minuciosa do contexto educacional permitem uma transformação, ou reconstrução, adequada do conteúdo a ser ensinado (KATTMANN *et al.*, 1996).

Outra consideração importante, antes de adentrarmos nos méritos teóricos da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*, é que em um primeiro momento esta tradição nos pareceu bastante dispersa, de maneira que foi difícil compreender com precisão as contribuições que ela oferecia ao MRE. Pelo menos essa foi nossa primeira impressão quando nos aproximamos dos estudos iniciais deste modelo. No entanto, ao longo do nosso processo de aprofundamento teórico e metodológico com o MRE, principalmente com a contribuição dos trabalhos de Fischler (2011) e de Wickmann (2014), percebemos que esta tradição se configura como um arcabouço teórico bastante estruturado.

Segundo Duit e colaboradores (2012), as questões mais importantes da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* são:

No planejamento do ensino (pelo professor ou pelo *designer*) o conteúdo da ciência a ser aprendido e as variáveis cognitivas e afetivas dos estudantes relacionadas ao aprendizado do conteúdo precisam ser igualmente consideradas. O conteúdo da ciência não é visto como algo “dado”, mas que precisa passar por determinados processos de reconstrução. A estrutura curricular da ciência deve ser transformada em uma estrutura curricular para o ensino. As duas estruturas são fundamentalmente diferentes (DUIT *et al.*, 2012, p.5, tradução nossa).

Estas questões são retomadas no MRE, sendo possível percebê-las nas principais ideias que o caracterizam. Assim, de modo geral, três pontos principais da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* podem ser vistos nas ideias do MRE:

- (1) O princípio da primazia dos objetivos e intenções de ensino no processo de planejamento da instrução

Esta é a principal ideia defendida no conceito de *Análise Didática* (AD) de Klafki, que é um dos principais conceitos da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*. Esta análise permite aos professores reflexões sobre os conteúdos e metodologias que devem ser utilizados no ensino, para contribuir no desenvolvimento da *Bildung* dos estudantes (FISCHLER, 2011). Para orientar tal análise, Klafki (1995) propôs cinco questões norteadoras que podem ser vistas no quadro 5.

Quadro 5 – Questões norteadoras da Análise Didática de Klafki

<b>ANÁLISE DIDÁTICA DE KLAFKI</b> <b>QUESTÕES NORTEADORAS</b>	
i.	Que sentido ou realidade mais ampla o conteúdo/tema em questão exemplifica ou possibilita para os estudantes? Que fenômenos, princípios, leis, problemas, métodos, técnicas ou atitudes podem ser compreendidos pelos estudantes por meio deste conteúdo/tema?

- ii. Que importância tem para os estudantes o conteúdo/tema em questão? O que estes estudantes conhecem das experiências, conhecimentos, habilidades ou competências que podem ser construídas por meio deste conteúdo/tema? Do ponto de vista pedagógico, que importância este conteúdo/tema deve ter?
- iii. Qual a importância do conteúdo/tema em questão para o futuro dos estudantes?
- iv. Como este conteúdo/tema pode ser estruturado se consideradas as perspectivas pedagógicas descritas nas questões I, II e III?
- v. Qual é o corpo de conhecimento que deve ser compreendido pelos estudantes se o conteúdo/tema em questão for considerado “adquirido” por eles? Que forma de tratar este conteúdo/tema é mais acessível e compreensível para os estudantes, considerando seus estágios de desenvolvimento?

Fonte: elaborado pela autora

Conforme apontado por Van Dijk e Kattmann (2007), estes questionamentos sugerem que o modelo de Klafki (1995) consiste em cinco etapas para o planejamento da instrução: (1) o significado atualizado do conteúdo para os estudantes, (2) o significado futuro do conteúdo para os estudantes, (3) a estrutura do conteúdo, (4) o valor exemplar do conteúdo, e (5) as representações pedagógicas das ideias. No MRE estas etapas estão presentes na Análise da Importância Educacional (DUIT *et al.*, 2012). Esta análise é feita a partir de um conjunto de questionamentos inspirados nas questões norteadoras da AD de Klafki, que foram apresentados no item dedicado à apresentação dos componentes do MRE.


No entanto, destacamos que as reflexões promovidas pela AD de Klafki, traduzidas no MRE pela Análise da Importância Educacional, não objetivam fornecer ao processo de *design* respostas prontas e definitivas. Ao contrário, abrem um discurso no qual os objetivos da instrução, as perspectivas cognitivas e afetivas dos estudantes e a estrutura científica de um conteúdo da ciência estão vinculados entre si (FISCHLER, 2011), de maneira tal que, no final de um processo iterativo, uma estrutura de conteúdo apropriada para o ensino se torne visível (DUIT *et al.*, 2012; KATTMANN *et al.*, 1996).

Com isso, fica claro que, sob a influência deste primeiro ponto da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*, o MRE assegura que o primeiro passo para o planejamento de ambientes de ensino e aprendizagem é a definição dos objetivos e intenções de ensino, ambos pautados nas perspectivas dos alunos, na sua formação como sujeito integral e na estrutura do conteúdo científico. Somente após este primeiro passo, vem o segundo, que é o planejamento metodológico da intervenção, que será tratado no ponto a seguir.

- (2) A importância de considerar a interação fundamental de todas as variáveis que determinam o planejamento da instrução

De acordo com Duit e colaboradores (2012), a interação fundamental de todas as variáveis que determinam a instrução é um pensamento muito importante da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* proposto por Heimann, Otto e Shulz (1969). O ponto chave deste pensamento são os processos de aprendizagem dos estudantes e não a contribuição para a *Bildung*, como no caso da AD de Klafki. São consideradas variáveis instrucionais: as intenções de ensino, os tópicos da instrução, os métodos de ensino e a mídia usada para o ensino (DUIT *et al.*, 2012). É importante destacar que a interação entre estas variáveis instrucionais (primeira e segunda linhas do quadro 6) é influenciada significativamente pelas pré-condições intelectuais e comportamentais, bem como pelas socioculturais dos estudantes (terceira linha do quadro 6). Essas pré-condições permitem levantar as quatro questões fundamentais que moldam o processo de planejamento instrucional: Por quê – O quê – Como – Por qual (DUIT *et al.*, 2012).

Quadro 6 – A interação fundamental das variáveis instrucionais

INTENÇÕES (intenções e objetivos)	TÓPICOS DE INSTRUÇÃO (conteúdo)	MÉTODOS de instrução	MÍDIA usada na instrução
Por quê?	O quê?	Como?	Por qual?
 <p><b>Pré-condições intelectuais e comportamentos dos alunos</b> (exemplo: concepções pré-instrucionais, estado dos processos de pensamento geral, interesses e comportamentos)</p> <p><b>Pré-condições socioculturais dos alunos</b> (exemplo: normas da sociedade, influência da sociedade e da vida)</p>			

Fonte: adaptado de Duit e colaboradores (2012)

Com bases nestas considerações, foi possível perceber que a interação entre os componentes do MRE é influenciada por este pensamento da interação entre as variáveis instrucionais. Além do que foi posto, este segundo ponto da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* também favorece o entendimento de que o estudante é um sujeito socialmente situado. Este entendimento chega ao MRE não somente por esta via, mas também por meio das influências oriundas das bases construtivistas. Então, este segundo ponto da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* confere ao MRE tanto orientações pedagógicas, referindo-se ao planejamento dos ambientes de ensino e aprendizagem; como metodológicas, referindo-se à metodologia empregada para a sua implementação.

- (3) As ideias elementares de um conteúdo científico precisam ser identificadas<sup>9</sup> levando em consideração os objetivos de ensino e/ou aprendizagem e as perspectivas dos estudantes

Este é o pensamento chave do processo de *elementarização*, outra figura de pensamento essencial dentro da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* (DUIT *et al.*, 2012). Este processo de elementarização inclui três facetas importantes: (1) a procura das características elementares (ou estruturantes) de um determinado conteúdo guiada pelos objetivos de ensino e/ou aprendizagem; (2) o processo de redução da complexidade de um conteúdo específico da ciência, de forma que se torne acessível para os estudantes; e (3) o planejamento dos processos de ensino e aprendizagem dos estudantes, de forma a permiti-los compreender os conceitos da ciência (DUIT *et al.*, 2012).

Nas palavras de Duit e colaboradores (2012) “o processo de elementarização é, muitas vezes, uma tarefa delicada de encontrar um equilíbrio entre o ‘correto’, do ponto de vista da ciência, e o acessível para os estudantes” (p.5, tradução nossa). No cotidiano da sala de aula, esta tarefa deve ser realizada pelo professor, a partir de várias ferramentas que possam o ajudar. Defendemos, inclusive, que o próprio MRE pode auxiliar o professor nesta tarefa.

Assim, além de orientações sobre o planejamento de ambientes de ensino e aprendizagem, a tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* também traz considerações sobre o papel do professor no processo de ensino e aprendizagem. Uma dessas considerações, retomadas no MRE, vai no sentido de explicar que o trabalho profissional do professor não é limitado por um currículo imposto, ao contrário, o professor é visto como um criador ativo do currículo da sala de aula (VAN DIJK; KATTMANN, 2007), que deve ser ajustado a contextos situacionais para fazer sentido para o estudante e contribuir com os seus percursos de aprendizagem. Nesta abordagem, o professor precisa estar ciente que um grande espectro de objetivos, conteúdos, métodos e recursos devem ser aplicados no ensino para garantir um repertório amplo de experiências educacionais para os estudantes. Então, esta tradição contribui com aspectos pedagógicos e metodológicos para o quadro intermediário da reconstrução educacional.

---

<sup>9</sup> O termo *identificada* não deve ser entendido como se estivéssemos nos referindo a ideias que estão prontas e apenas precisam ser encontradas em alguma fonte. Na verdade, devemos construir essas ideias elementares com base no contexto educacional em análise.

Com estes três pontos de discussão da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* terminamos a apresentação sobre a contribuição desta grande teoria para o quadro intermediário do MRE, de maneira que agora faltaria apenas as discussões sobre as influências da PBD para este quadro. Mas se retomarmos a discussão do primeiro item deste capítulo, perceberemos que qualquer iniciativa nossa de abordarmos a PBD neste momento do texto, se tornaria repetitiva. Assim, resumidamente podemos dizer que a PBD contribuiu para o quadro intermediário do MRE com aspectos metodológicos associados às características e fases do processo de pesquisa. No quadro 7 abaixo, apresenta-se uma síntese do quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional.

Quadro 7 – Síntese do quadro intermediário da reconstrução educacional

SÍNTESE DO QUADRO INTERMEDIÁRIO CONSTRUTIVISTA DA RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL		
GRANDES TEORIAS	QUADRO INTERMEDIÁRIO	FERRAMENTA DIDÁTICA
<b>Bases construtivistas</b> Mudança conceitual	Reconstrução conceitual	1º Componente do MRE: análise da estrutura do conteúdo
<b>Tradição alemã de <i>Bildung</i> e <i>Didaktik</i></b> 1. Análise didática 2. Interação fundamental das variáveis instrucionais 3. Elementarização	1. Análise da importância educacional 2. Interação fundamental entre os componentes do modelo 3. Processo de clarificação do conteúdo	2º Componente do MRE: investigação sobre as perspectivas dos estudantes
<b>Pesquisa baseada em <i>Design</i></b> Características e fases da pesquisa	Características e fases do processo de pesquisa	3º Componente do MRE: <i>design</i> e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem
IDEIAS-CHAVES DO MODELO		
<p>O conhecimento íntimo das perspectivas dos estudantes sobre um dado conteúdo da ciência pode influenciar substancialmente na reconstrução adequada deste conteúdo para o ensino. Isso significa que a análise das perspectivas dos estudantes pode promover um conhecimento mais sofisticado, do ponto de vista educacional, do conteúdo da ciência;</p> <p>A estrutura do conteúdo científico é diferente da estrutura do conteúdo para o ensino;</p> <p>É necessário criar um equilíbrio, e uma interação, entre as questões relacionadas ao conteúdo científico e aquelas relacionadas às perspectivas dos estudantes, quando se pretende planejar ambientes de ensino e aprendizagem que auxiliem na compreensão e aprendizagem da ciência;</p> <p>O planejamento de um ambiente de ensino e aprendizagem não é prescrito apenas pelo conteúdo da ciência que se pretende ensinar, mas também com base nos objetivos de ensino e/ou aprendizagem e nas características dos estudantes.</p>		
VISÕES SOBRE...		
<b><i>O estudante</i></b> É um sujeito não apenas cognitivo, mas também afetivo e social, que constrói seu próprio conhecimento com base nas experiências com o fenômeno e na troca com o outro. Além disso, tem conhecimento sobre o que acontece ao seu redor e por isso é importante conhecer o que o estudante conhece sobre um determinado conteúdo.	<b><i>O professor</i></b> É um sujeito ativo, mediador, que tem autonomia profissional garantida, sem ser controlado por um currículo imposto. O professor é visto como um construtor do currículo de sala de aula, responsável por planejar um encontro frutífero entre os estudantes e o conteúdo científico.	
<b><i>O conhecimento científico</i></b>	<b><i>O mundo material</i></b>	

<p>É visto como construção humana, como conhecimento histórico e patrimônio cultural. Não existe uma estrutura do conhecimento “verdadeira” para uma área específica, mas um consenso de uma comunidade científica específica. O conhecimento é provisório e intersubjetivo, sendo a ciência vista como uma das formas de representar o mundo material, mas não a única.</p>	<p>O contexto no qual acontece o encontro entre os sujeitos e as experiências com os fenômenos e com outros sujeitos. No contexto do MRE, é o lugar onde o conhecimento de vida vai sendo adquirido e, também, o contexto situacional da sala de aula, onde as experiências de ensino e aprendizagem planejadas são implementadas.</p>
<p><b>O processo de aprendizagem</b> Os estudantes precisam reconstruir os seus próprios conceitos pré-instrucionais. Logo, eles desenvolvem suas estruturas mentais, formando novos conceitos em sua própria imaginação e experiência.</p>	
<p><b>CARACTERÍSTICAS DOS AMBIENTES DE ENSINO E APRENDIZAGEM PLANEJADOS A LUZ DO MRE</b></p>	
<p>Os conceitos científicos e as concepções dos estudantes devem assumir papel de igual importância no planejamento, na construção, no desenvolvimento e na avaliação da instrução; O estudante deve participar de forma ativa nas atividades propostas na instrução; O conteúdo científico deve ser entendido a partir de três dimensões – conceitual, procedimental e atitudinal; O professor deve ser mediador no processo de ensino e aprendizagem, estimulando as construções dos estudantes por meio das atividades propostas na intervenção; A intervenção deve promover diversos contextos de tratamento do fenômeno a ser estudado, para oportunizar a ampliação do repertório de experiência dos estudantes com o fenômeno; A avaliação deve envolver critérios cognitivos e afetivos relativos à aprendizagem dos estudantes.</p>	

Fonte: elaborado pela autora

Ao finalizar a apresentação do quadro intermediário do MRE, percebemos que este quadro intermediário incita discussões que contribuem para a revisão e reflexão da teoria da mudança conceitual, umas das suas grandes teorias. Com isso, reforçamos a ideia de que os quadros intermediários também têm o papel de retomar as discussões postas pelas grandes teorias e, quando necessário, propor novas interpretações e discussões. As grandes teorias alcançam uma nova qualidade no âmbito dos quadros intermediários, pois são revisadas e aprimoradas, e por isso seria um equívoco considerá-los apenas como um aglomerado de teorias parciais (KATTMANN, 2007).

Como pontua Duit e colaboradores (2012) não é a aproximação explícita do MRE com suas grandes teorias (bases construtivistas, tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* e PBD) que faz dele um modelo distinto; mas a ideia de que o conteúdo curricular de ciências deve ser reconstruído com base nos problemas educacionais, especificamente considerando os objetivos de ensino e as perspectivas dos estudantes. Desse modo, o processo de elementarização, que leva às principais ideias de uma certa área do conhecimento, e a construção adjacente do conteúdo curricular para o ensino indicam a contribuições especial do MRE (DUIT et al., 2012). A contribuição mais geral do MRE poder ser atribuída ao fornecimento de uma estrutura de componentes relevantes para a pesquisa e o desenvolvimento da Educação em Ciências que, assim, molda suas relações trilaterais (DUIT et al., 2012).

Por fim, gostaríamos de destacar que o MRE tem orientado vários estudos cujo objetivo é olhar determinados conceitos científicos de um ponto de vista educacional. Dentre os conceitos já estudados pelos moldes do MRE, podemos citar: célula (NEVES, 2015), divisão celular (RIEMEIER; GROPENGIEBER, 2008), sistemas não-linear (REINFRIED *et al.*, 2015), compostos de coordenação (SAM *et al.*, 2015), mudança climática (NIEBERT; GROPENGIESSER, 2013), geleiras (FELZMANN, 2014), efeito estufa (NIEBERT; GROPENGIEBER, 2014), ecologia (SANDER; JELEMENSKÁ; KATTMANN, 2006), relatividade geral (KERSTING *et al.*, 2018), dentre outros. No nosso caso, optamos por estudar o conceito de biodiversidade, pois acreditamos que este conteúdo da ciência, pode, de um ponto de vista educacional, alcançar uma nova qualidade no âmbito do MRE.

Seguindo a estrutura deste texto, nos dedicaremos no próximo item à apresentação do percurso metodológico que permitiu o desenvolvimento deste estudo e, conseqüentemente, o cumprimento dos objetivos nele propostos.



## CAPÍTULO 2. PROPOSTA METODOLÓGICA

---

Neste capítulo será apresentado o percurso metodológico escolhido para alcançar os objetivos de pesquisa e implementar a metodologia sugerida pelo Modelo de Reconstrução Educacional. Muitas decisões tomadas para compor este percurso metodológico foram provenientes das discussões apresentadas no primeiro capítulo, que não serão retomadas, mas citadas, para que o texto não se torne redundante. Logo, as seções que integraram este capítulo visam caracterizar, de forma geral, a investigação pretendida e apresentar detalhadamente quais as suas etapas, explicitando quais foram as fontes de dados, os métodos e formas de análise que compuseram cada etapa metodológica.

### 2.1. Caracterização geral da pesquisa

A metodologia utilizada neste estudo se enquadrou nas abordagens qualitativas de pesquisa, que, segundo Bogdan e Biklen (1982), envolvem a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada e enfatizam mais o processo do que o produto, preocupando-se em retratar a perspectiva dos participantes. Este tipo de abordagem qualitativa foi concretizado neste trabalho, por meio da utilização do MRE para o *design* de uma SD sobre biodiversidade, na qual este conceito seja abordado em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas. Logo, a pesquisa desenvolvida nesta tese procurou assumir as características da PBD, mencionadas no capítulo anterior.

Como o objetivo desta pesquisa envolveu utilizar o MRE para compreender como este modelo subsidia teórica e metodologicamente o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem, foi necessário escolher um tema que pudesse ser o foco da SD que construímos. O tema escolhido foi biodiversidade. A problemática que nos levou a esta escolha foi identificada no âmbito de minha prática docente no ensino superior, quando tive a oportunidade de ministrar no curso de licenciatura em Ciências da Natureza da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) duas disciplinas nas quais o conceito de BD era foco o central. Foi percebido nesta oportunidade que os livros de Biologia, que eram tomados como referência para o estudo de BD nas disciplinas, tratavam deste conceito de forma descontextualizada e em uma perspectiva puramente biológica, deixando a

abordagem sociocultural da BD à margem das discussões que incitavam. Este modo de perceber o conceito de BD, através de uma abordagem puramente biológica, também foi encontrado nas concepções dos estudantes, e, em certa medida, na nossa. Isto se configurou como um problema para o ensino e aprendizagem do conceito de BD naquele ambiente de ensino e aprendizagem.

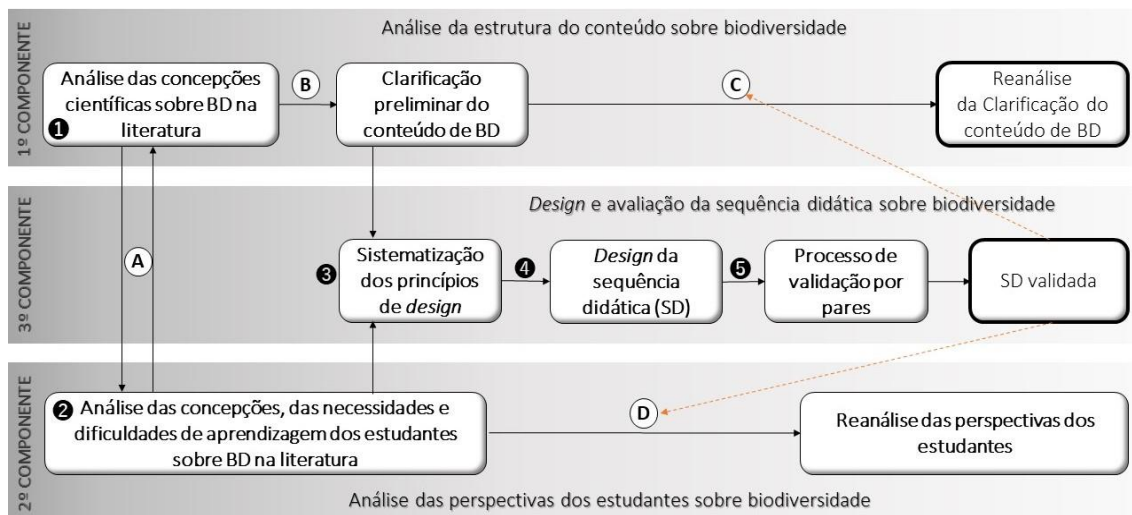
Esta problemática identificada na minha experiência docente também foi reconhecida em vários estudos da área de ensino de Ciências que se dedicaram a investigar o conceito de biodiversidade nos livros didáticos (CARDOSO-SILVA; OLIVEIRA, 2013; MIANI, 2013), nas concepções dos estudantes (LAMIM-GUEDES; SOARES, 2007; ONÓRIO; OLIVEIRA; KAWASAKI, 2013a) e também nas dos professores (CASTRO; MOTOKANE; KATO, 2014; CAZAROTTI; MOTOKANE, 2013). Por esta razão, a BD nos pareceu ser um tema pertinente para o exercício de *design* de uma SD, guiado pelo referencial teórico e metodológico do MRE.

Todavia, a simples menção acerca da nossa intenção de propor uma SD merece um esclarecimento importante, já que existem várias concepções de SD na literatura (MOTOKANE, 2015). Com isso, utilizamos neste estudo uma concepção mais geral de SD, na qual elas são entendidas como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p.18).

Escolhemos as SD como ambientes de ensino e aprendizagem porque elas são unidades de análise da prática educativa, que permitem incluir as três fases de toda intervenção reflexiva: planejamento, aplicação e avaliação (ZABALA, 1998). Embora não tenha sido foco deste trabalho a implementação efetiva da SD em sala de aula, ainda assim ela passou por um processo de validação por pares que oportunizou sua análise e sinalizou possíveis pontos de aprimoramento.

Em suma, o delineamento metodológico utilizado nesta tese se respalda nos aportes teórico e metodológicos do MRE. Conseqüentemente, a definição, organização e estruturação das etapas desta pesquisa foram pensadas com base nos três componentes estruturantes do MRE. Mais que isso, foram pensadas para garantir a interação necessária entre estes componentes. A figura 6, a seguir, sistematiza o percurso metodológico que foi realizado neste trabalho.

Figura 6 – Sistematização do percurso metodológico desta tese.



Fonte: elaborado pela autora

Como é possível observar, a pesquisa teve início com a análise das concepções científicas sobre BD (1), posteriormente esta mesma análise foi feita, mas com o foco nas concepções dos estudantes (2). Em seguida, estas duas concepções foram confrontadas, no sentido de identificar as potencialidades pedagógicas do diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre BD (A). Depois, com o auxílio das etapas anteriores, foi possível sugerir um conjunto de características teóricas e metodológicas referentes ao conceito de BD, que podem auxiliar no planejamento da SD (B). Com o desenvolvimento destas etapas, foi finalizada a primeira fase desta pesquisa, chamada de clarificação preliminar do conteúdo de biodiversidade.

A fase seguinte trata do *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem sobre biodiversidade, sendo composta pelas etapas subsequentes. Desse modo, a partir dos resultados da fase anterior foram sistematizados os princípios de *design* (3), que guiaram o planejamento da SD (4). Após o seu planejamento, a SD foi submetida a um processo de validação por pares (5). Os resultados deste processo permitiram repensar a clarificação do conteúdo de BD feita na primeira fase da pesquisa (C), bem como repensar as perspectivas dos estudantes sobre BD (D). Ao final deste percurso, foi possível refletir sobre como o MRE subsidia teórica e metodologicamente o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem, utilizando seus pressupostos para o *design* de uma SD sobre biodiversidade, que visa abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas. A seguir serão descritas, detalhadamente, todas as etapas desta pesquisa.

## 2.2. Clarificação preliminar do conteúdo de biodiversidade

A clarificação preliminar do conteúdo envolveu um conjunto de passos metodológicos destinados a orientar o estabelecimento dos princípios de *design* que guiaram o planejamento da SD sobre biodiversidade. Assim sendo, esta fase foi composta pela análise das concepções científicas sobre BD (etapa 1) e pela análise das concepções dos estudantes sobre BD (etapa 2). A partir do desenvolvimento destas etapas foram identificadas as potencialidades pedagógicas do diálogo estabelecido entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre BD e sugeridas um conjunto de características teóricas e metodológicas do conceito de BD identificadas na clarificação preliminar do conteúdo. Este percurso será descrito a seguir.

### 2.2.1. Concepções científicas sobre biodiversidade

A primeira etapa desenvolvida neste estudo foi a análise das concepções científicas sobre o conceito de BD. Para tal, foram utilizadas fontes atuais e fontes históricas (GRUSCHE, 2017). As fontes atuais foram os artigos científicos que tinham o objetivo explícito de trabalhar com o conceito de BD na pesquisa em ensino de ciências (Apêndice 1). Nestes artigos, procuramos as concepções científicas do conceito de BD utilizadas pelos pesquisadores para fundamentar suas investigações sobre este conceito na área de ensino. As fontes históricas foram alguns livros acadêmicos e um texto oficial que se mostraram importantes para o entendimento do conceito estudado neste trabalho (Apêndice 1), pois foram bastante utilizados como referência para a pesquisa na área de ensino de BD.

A busca pelos artigos científicos foi feita nos seguintes portais de busca: periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e Google Acadêmico. Ela foi conduzida pela utilização dos seguintes filtros: (1) a palavra-chave “ensino de biodiversidade”; (2) artigos científicos; e (3) o intervalo de dez anos (2007-2017) de pesquisa. Escolhemos este intervalo de tempo por entendermos que as pesquisas sobre o ensino de BD desenvolvidas nos últimos dez anos poderiam nos oferecer um panorama conceitual próximo da realidade das concepções científicas sobre BD utilizadas na pesquisa em ensino. Além disso, a delimitação deste intervalo de tempo serviu para restringir a quantidade de estudos a serem analisados nesta tese, de maneira

que o trabalho analítico pretendido se tornou adequado ao contexto de desenvolvimento desta pesquisa.

Então, com os resultados dos filtros mencionados anteriormente, examinamos todos os artigos disponibilizados no primeiro portal e todas as páginas nas quais foram sugeridos alguns artigos a serem selecionados, no segundo portal. Neste último, a pesquisa por artigos científicos foi feita nas 15 primeiras páginas, já que na página 16 não nos foi sugerido nenhum artigo que cumprisse com os filtros mencionados anteriormente. É importante evidenciar que o objetivo desta pesquisa bibliográfica não é fazer um estado da arte sobre o tema biodiversidade na pesquisa em ensino, de modo que não tínhamos a intenção de identificar todos os artigos publicados sobre este tema no intervalo de tempo escolhido; mas analisar as concepções sobre BD nos artigos selecionados, em busca da definição de um panorama conceitual deste conteúdo.

Para a seleção dos artigos científicos foram utilizados os seguintes critérios: (1) abordagem explícita do conceito de biodiversidade e não de conceitos afins como ecossistemas, educação ambiental, taxonomia, botânica, dentre outros (MARÍN, 2017); (2) trabalho em que fossem investigadas as concepções sobre o conceito de BD em algum nível de ensino, seja as concepções dos professores, dos estudantes ou aquelas investigadas nos livros didáticos. A seleção dos livros acadêmicos e do texto oficial foi feita com base na seção “referências” dos artigos selecionados. Assim foram escolhidos, para análise mais detalhada, os livros acadêmicos e o texto oficial mais citados entre os pesquisadores que investigam sobre o conceito de BD em uma perspectiva educacional. Com isso, esta etapa teve como fonte de dados 24 artigos, 5 livros e 1 texto oficial, ou seja, 30 documentos, cujas referências podem ser encontradas no Apêndice 1.

Os 30 documentos selecionados para compor esta primeira etapa foram analisados com base nas orientações e questionamentos decorrentes da Análise da Importância Educacional proposta no MRE (DUIT *et al.*, 2012). Para isso, foram consideradas três categorias de análise: (1) as ideias elementares que circundam o conceito de BD; (2) aspectos de história e filosofia da ciência; (3) principais termos científicos envolvidos na apresentação do conceito de BD. Nos artigos científicos essas categorias foram analisadas a partir da leitura completa do documento. Nos livros acadêmicos esta análise aconteceu por meio da leitura completa do capítulo dedicado à apresentação do conceito de BD. No texto oficial foi considerada a parte que trata do conceito de BD.

Com base nos critérios mencionados, uma grade de análise foi elaborada neste trabalho, de forma a auxiliar a análise das concepções científicas sobre o conceito de BD presentes nos documentos analisados. Esta grade visou direcionar metodologicamente o olhar da pesquisadora (ver quadro 8). Por fim, é importante destacar que o trabalho com cada categoria de análise foi feito em uma perspectiva educacional, ou seja, levando em consideração aspectos científicos e pedagógicos do conceito de biodiversidade.

Quadro 8 – Grade de análise elaborada para guiar metodologicamente a análise das concepções científicas sobre biodiversidade

<b>GRADE DE ANÁLISE PARA ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS</b>		
<b>IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO: ARTIGO ( ) LIVRO ( ) DOCUMENTO OFICIAL ( )</b>		
<b>OBJETIVO GERAL DO TRABALHO/TÍTULO DO LIVRO:</b>		
<b>ITENS ANALISADOS</b>	<b>QUESTÕES ORIENTADORAS</b>	<b>DADOS ENCONTRADOS NO DOCUMENTO</b>
AS IDEIAS ELEMENTARES QUE CIRCUNDAM O TEMA/CONCEITO	Quais os principais conteúdos conceituais associados ao conceito?	
	Que conteúdos procedimentais ou atitudinais podem ser associados ao conceito?	
	Quais os contextos de explicação do conceito?	
	Que questões éticas e/ou sociais estão associadas ao conceito?	
	Quais os principais campos de atuação deste conceito?	
ASPECTOS DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA	Qual o contexto de surgimento do conceito na ciência?	
	Que modificações ocorrem na interpretação científica do conceito ao longo do tempo?	
	Qual a principal forma de apresentação do conceito atualmente?	
PRINCIPAIS TERMOS CIENTÍFICOS	Que termos científicos estão sendo utilizados para apresentar o conceito?	
	Existem termos científicos que podem causar dificuldades na aprendizagem dos estudantes? Quais?	
	Existem termos científicos que podem facilitar a aprendizagem dos estudantes? Quais?	

Fonte: elaborado pela autora

Assim, com esta primeira etapa, foi possível esclarecer, mesmo que de forma ainda preliminar, as principais ideias científicas sobre o conceito de BD. Depois do processo de validação da SD desenhada, estas ideias foram colocadas em foco novamente, para que pontos de aprimoramentos pudessem ser identificados.

### 2.2.2. Análise das concepções dos estudantes sobre biodiversidade

A segunda etapa deste estudo se dedicou à análise das concepções dos estudantes sobre BD. Esta análise teve como fonte de dados os artigos científicos selecionados na etapa anterior. No entanto, para esta etapa foram considerados apenas os artigos que investigaram de forma explícita as concepções dos estudantes sobre BD. Com efeito, com mais este critério, esta etapa teve como fonte de dados 16 artigos que realizaram estudos empíricos para investigar as concepções dos estudantes sobre BD.

Considerando o público-alvo destes artigos, verificamos que foram investigadas as concepções de 1851 estudantes. Este número representa o público de 14 dos 16 artigos analisados nesta etapa da pesquisa, já que dois deles (D3 e D21) não informaram a quantidade de estudantes que participaram da investigação. Além disso, estes artigos tiveram como contexto de pesquisa tanto instituições públicas como privadas, sendo boa parte delas do Brasil e outras da Argentina. As pesquisas descritas nos artigos desenvolveram estudos que contemplaram os três níveis de ensino: fundamental, médio e superior. Nestes níveis, a investigação das concepções de BD dos estudantes se deu de várias maneiras: com o uso de questionários, entrevistas, produção de textos escritos e falados, dentre outras. Desse modo, os artigos selecionados nos ajudaram a entender as concepções dos estudantes sobre BD, a partir de diversos sujeitos e contextos de ensino e pesquisa. Isso foi importante para este estudo, pois nos forneceu um repertório amplo e diversificado das concepções dos estudantes sobre BD.

Os 16 artigos selecionados para esta etapa foram analisados a partir de duas perspectivas de análise: a Análise de Conteúdo (AC) de Bardin (2011) e a Análise da Importância Educacional (AIE) de Duit e colaboradores (2012). A primeira análise utilizada foi a Análise de Conteúdo de Bardin (2011). Esta análise foi dividida em três momentos: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos dados e interpretação (BARDIN, 2011). Na pré-análise foi definido o objetivo que guiou a análise dos artigos: entender quais as concepções dos estudantes sobre BD a partir de estudos empíricos publicados na forma de artigos científicos na área de ensino. Neste primeiro momento da AC também foi realizada a leitura flutuante dos artigos, visando identificar e formular categorias que auxiliassem na interpretação deles. Esta leitura foi direcionada para a seção “resultados e discussão” dos artigos analisados, pois era a seção responsável por apresentar as concepções dos estudantes provenientes da pesquisa empírica. Após a

leitura flutuante e exaustiva dos artigos, foram identificadas categorias, subcategorias primárias, secundárias e terciárias (quadro 9).

Quadro 9 – Articulação entre os objetivos, categorias e subcategorias da Análise de Conteúdo. Em parênteses os códigos associados a cada categoria/subcategoria

OBJETIVO	CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS PRIMÁRIAS	SUBCATEGORIAS SECUNDÁRIAS	SUBCATEGORIAS TERCIÁRIAS
Entender quais as concepções dos estudantes sobre BD a partir de estudos empíricos publicados na forma de artigos científicos na área de ensino.	Qualidade do conhecimento sobre BD (QC)	Sofisticado	-	-
		Pouco Sofisticado (PS)	-	-
	Contextos de discussão do conceito de BD (CD)	Contexto Biológico (CB)	Diversidade Genética (DG)	(01) Diferença morfológica como indicador de diversidade dentro da espécie
				(02) Dificuldade de reconhecer a BD dentro das espécies.
			Diversidade de espécies (DE)	(01) O termo BD utilizado como sinônimo de DE
				(02) Diversidade de espécies representada pela diversidade de animais e plantas
				(03) Número como único atributo do componente espécies.
				(04) Dificuldade em definir o que é uma espécie
		Diversidade de ecossistemas (DEc)	(01) Interações entre as espécies como indicador de BD	
			(02) DEc como sinônimo de BD	
Contexto Sociocultural (CS)	(03) BD associada a elementos da natureza			
	(04) Dificuldade de analisar a BD por meio do atributo função no nível ecossistêmico			
		(01) Os benefícios e recursos da BD são entendidos em uma perspectiva antropocêntrica	-	
		(02) Os benefícios e recursos da BD ligados a aspectos ecológicos	-	



			(03) Reconhecem a existência de estudos científicos ligados à BD	-
			(04) Reconhecem a redução da BD	-
			(05) Reconhecem aspectos éticos ligados à BD	-

Fonte: elaborado pela autora

O segundo momento da AC foi dedicado à exploração do material em análise, neste momento o objetivo foi fazer os recortes das unidades de registro e das unidades de contexto, bem como seus agrupamentos nas categorias/subcategorias. A codificação destas também foi feita neste momento da AC; para tanto, utilizamos as iniciais das palavras de cada categoria/subcategoria: para identificar os artigos onde os recortes podem ser encontrados, utilizamos a letra “D” referente à palavra documento e um número, indicando a que documento pertence o recorte. Por fim, o terceiro momento da AC foi dedicado às sínteses (elaboração de quadros), à seleção dos resultados e à realização de inferências e interpretações, que foram expostas no terceiro capítulo.

Além da AC, o entendimento sobre as perspectivas dos estudantes acerca da BD contou ainda com os resultados da etapa anterior e com a Análise da Importância Educacional proposta no MRE (DUI *et al.*, 2012). Para esta última análise foram considerados os seguintes critérios: (1) concepções dos estudantes sobre BD; (2) contradições ou correspondências entre as ideias científicas e as dos estudantes sobre BD; (3) necessidades, interesses e/ou dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre BD. Esta análise também foi feita com base na leitura da seção “resultados e discussão” dos artigos selecionados, pelos mesmos motivos apresentados anteriormente.

É importante destacar ainda que a AC nos permitiu olhar basicamente para as concepções dos estudantes sobre BD, mas a AIE nos permitiu olhar para essas concepções de um ponto de vista educacional, identificando as necessidades, as dificuldades e interesses de aprendizagem dos estudantes, estabelecendo um diálogo entre suas concepções e as científicas. Assim, com a Análise da Importância Educacional, foi possível estabelecer interações entre a primeira e a segunda etapas desta pesquisa, como pode ser visto na letra A do percurso metodológico deste estudo, mostrado na figura 6.

Por fim, com base nos resultados e interações da primeira e da segunda etapa, foi possível identificar características teóricas e metodológicas referentes ao conceito de BD

que podem auxiliar no planejamento da SD sobre biodiversidade (momento representado pela letra B da figura 6). Assim a primeira fase desta pesquisa sinalizou alguns dos caminhos pertinentes para o planejamento de ambientes de ensino e aprendizagem sobre BD em uma abordagem integral e polissêmica.

### **2.3. Design e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem sobre biodiversidade**

A segunda fase desta pesquisa foi dedicada ao desenvolvimento da SD sobre biodiversidade, construída a fim de que este conceito possa ser abordado em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas. Esta fase foi composta pelas três últimas etapas ilustradas na figura 6, ou seja, as etapas 3, 4 e 5, e seu desenvolvimento dependeu sistematicamente dos resultados da fase de clarificação preliminar do conteúdo. Com esses resultados, os passos seguintes foram: a sistematização dos princípios de *design*, o *design* da SD e a sua validação por pares. Ao final desta fase, a SD estava validada e foi possível refletir, de forma mais aprofundada, sobre a clarificação preliminar do conteúdo e as perspectivas dos estudantes. Dito isto, mostraremos nos itens a seguir como esta fase foi desenvolvida.

#### **2.3.1. Sistematização dos princípios de *design***

Os princípios de *design* que foram formulados para orientar a construção da SD sobre biodiversidade foram decorrentes dos resultados da clarificação preliminar do conteúdo, que identificou orientações teóricas e metodológicas para ensino de BD em uma perspectiva integral e polissêmica, bem como as potencialidades pedagógicas do diálogo estabelecido entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre BD. Nossa proposta para sistematização desses princípios foi uma articulação entre a proposta apresentada por Sarmento (2016) e o entendimento sobre a interação fundamental das variáveis instrucionais, uma das referências utilizadas no MRE.

Em sua tese, Sarmento (2016) apresenta a sistematização de princípios de *design* proposta pelo GCPEC (Grupo Colaborativo de Pesquisa em Ensino de Ciências/UEFS). Esta sistematização tem a seguinte formulação:

Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, é aconselhável:


- Adotar a característica A, para o propósito/função  $y_1$ , realizando o procedimento K, em razão do argumento P.
- Adotar a característica B, para o propósito/função  $y_2$ , realizando o procedimento L, em razão do argumento Q.
- Adotar a característica C, para o propósito/função  $y_3$ , realizando o procedimento M, em razão do argumento R. (...). (SARMENTO, 2016, p.41).

Esta formulação foi adaptada de Van de Akker, que propôs que:

Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, então é aconselhável prover esta intervenção das características A, B e C [ênfase substantiva], e fazer isso por meio dos procedimentos K, L e M [ênfase procedimental], em razão dos argumentos P, Q e R. (VAN DE AKKER, 1999, p.9).

Assim, com base nessas formulações, percebemos que a estrutura de um princípio de *design* é composta por quatro elementos: uma característica (C), uma finalidade (F), um procedimento (P), justificativas (J). Percebendo isso, articulamos esta estrutura dos princípios com as quatro questões fundamentais que moldam o processo de *design* de um ambiente de ensino e aprendizagem nos moldes do MRE: o quê – por quê – como – por qual (Duit *et al.*, 2012). Para tal, mais uma pergunta foi adicionada (por qual razão?), para que a estrutura dos princípios de *design* fosse garantida. Nossa proposta de sistematização dos princípios de *design* pode ser visualizada no quadro 10, apresentado a seguir.

Quadro 10 – Proposta desta pesquisa para a sistematização dos princípios de *design*

SISTEMATIZAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN ARTICULADA COM OS REFERENCIAIS DO MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAIS				
<p><b>Pré-condições intelectuais e comportamentos dos alunos</b> (exemplo: concepções pré-instrucionais, estado dos processos de pensamento geral, interesses e comportamentos)</p> <p><b>Pré-condições socioculturais dos alunos</b> (exemplo: normas da sociedade, influência da sociedade e da vida)</p> 				
TÓPICOS DE INSTRUÇÃO (conteúdo)	INTENÇÕES (objetivos de ensino e/ou aprendizagem)	MÉTODOS de instrução	MÍDIA usada na instrução	RAZÃO do argumento
O quê?	Por quê?	Como?	Por qual?	Por qual razão?
CARACTERÍSTICA (C)	FINALIDADE (F)	PROCEDIMENTOS (P)		JUSTIFICATIVA (J)
Ex. Com um enfoque sobre o desenvolvimento histórico dos modelos de membrana plasmática,	Ex. para contextualizar o ensino e promover aprendizagem de modelos explicativos sobre estrutura e função da membrana,	Ex. fazendo isso por meio de aulas expositivas dialogadas e leitura e discussões de textos que apresentam uma reconstrução histórica dos modelos de membrana plasmática.		Ex. Escolhemos a abordagem contextual, orientada por HFC, para o ensino de membrana plasmática, uma vez que a mesma apresenta uma

			ciência humanizada...
<p>Exemplo completo retirado de Sarmiento (2016, p.42): Com um enfoque sobre o desenvolvimento histórico dos modelos de membrana plasmática, para contextualizar o ensino e promover aprendizagem de modelos explicativos sobre estrutura e função de membrana, fazendo isso por meio de aulas expositivas dialogadas e leituras e discussões de textos que apresentam uma reconstrução histórica dos modelos de membrana plasmática. Escolhemos a abordagem contextual, orientada por HFC, para o ensino de membrana plasmática, uma vez que a mesma apresenta uma ciência mais humanizada, com um grande potencial de subsidiar aulas mais reflexivas, pois apresentam os conceitos científicos contextualizados com relação ao seu processo de construção, ancorados nos contextos sociais e culturais nos quais foram produzidos e levando em conta as possibilidades e os limites da ciência (MATTHEWS, 2014; DRIVER <i>et al.</i>, 1996, ELHANI, TAVARES; ROCHA, 2004, LEDERMAN, 2007, MARTINS, 2006; TEIXEIRA, FREIRE JR.; EL-HANI, 2009; PRESTES; CALDEIRA, 2009 entre outros). O foco sobre a membrana plasmática é explicado pelo fato de que trabalhos publicados e nossa experiência docente evidenciam dificuldade de compreensão dos estudantes sobre a relação entre estrutura e função de membrana (GARCIA BARRUTIA <i>et al.</i>, 2002; GARCIA IRLES <i>et al.</i>, 2013).</p>			

Fonte: elaborado pela autora

Legenda: HFC = História e Filosofia da Ciência

A partir do exposto e diante dos resultados das etapas anteriores (etapa 1 e 2), tornaram-se claras a característica e as finalidades que poderiam compor cada um dos princípios de *design* formulados, bem como as justificativas referentes a elas, como aquelas sobre a abordagem integral e polissêmica do conceito de BD e sobre o uso das Questões Sociocientíficas (QSC). Entende-se por QSC, neste contexto:

(...) problemas ou situações controversas e complexos, que podem ser transpostos para a educação científica, por permitir uma abordagem contextualizada de conteúdos interdisciplinares ou multidisciplinares, sendo os conhecimentos científicos fundamentais para a compreensão e a busca de soluções para estes problemas (CONRADO; NUNES-NETO, 2018, p15).

Sobre o uso de QSC é importante evidenciar que no âmbito desta pesquisa este referencial é utilizado como uma metodologia de ensino e não como um aporte teórico e metodológico para a investigação pretendida, este que, para efeito deste estudo, continua sendo o MRE. Desse modo, o principal pressuposto que guiou a escolha por esta metodologia de ensino pautada na utilização de QSC foi o de que a compreensão sobre o conceito de biodiversidade é contexto-dependente (MOTOKANE, 2005; ONÓRIO; OLIVEIRA; KAWASAKI, 2013). Assim, devem ser oferecidas aos estudantes diferentes maneiras de pensar o conceito de biodiversidade, tanto no contexto científico como sociocultural. Entendemos que as QCS auxiliam nesse processo, pois permitem aproximações com as características do conteúdo, possibilitando que a mesma situação seja analisada a partir de diferentes dimensões (CONRADO; NUNES-NETO, 2018; HODSON, 2018).

Além disso, foram identificadas algumas características das QSC que estão sintonizadas com o que defende o MRE: (1) elas não se restringem aos conteúdos conceituais, considerando também os conteúdos procedimentais e atitudinais; (2) valorizam o conhecimento trazido pelos estudantes; (3) não entendem a ciência como um conhecimento absoluto, mas como uma prática social, como uma atividade cultural, uma construção humana; (4) consideram aspectos afetivos dos estudantes no processo ensino e aprendizagem, como por exemplo a motivação; (5) promovem ambientes para construções coletivas e individuais dos estudantes, buscando enriquecer suas perspectivas; (6) consideram importante reflexões sobre a natureza da ciência. Observar estas aproximações foi, de certo modo, decisivo para a escolha das QSC como metodologia de ensino. A seguir descreveremos como se deu o *design* da SD sobre biodiversidade.

### 2.3.2. *Design* da sequência didática sobre biodiversidade

De modo geral, o *design* da SD sobre biodiversidade foi apoiado pelo quadro construtivista da reconstrução educacional, pelas orientações educacionais, pelas potencialidades pedagógicas, pelos princípios de *design* e por alguns aspectos característicos das QSC, estes últimos conforme abordagem trazida por Conrado e Nunes-Neto (2018).

O quadro construtivista da reconstrução educacional contribuiu elucidando os papéis que o conteúdo científico, os estudantes, os professores e o mundo material deveriam ter no âmbito da SD sobre biodiversidade. As orientações educacionais contribuíram evidenciando o que era essencial relativo ao conteúdo e às metodologias do ensino de biodiversidade. Estas contribuições foram aprofundadas por meio do conhecimento sobre as potencialidades pedagógicas identificadas no diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre BD. Com base nestes aspectos, foram sistematizados os princípios de *design* que guiaram o planejamento da SD sobre biodiversidade. Neste contexto, estes princípios devem ser entendidos como objetivos gerais do processo de ensino e aprendizagem proposto na SD construída. Os objetivos específicos deste mesmo processo foram divididos em objetivos conceituais, objetivos procedimentais e objetivos atitudinais. A organização dos objetivos deste modo foi influenciada pelo referencial das QSC (CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Além disso, o *design* da SD sobre biodiversidade envolveu a construção do caso da QSC, no qual foi apresentado o problema a ser resolvido ao longo da SD; e das questões norteadoras, que articuladas ao caso orientam a resolução do problema. Depois disto, foram desenhados os encontros da SD sobre biodiversidade e a avaliação do processo de ensino e aprendizagem proposto. Cada encontro/aula foi desenhado a partir de questões norteadoras associadas aos objetivos de aprendizagem e de ações didáticas que explicitavam os tópicos, os métodos, as mídias e os papéis dos professores e dos estudantes. Com isso, foram desenhados sete encontros para compor a SD sobre biodiversidade. A avaliação do processo de ensino e aprendizagem proposto sugeriu a análise de aspectos da aprendizagem cognitiva e afetivas dos estudantes. A apresentação destes encontros e dos demais elementos da SD sobre biodiversidade – objetivos de aprendizagem, caso, questões norteadoras e avaliação – serão apresentados detalhadamente no capítulo 3, pois a SD como um todo é considerada como resultado desta pesquisa.

### 2.3.3. Processo de validação da sequência didática sobre biodiversidade

Depois de construída, a SD sobre biodiversidade foi submetida a um processo de validação. Por validação entende-se “o processo pelo qual é analisada a viabilidade de determinado procedimento ou instrumento de pesquisa em atender às propostas expostas pelo objeto de estudo a que esteja vinculado.” (PAIVA et. al., 2017). No contexto deste trabalho, a validação da SD sobre biodiversidade estava intimamente relacionada ao potencial de alcance dos objetivos de ensino e/ou aprendizagem aos quais esta SD se propôs. Com isso, o processo de validação ganhou um viés qualitativo que:

(...) demanda preocupações com as metodologias, abordagens e referenciais teóricos utilizados para o desenvolvimento da proposta, de modo a garantir que a intervenção possua características para alcançar os objetivos de ensino e/ou de aprendizagem esperados com a sua aplicação (PAIVA et.al., 2017, p.2).

O processo de validação, portanto, permite identificar evidências que capacite o pesquisador a inferir quais os pontos fortes de uma intervenção; bem como suas fragilidades e necessidades de aprimoramento, considerando, para tal, os seus objetivos de ensino e/ou aprendizagem.

Existem várias formas de conduzir o processo de validação acima mencionado; no nosso caso, foi escolhida uma metodologia que apoiasse a superação de uma das

dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento deste estudo, que foi fazer o *design* da SD sobre biodiversidade a partir de um trabalho colaborativo, que envolvesse docentes do ensino superior e pesquisadores do ensino de Biologia. Como não foi possível realizar este trabalho de modo presencial, com encontros sistemáticos com professores e/ou pesquisadores do ensino de Biologia, optamos por uma *validação por pares* (PAIVA et. al., 2017). Nesta, os professores e/ou pesquisadores envolvidos foram convidados a avaliar a SD depois de construída, mas antes de ser implementada no contexto situacional da sala de aula, ou seja, antecedendo a fase de prototipagem de uma PBD (ver capítulo 1).

A validação por pares teve por objetivo analisar se a SD sobre biodiversidade tem potencial para atingir os objetivos previamente estabelecidos. Desse modo, os professores e/ou pesquisadores que participaram deste processo de validação foram convidados a utilizar as experiências profissionais que possuíam, para avaliar a potencialidade da SD proposta. Os convites, contendo o instrumento avaliativo e a descrição completa da SD, foram enviados aos professores e/ou pesquisadores a partir de listas de e-mails, sendo reforçados de modo individual e/ou por meio das redes sociais. Os seguintes critérios foram considerados para selecionar os professores e/ou pesquisadores: (1) ser professor da licenciatura em Ciências Biológicas e/ou pesquisador do ensino de ciências/Biologia; (2) possuir experiência mínima de 3 anos com o ensino de Biologia no nível superior e/ou com a pesquisa em ensino de Ciências/Biologia. Estes critérios guiaram a escolha de atores que estão envolvidos com o contexto que estava sendo estudado.

Com base nos critérios anteriores foram enviados convites para 70 avaliadores em potencial, estes convites continham o prazo máximo (um mês) para a devolução da avaliação, de modo que foram consideradas somente as avaliações que foram enviadas dentro do prazo estabelecido. Com isso, fizeram parte da validação por pares 24 avaliadores/avaliadoras. Um perfil mais detalhado destes/destas avaliadores/avaliadoras será apresentado no capítulo 3.

Antes de ser disponibilizado para ser respondido, o instrumento avaliativo da SD (Apêndice 2) foi discutido junto com a orientadora, passando pelos ajustes consensuados. No final, o instrumento avaliativo teve a seguinte organização estrutural: 1) um parágrafo com a apresentação resumida dos objetivos de pesquisa e com sua perspectiva teórica-metodológica; 2) um parágrafo tratando da importância do processo de validação e dos critérios para seleção dos/das avaliadores/avaliadoras; 3) um parágrafo com o convite; 4)

um parágrafo com apresentação dos blocos avaliativos do instrumento e com orientações para utilizá-lo; 5) três quadros, um para cada bloco avaliativo, com os itens para serem avaliados e os espaços para as avaliações; 6) um campo para o perfil dos avaliadores. É importante destacar que cada quadro do item 5, citado anteriormente, foi antecedido por um parágrafo com instruções para os avaliadores.

No primeiro bloco avaliativo foram submetidas à avaliação as relações entre os princípios de *design* e os objetivos de aprendizagem conceituais, procedimentais e atitudinais. Neste bloco os avaliadores analisaram a adequação dos objetivos aos princípios de *design*. Para tal, foi construído um quadro contendo os itens a serem avaliados – objetivos conceituais, objetivos procedimentais e objetivos atitudinais – e três tipos de campos para respostas: 1) um em que se avaliou se os objetivos estavam totalmente adequados, parcialmente adequados ou inadequados; 2) outro no qual foi possível justificar as respostas anteriores; 3) e um último que foi reservado para quaisquer comentários sobre os objetivos de aprendizagem da SD.

No segundo bloco avaliativo foram submetidas à avaliação a adequação dos encontros, das ações didáticas e dos objetivos de aprendizagem. Para tal, foi construído um quadro contendo os objetivos de aprendizagem, as ações didáticas de cada encontro e dois tipos de campos para respostas: 1) um em que se avaliou se as ações didáticas estavam totalmente adequadas, parcialmente adequadas ou inadequadas; 2) e outro no qual foi possível justificar as respostas anteriores.

O terceiro, e último, bloco avaliativo sugeriu a avaliação de aspectos gerais da sequência didática. Com este bloco avaliativo foi possível analisar alguns fundamentos do MRE que estavam presentes na SD proposta, como o entendimento sobre o conteúdo científico, sobre o papel do professor e dos estudantes. Além disso, a avaliação do processo de ensino e aprendizagem sugerida na SD sobre biodiversidade também foi submetido à análise dos avaliadores. Para tal, foi construído um quadro que continha afirmações sobre: conteúdo científico, estudantes, professores e avaliação; e três tipos de campos para respostas: 1) um em que se avaliou se concordava totalmente, concordava parcialmente ou discordava da afirmação; 2) outro no qual foi possível justificar as respostas anteriores; 3) e um último que foi reservado para comentários sobre quaisquer aspectos da SD.

Depois de respondido pelos professores e/ou pesquisadores do ensino de Biologia, o instrumento avaliativo foi analisado com base na Análise de Conteúdo de Bardin



(2011), seguindo os três momentos destacados no item 2.2.2: (1) pré-análise; (2) exploração do material; (3) tratamento de dados e interpretação. Nesta etapa da pesquisa, a Análise de Conteúdo teve o objetivo de entender, com base nas respostas dos/das avaliadores/avaliadoras, o potencial da SD sobre biodiversidade para dar cumprimento aos objetivos a ela associados. Assim, depois da pré-análise e da exploração do material foram identificadas categorias e subcategorias primárias representativas da análise dos blocos avaliativos. O quadro 11 apresenta as categorias e subcategorias primárias que emergiram das análises referentes ao primeiro bloco avaliativo.

Quadro 11 – Categorias e subcategorias primárias que emergiram dos momentos iniciais da Análise de Conteúdo referente ao primeiro bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática.

<b>CATEGORIAS</b>	<b>SUBCATEGORIAS PRIMÁRIAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<u>A</u> spectos <u>G</u> erais (AG)	-	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários sobre os objetivos de aprendizagem de uma forma geral, sem especificar um tipo de objetivo – conceitual, procedimental e/ou atitudinal.
<u>R</u> eitera a <u>A</u> dequação dos <u>O</u> bjtivos (RAO)	-	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que confirmam que os objetivos de aprendizagem, sejam conceituais, procedimentais ou atitudinais estão adequados aos princípios de <i>design</i> .
<u>R</u> eformula <u>O</u> bjetivo (RO)	<u>D</u> imensão do <u>O</u> bjetivo (DO)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que sugerem a reformulação dos objetivos de aprendizagem, pois consideram que um determinado objetivo não representa a dimensão (conceitual, procedimental ou atitudinal) à qual está vinculado.
	<u>V</u> erbos (V)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que sugerem a reformulação dos objetivos de aprendizagem, pois consideram que o verbo utilizado para a formulação do objetivo deve ser modificado.
	<u>A</u> ção <u>S</u> ociopolítica (AS)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que sugerem a reformulação dos objetivos de aprendizagem relativos à ação sociopolítica.
<u>I</u> nclui novos <u>O</u> bjtivos (IO)	<u>C</u> onceituais (C)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que sugerem incluir objetivos conceituais.
	<u>P</u> rocedimentais (P)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que sugerem incluir objetivos procedimentais.
	<u>A</u> titudinais (A)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que sugerem incluir objetivos atitudinais.

Fonte: elaborado pela autora

O quadro 12 apresenta as categorias que emergiram das análises referentes ao segundo bloco avaliativo.

Quadro 12 – Categorias e subcategorias primárias que emergiram dos momentos iniciais da Análise de Conteúdo referente ao segundo bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática.

<b>CATEGORIAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<u>Relação Tempo x Ações Didáticas</u> (RTA)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários sobre a adequação entre o tempo disponível para o encontro e a quantidade de ações didáticas propostas
<u>Reitera Adequação das Ações Didáticas</u> (RAA)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que evidenciam a adequação do conjunto de ações didáticas para o encontro proposto, ou, ainda, a adequação de alguma estratégia didática, algum material, alguma atividade ou alguma dinâmica específica.
<u>Reelaboração das Ações Didáticas</u> (RAD)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que sugerem a reescrita das ações didáticas ou a explicitação de algum de seus aspectos, como por exemplo, a forma como uma determinada atividade deve ser desenvolvida; como um determinado tópico deve ser abordado; os objetivos de aprendizagem relacionadas às ações didáticas. Estes comentários podem aparecer na forma de questionamentos, quando o(a) avaliador(a) desejam que algo seja explicitado. Nesta categoria também são agrupados os comentários que sugerem que as ações didáticas sejam vivenciadas por meio da utilização de outras possibilidades metodológicas. Neste caso, a sugestão é focada em uma ação didática específica e não no encontro como um todo. As sugestões podem ser no sentido de mudar a dinâmica do desenvolvimento da ação didática, mas não o seu objetivo.
<u>Reorganização da Metodologia do Encontro</u> (RME)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que sugerem que a metodologia do encontro, como um todo, seja alterada. Isso pode ser proposto por meio de: inclusão ou da exclusão de ações didáticas; divisão de um encontro em dois; reorganização da sequência das ações didáticas; inclusão ou exclusão de tópicos no encontro; sugestão de métodos e/ou mídias para o encontro, mudança na finalidade do encontro; dentre outros.
<u>Reelaboração de Questões Norteadoras</u> (RQN)	Quando o(a) avaliador(a) faz comentários que sugerem alguma modificação na escrita ou na estrutura da questão norteadora. Por exemplo, quando o(a) avaliador(a) sugere que duas ou três questões norteadoras sejam condensadas em uma única; ou quando uma questão norteadora é dividida em duas ou mais; ou, ainda, quando são sugeridas novas questões norteadoras.

Fonte: elaborado pela autora

O terceiro bloco avaliativo tinha categorias pré-estabelecidas, de modo que os/as avaliadores/avaliadoras fizeram comentários sobre o conteúdo científico, os estudantes, os professores e a avaliação sugerida. Por fim, o quadro 13 mostra resumidamente as fontes de dados, os métodos, o tipo de análise e o objetivo de cada uma das cinco etapas desta pesquisa, apresentadas na figura 6 (p.75).

Quadro 13 – Resumo das fontes de dados, dos métodos, dos tipos de análise e dos objetivos de cada etapa da pesquisa

<b>ETAPAS</b>	<b>FONTES DE DADOS</b>	<b>MÉTODOS/TIPO DE ANÁLISE</b>	<b>OBJETIVO</b>
<b>1 ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS</b>	Livros acadêmicos (5) Artigos científicos (24) Texto oficial (1)	Crterios para seleção do material; Pesquisa em portais de busca; Grade de análise;	Definir um panorama conceitual da biodiversidade.

		Análise da Importância Educacional (DUIT et al., 2012); Categorias de análise.	
<b>2</b> <b>ANÁLISE DAS</b> <b>CONCEPÇÕES</b> <b>DOS ESTUDANTES</b>	Artigos científicos (16) Seção “resultados e discussões”	Foi acrescentado mais um critério para seleção do material; Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011); Categorias, subcategorias primárias, secundárias e terciárias; Análise da Importância Educacional (DUIT et al., 2012); Critérios de análise.	Conhecer as concepções dos estudantes sobre biodiversidade;  Olhar para essas concepções de um ponto de vista educacional, identificando as necessidades, as dificuldades e interesses de aprendizagem dos estudantes, estabelecendo um diálogo entre suas concepções e as científicas.
<b>3</b> <b>SISTEMATIZAÇÃO</b> <b>DOS PRINCÍPIOS</b> <b>DE DESIGN</b>	Resultados da etapa 1 e da etapa 2	Articulação entre a formulação proposta por Sarmiento (2016) e a interação fundamental entre as variáveis instrucionais	Formular princípios de <i>design</i> que orientem o planejamento da SD sobre biodiversidade.
<b>4</b> <b>DESIGN DA SD</b> <b>SOBRE</b> <b>BIODIVERSIDADE</b>	Resultados da etapa 1, 2 e 3 Quadro teórico intermediário da reconstrução educacional	Utilização das QSC como estratégia de ensino: - Objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais de aprendizagem; - Caso; - 15 Questões norteadoras; - 7 Encontros (2horas/aula), compostos por 5-6 ações didáticas cada um; - Proposta de avaliação.	Planejar, com base nos fundamentos teóricos e metodológicos do MRE, uma sequência didática sobre biodiversidade, que aborde este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica.
<b>5</b> <b>PROCESSO DE</b> <b>VALIDAÇÃO</b>	Comentários dos avaliadores(as) sobre a sequência didática desenhada	Validação por pares; Instrumento Avaliativo, composto por três blocos avaliativos; Convite para os/as avaliadores(as) Análise de conteúdo.	Validar a sequência didática planejada na etapa anterior, bem como alguns aspectos do quadro intermediário do MRE

A seguir, serão apresentados os resultados provenientes e as discussões pertinentes a todas as etapas consideradas no quadro anterior.

### **CAPÍTULO 3. RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL DO CONCEITO DE BIODIVERSIDADE EM UMA PERSPECTIVA INTEGRAL E POLISSÊMICA**

---

Neste capítulo serão apresentados os resultados provenientes da utilização do MRE como uma ferramenta de *design* para a construção de uma sequência didática sobre biodiversidade, que visou abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas. Desse modo, os itens que estruturaram este capítulo foram organizados com base nas duas fases de desenvolvimento desta pesquisa: (1) clarificação preliminar do conteúdo de biodiversidade; (2) *design* e avaliação do ambiente de ensino e aprendizagem sobre biodiversidade. Logo, ao longo deste capítulo foram feitas considerações sobre o MRE oriundas das compreensões adquiridas ao longo da nossa experiência de utilização deste modelo.

#### **3.1. Clarificação preliminar do conteúdo de biodiversidade**

Apresentaremos nas próximas seções os resultados da análise das concepções científicas sobre o conceito de BD (primeiro componente do MRE), da análise das concepções dos estudantes sobre este conceito (segundo componente do MRE) e da identificação das potencialidades pedagógicas que emergiram das interações entre estas duas concepções (interações entre o primeiro e o segundo componente do MRE). Desse modo, o objetivo desta primeira fase da pesquisa foi identificar aspectos científicos e educacionais do ensino e aprendizagem de BD, que podem favorecer uma abordagem integral e polissêmica deste conceito na licenciatura em Ciências Biológicas.

Assim, a apresentação deste item foi subdividida em três seções: (1) conhecendo as concepções científicas sobre BD, (2) conhecendo as concepções dos estudantes sobre BD e (3) potencialidades pedagógicas identificadas no diálogo estabelecido entre as concepções científicas e dos estudantes sobre BD. Antes de focarmos na apresentação dos resultados, é importante destacar que a intenção aqui não foi quantificar a ocorrência das concepções científicas e dos estudantes sobre BD ao longo dos documentos analisados, mas compreender o panorama conceitual da biodiversidade e as perspectivas dos estudantes sobre este conceito. Com isso, pretendeu-se identificar as principais ideias que caracterizavam este conceito, identificando aquelas que têm potencial para favorecer o

ensino de BD em uma abordagem integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas.

### 3.1.1. Conhecendo as concepções científicas sobre biodiversidade

Neste item foram apresentados os resultados obtidos com a análise das concepções científicas sobre BD, que foi realizada em 30 documentos (24 artigos científicos, 5 livros acadêmicos e 1 texto oficial). A apresentação destes resultados foi guiada pelos critérios utilizados para a análise destes documentos: (1) as ideias elementares que circundam o conceito de BD, (2) aspectos de história e filosofia da ciência e (3) principais termos científicos envolvidos na apresentação do conceito de BD.

O primeiro aspecto do conceito de BD a ser destacado refere-se aos seus possíveis contextos de discussão. Na análise realizada, o conceito foi apresentado por meio de dois contextos significativos de discussão: o contexto científico, marcado pela abordagem biológica, e o contexto sociocultural, marcado pela abordagem conservacionista de BD.

Considerando primeiramente o contexto científico, foi possível perceber que o conceito de BD estava associado a várias áreas do conhecimento (Biologia, Geografia, História, Sociologia, Economia e Antropologia), envolvendo diversos ramos das ciências naturais, humanas e exatas. No entanto, com base nos resultados encontrados, a Biologia e suas subáreas (Zoologia, Ecologia, Genética, Botânica e Biologia da Conservação) foram as ciências mais citadas na apresentação deste conceito. De acordo com Mayr (1998), o estudo da biodiversidade consolidou a pesquisa nas áreas mais importantes da Biologia. Este autor afirmou ainda que dificilmente existe um processo biológico, ou fenômeno, em que a biodiversidade não esteja implicada. Isso justificou o fato do conceito de BD está fortemente associado a uma abordagem biológica no contexto científico.

A partir da análise da seção “referências” dos artigos analisados nesta etapa da pesquisa (25 artigos, cf. Apêndice 1), foram identificados cinco autores que se destacaram como referências importantes para o entendimento do conceito de BD no contexto científico: Christian Lévêque, Edward O. Wilson, Robert E. Ricklefs, Richard B. Primack e Efraim Rodrigues. Estes autores estavam vinculados à área da Biologia, da Ecologia e da Biologia da conservação, áreas que assumiram papel importante na apresentação deste conceito no contexto científico. A Biologia, pelos motivos já apresentados, a Ecologia, por apresentar este conceito em toda sua complexidade (RICHLEFS, 2010), e a Biologia

da Conservação, por ser uma ciência multidisciplinar preocupada com as sérias ameaças à biodiversidade (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Além dos autores, um texto oficial (texto síntese da Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB)<sup>10</sup> também assumiu papel importante como referência teórica para o entendimento do conceito de BD, principalmente levando em consideração as discussões mais recentes deste conceito. O quadro 14 mostra as definições de BD apresentadas pelos autores, anteriormente citados e, também, aquela definição presente no texto oficial da CDB.

Quadro 14 – Definições de biodiversidade apresentadas em livros e em um texto oficial utilizados na análise das concepções científicas sobre biodiversidade

AUTORES UTILIZADOS COMO REFERÊNCIA PARA O ESTUDO DO CONCEITO DE BIODIVERSIDADE	DEFINIÇÕES DE BIODIVERSIDADE
CHRISTIAN LÉVÊQUE	“A biodiversidade se refere em especial a três níveis interligados da hierarquia biológica. A diversidade das espécies: a identificação das espécies e seu inventário constituem a maneira mais simples de apreciar a diversidade biológica de uma área geográfica. Foi a evolução biológica que deu forma, no decorrer do tempo, a esta imensa diversidade de formas e de espécies. A diversidade genética: cada espécie é diferente das outras do ponto de vista da sua constituição genética (genes, cromossomos). Da mesma forma, as pesquisas em Biologia molecular colocaram em evidências a existência de uma variabilidade genética entre populações isoladas pertencentes a uma mesma espécie, bem como entre indivíduos no seio de uma população. A diversidade genética é o conjunto da informação genética contida dentro de todos os seres vivos, correspondendo à variabilidade dos genes e dos genótipos entre espécies e no seio de cada espécie. A diversidade ecológica: os ecossistemas estão constituídos pelos complexos de espécies (ou biocenoses) e seu ambiente físico. Distinguimos numerosos tipos de ecossistemas naturais, como florestas tropicais, os recifes de coral, os manguezais, as savanas, as tundras, etc., bem como os ecossistemas agrícolas. Cada um destes ecossistemas abriga uma combinação característica de plantas e animais. Esses próprios ecossistemas evoluem em função do tempo, sob o efeito das variações climáticas sazonais ou a longo prazo” (LÉVÊQUE, 1999, p. 16).
RICHARD B. PRIMACK E ÉFRAIM RODRIGUES	“A diversidade biológica deve ser considerada em três níveis: a diversidade biológica no nível de espécies inclui toda a gama de organismos na Terra, desde bactérias e protistas até reinos multicelulares de plantas, animais e fungos. Em uma escala mais precisa, a diversidade biológica inclui a variação genética dentre as espécies, tanto entre as populações geográficas separadas como entre os indivíduos de uma mesma população. A diversidade biológica também inclui a variação entre as comunidades biológicas nas quais as espécies vivem, os ecossistemas nos quais

<sup>10</sup> Mais adiante, falaremos sobre o papel da CDB na história do conceito de BD.

	as comunidades se encontram e as interações entre esses níveis” (PRIMACK; RODRIGUES, 2001, p.10).
ROBERT E. RICKLEFS	“Variação entre os organismos e os sistemas ecológicos em todos os níveis, incluindo a variação genética nas populações, as diferenças morfológicas e funcionais entre espécies e a variação na estrutura do bioma e nos processos ecossistêmicos tanto nos sistemas terrestres quanto aquáticos” (RICKLEFS, 2010, p.368).
EDWARD O. WILSON	“(…) variedade de organismos considerada em todos os níveis, desde variações genéticas pertencentes à mesma espécie até as diversas séries de espécies, gêneros, famílias e outros níveis taxonômicos superiores. Inclui variedade de ecossistemas, que abrange tanto as comunidades de organismos em um ou mais <i>habitats</i> quanto às condições físicas sob as quais elas vivem” (WILSON, 1992, p.412).  “Biodiversidade é toda variação em todos os níveis de organização, desde os genes dentro de uma simples população local ou espécie, até as espécies que compõem parte de uma comunidade local e, finalmente, as próprias comunidades que compõem a parte viva dos ecossistemas multifatoriais do mundo. A chave precisa para a efetiva análise da biodiversidade está em cada nível de organização que está sendo discutido” (WILSON, 1997, p.1).
CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA: CONFERÊNCIA PARA ADOÇÃO DO TEXTO ACORDADO DA CDB	“A variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas” (BRASIL, 1992, p.9).

Fonte: elaborado pela autora

Ao analisarmos as definições expostas anteriormente, podemos notar que existe uma característica comum entre elas: todas se referiram à BD por meio de três níveis de organização – diversidade genética, diversidade de espécies e diversidade de ecossistemas. Esta forma de apresentar a BD também foi encontrada em todos os artigos científicos (25 artigos) analisados neste estudo, independentemente do referencial teórico utilizado neles para se referir ao conceito. Assim, pelo menos dentro do campo da Biologia, houve uma convergência entre os autores de centrar as questões da BD em três eixos estruturadores (CASTRO; MOTOKANE; KATO, 2014). Ao que parece, esta convergência também aconteceu na área de pesquisa em Ensino de Biologia.

Estes eixos estruturadores supracitados foram representados pelos três níveis interligados da hierarquia biológica: diversidade genética (DG), diversidade de espécie (DE) e diversidade de ecossistemas (DEc). De acordo com Oliveira e Marandino (2011), estes níveis descrevem aspectos distintos dos sistemas biológicos, podendo ser identificados da seguinte forma:

- Diversidade genética: (1) variação genética entre diferentes populações da mesma espécie, (2) variação genética entre espécies e (3) variação genética entre indivíduos de uma mesma espécie;
- Diversidade de espécies: (1) número de espécies em uma região e (2) diversidade taxonômica que considera a estreita relação das espécies;
- Diversidade de ecossistemas: (1) diversidade de *habitats*, desde grandes ambientes, como florestas, até corpos d'água (rios, lagos, etc.), diferentes extratos vegetais e solos; e (2) processos ecológicos: qualquer evidência da relação entre um organismo e o ambiente, ou mesmo entre organismos, como as relações harmônicas e desarmônicas, cadeia alimentar e até mesmo fenômenos naturais característicos do ambiente representado.

Em convergência com esta análise, Almeida e El-hani (2006), em um trabalho sobre atribuição de função à biodiversidade segundo a visão do papel causal, sugerem que o conceito de BD é amplo, multifacetado e dificilmente resumido em uma única formulação, conseqüentemente, a chave da análise da BD é a definição precisa de qual nível de organização está se considerando. Para estes autores, os níveis de organização nos quais a BD pode ser analisada são: diversidade infra-específica, diversidade específica e diversidade supra-específica (ALMEIDA; EL-HANI, 2006).

De modo geral, mesmo nomeando os níveis de organização de modo diferente, foi possível perceber que os resultados de Almeida e El-Hani (2006) são compatíveis com aqueles de Oliveira e Marandino (2011), de modo que a diversidade infra-específica corresponde à diversidade genética; a diversidade específica corresponde à diversidade de espécie, e a diversidade supra-específica corresponde à diversidade de ecossistemas<sup>11</sup>. Logo, entender o significado de cada um destes níveis de organização da BD, além disso reconhecer que ela pode ser analisada por meio deles, nos parece elementar para abordar o caráter polissêmico do conceito de biodiversidade no contexto científico.

No entanto, este entendimento depende, em certa medida, da compreensão de termos científicos-chaves utilizados na apresentação dos níveis de organização da BD. Com base nos resultados encontrados, observamos que os termos “genes”, “cromossomos” e “genótipos” ganharam destaque na apresentação da diversidade genética. Os termos “espécie”, “organismo” e “níveis taxonômicos” ganharam destaque

---

<sup>11</sup> Neste trabalho será utilizada a nomenclatura dada por Oliveira e Marandino (2011), pois foi aquela mais encontrada nos documentos analisados.



na apresentação da diversidade de espécies. Já os termos “ecossistema”, “habitat” e “biomas” se destacaram na apresentação da diversidade de ecossistemas.

Além do reconhecimento dos três níveis de organização da BD, é importante considerar também que estes níveis interagem entre si. Sobre esta interação, Lévêque (1999, p.18) explicita que “a biodiversidade não é um simples catálogo de genes, espécies ou ambientes. Ela deve ser percebida como um conjunto dinâmico e interativo entre os diferentes níveis da hierarquia biológica”. Utilizando esta linha de raciocínio, o autor defendeu que a BD é o produto da evolução. Com isso, Lévêque agregou ao conceito uma dimensão evolutiva, na qual os níveis de organização estabelecem relações entre si.

Na dimensão evolutiva da BD, identificamos dois conceitos que se mostraram fundamentais: o de mutação e o de seleção natural. Por meio destes conceitos, também foi possível explicar a origem da diversidade presente em cada nível de organização (LÉVÊQUE, 1999), portanto, acreditamos que eles são conceitos frutíferos para favorecer uma compreensão polissêmica do conceito de BD no contexto científico.

Outra forma de abordar o conceito de BD, recuperada nos documentos D19 e D22, foi analisá-la a partir de seus atributos e componentes. De acordo com Marín (2017), apoiado por Noss (1990) e Primack e Rozzi (2001), os atributos da biodiversidade envolvem três grandes questionamentos que podem ser feitos em cada um dos seus níveis de organização: Quais elementos compõem a comunidade em estudo? Como os elementos compõem a comunidade em estudo? Que processos ecológicos mantêm ou são produzidos pela comunidade? A partir destes questionamentos, a BD pode ser aferida com base em três atributos gerais: composição, estrutura e função, que permitem, inevitavelmente, que sejam estabelecidas relações entre os níveis de BD (MARTINS; SANO, 2009). No entanto, não ficou claro o que estes autores consideraram como componentes da BD.

Esses componentes foram discutidos por Bermudez e colaboradores (2012), a partir dos trabalhos de Sandra Diaz, que considerou que a BD tem os seguintes atributos: número, composição, valor, abundância, alcance e distribuição espacial; e componentes: genótipos, populações, espécies, comunidades de paisagem e tipos funcionais. Resumidamente, com base no que apontaram Bermudez e colaboradores (2012), podemos considerar que a BD possui componentes genéticos, específicos (de espécie) e ecossistêmicos. Estes autores defenderam ainda que uma definição mais sofisticada da BD deve considerar seus atributos e componentes.

Além disso, entendemos que a associação entre estes atributos e componentes permitem analisar a BD presente em cada nível de organização de maneira mais detalhada. Em certa medida, as palavras de Ricklefs (2010) influenciaram este nosso entendimento. No capítulo intitulado “Biodiversidade”, o autor pontua que:

(...) como a biodiversidade é tão abrangente, os ecólogos normalmente estudam um dos índices mais simples e mais gerais da biodiversidade: o número de espécies de uma área, normalmente chamado de *riqueza de espécies*. Contudo, por qualquer critério que se escolha, todas as espécies em uma área não são iguais. Algumas são abundantes, outras raras. Algumas têm efeitos importantes sobre a dinâmica populacional na comunidade; outras raramente se fazem notadas (RICKLEFS, 2010, p.368, destaque do autor).

Se analisarmos o que foi posto por Ricklefs, perceberemos que o índice mencionado pelo autor (riqueza de espécies) promove a interação entre um atributo (número) e um componente (espécies) da BD. No entanto, o autor deixou claro que apenas este índice não é suficiente para caracterizar a BD de um determinado lugar, sendo necessária, então, a utilização de outros atributos para analisar este mesmo componente “espécies”, ou até outro. O autor sugeriu, para tanto, a análise por meio dos atributos abundância e função.

Como podemos observar no exemplo anterior, para caracterizar a diversidade de espécies (um dos níveis de organização da BD) de um determinado local, o componente “espécies” pôde ser analisado por meio de três atributos: número, abundância e função. Isto nos mostra que por meio de seus atributos e componentes a BD pode ser compreendida e caracterizada de forma mais detalhada, tanto considerando cada nível de organização, como considerando as interações existentes entre estes níveis. Isso permite com que a BD seja discutida em uma “dimensão ecológica”, ou seja, levando em conta as interações entre os organismos e entre estes e o ambiente. Este entendimento de que a BD pode ser analisada por meio de diferentes atributos e componentes e que eles estão associados a uma dimensão ecológica do conceito, se mostrou elementar para promover a referida compreensão polissêmica deste conceito no contexto científico.

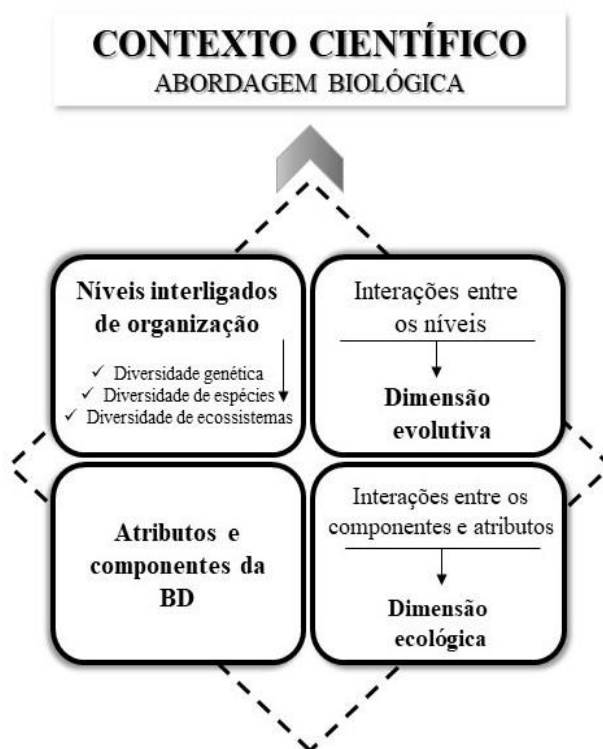
Todo o cenário apresentado anteriormente dá encaminhamentos para interpretar que o contexto científico do conceito de BD pode ser abordado em uma perspectiva polissêmica a partir de quatro ideias principais, sendo que a primeira delas é um pré-requisito para o entendimento de todas as demais:

- (1) Os níveis interligados de organização da BD;

- (2) A interação que ocorre entre estes níveis resulta na dimensão evolutiva do conceito;
- (3) Os atributos e componentes da BD;
- (4) A dimensão ecológica do conceito.

Assim, em suma, a abordagem biológica do conceito de BD envolveu duas perspectivas de interpretação deste conceito: a dimensão evolutiva e a dimensão ecológica. É interessante destacar que embora tenhamos tratado dessas dimensões isoladamente, elas estão intimamente relacionadas entre si e com os níveis de organização e atributos e componentes da BD. Desse modo, consideramos que entender estas relações é o que permite uma compreensão polissêmica do conceito de BD na perspectiva da abordagem biológica. A figura 7 representa um esforço de sistematizar as principais ideias que circundam a abordagem biológica de BD, mostrando que essas ideias se relacionam entre si.

Figura 7 – Representação conceitual do contexto científico de biodiversidade



Fonte: elaborado pela autora

Considerando o que foi evidenciado até aqui, é importante destacar que o conhecimento biológico sobre BD não se apresentou como colocado na figura 7 desde o princípio, mas foi sendo construído ao longo do tempo. Na análise realizada foram identificados alguns marcos científicos que puderam contribuir historicamente com a construção deste conceito. Dentre eles, os que se destacaram foram os trabalhos de Lineu, os trabalhos de Darwin e os trabalhos de Mendel. De acordo com Martins e Sano (2009), os trabalhos de descrição da BD realizados por Lineu na segunda metade do século XVIII permitiram que a BD fosse estudada, pela primeira vez, desvinculada da sua utilização para o homem. Isto representou, segundo os autores, um enorme salto na maneira como a BD era vista, embora a intenção ainda fosse interpretá-la por meio do inventário de espécies (MARTINS; SANO, 2009; MAYR, 2008).

Segundo Mayr (1998), essa demanda tão forte da ciência pela classificação dos seres vivos pode ter motivos que vão além da busca por espécimes para coleções particulares. O autor destaca que muitos cientistas dos séculos XVII e XVIII estavam preocupados com a descoberta de leis que proclamassem a uniformidade e universalidade dos fenômenos naturais. Neste contexto, o estudo da diversidade biológica era um dos problemas mais complexos de serem resolvidos, pois os cientistas não conseguiam encontrar as leis que explicassem a diversidade orgânica. Desse modo, entendia-se, na época, que a única maneira de detectar tais leis era ordenar a diversidade, mediante a sua classificação. Foi a partir dessa premissa que os naturalistas acabaram por desenvolver um arcabouço conceitual dos mais ricos, contribuindo para o avanço da compreensão sobre o conceito de BD (MAYR, 2008).

Outro salto significativo na compreensão da BD veio com os trabalhos de Darwin no final do século XIX, a partir dos quais houve uma verdadeira reinterpretação da diversidade, que passou a ser vista como o produto de processos evolutivos mediados pela seleção natural (MARTINS; SANO, 2009). Além disso, os autores também destacam o papel da redescoberta dos trabalhos genéticos de Mendel, também no final do século XIX, através dos quais a BD deixou de fazer referência apenas à diversidade de formas e de fenótipos e passou a ser vista também sob o ponto de vista genético. Desse modo, é possível perceber que a ideia em torno dos três níveis de organização da BD, assim como

sua dimensão evolutiva, faz parte de um conhecimento recente, que passou por uma construção histórica cheia de tensões e interrupções (MAYR, 1998; 2008)<sup>12</sup>.

No contexto sociocultural, definir um consenso entre as abordagens de BD encontradas nos resultados da análise exigiu um esforço maior de nossa parte, já que neste contexto a BD é interpretada de diferentes formas, que nem sempre são explicitadas com exatidão e conjuntamente. Mas tentaremos mostrar, mesmo assim, como foi possível compreender o contexto sociocultural do conceito de BD a partir dos resultados encontrados.

O primeiro resultado a ser destacado foi que, apesar de o conceito de BD estar historicamente ligado às ciências da natureza, ele não se restringe ao contexto delas, assumindo também caráter social e cultural, visto que é produto da relação entre a natureza e as populações humanas (MACIEL; SANTOS; SILVA, 2016). De acordo com a análise realizada, este entendimento sociocultural do conceito de BD começou a ser difundido nos anos 1980, quando Edward Wilson levantou a polêmica dos perigos que corria a biosfera com a utilização desenfreada dos recursos da BD (ONÓRIO; OLIVEIRA; KAWASAKI, 2013). A análise realizada nesta tese apontou ainda que dois eventos contribuíram de forma significativa para alavancar as discussões em torno da polêmica proposta por Wilson.

Um deles foi o Fórum Nacional sobre Biodiversidade (*National Forum on BioDiversity*), ocorrido em 1986 nos Estados Unidos. Neste evento o termo “biodiversidade” foi utilizado na ciência pela primeira vez, e, a partir de então, passou a ganhar força e proporção na ciência e na mídia. O outro evento, ocorrido seis anos depois no Brasil, foi a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92). Durante esta conferência, ocorreu a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB), na qual quase 180 países, incluindo o Brasil, se comprometeram com responsabilidades derivadas dos três pilares da CDB: a preservação ambiental, a obrigação do uso sustentável da BD e o compartilhamento justo dos benefícios derivados da BD por todos os envolvidos nas cadeias produtivas (BRANDÃO, 2010).

Após esses dois eventos globais, o conceito de BD foi ampliado e popularizado, passando a agregar além do significado biológico, outros relativos aos valores relacionados à sua conservação (MOTOKANE; KAWASAKI; OLIVEIRA, 2010). Por

---

<sup>12</sup> Para outros aprofundamentos sobre a construção histórica do conceito de biodiversidade, ver os trabalhos de Matins e Sano (2009) e Mayr (1998, 2008).

esta razão, entendemos que o contexto sociocultural do conceito de BD está pautado em uma abordagem conservacionista, que envolve basicamente questões ligadas à gestão da BD. Estas questões podem ser analisadas, pensadas ou interpretadas a partir de diferentes perspectivas, como a social, a política, a econômica, dentre outras.

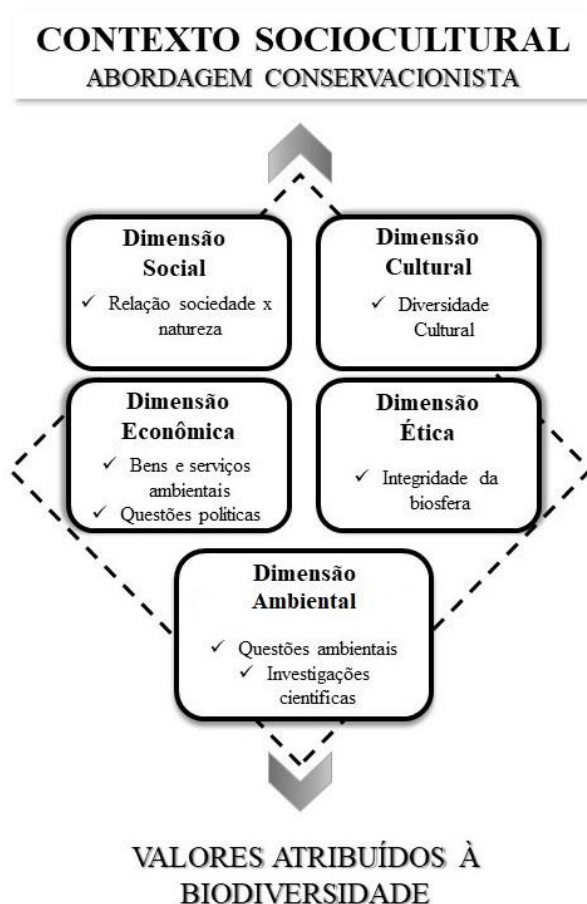
Na análise realizada foi possível identificar várias formas de pensar a BD, além daquela biológica, entretanto, não identificamos um conjunto definido de dimensões específicas que caracterizassem a abordagem conservacionista da BD. Apesar disso, foi possível perceber que todas as dimensões citadas no conjunto de documentos analisados (dimensão política, dimensão econômica, dimensão social, dimensão cultural e dimensão ética) guardam, de alguma forma, relações com os valores atribuídos a BD por meio da sua conservação. Com isso, foi possível ratificar que o contexto sociocultural da BD está, de fato, relacionado à abordagem conservacionista deste conceito.

Desse modo, reunimos esforços para propor um conjunto de dimensões principais, nas quais o conceito de BD possa ser discutido em uma perspectiva conservacionista. As dimensões escolhidas como principais foram aquelas citadas de maneira mais recorrente nos documentos analisados, pois entendemos que tal recorrência poderia representar um consenso importante de ser considerado. Como na maioria dos documentos analisados não observamos preocupações em diferenciar uma dimensão da outra, procuramos propor estas diferenciações neste trabalho. Contudo, não queremos definir uma forma única de perceber a BD no contexto sociocultural, mas apresentar de forma sistematizada como foi possível entender esse contexto da BD, tomando por base os resultados da análise realizada (figura 8).

Assim, defendemos que a abordagem conservacionista do conceito de BD pode ser analisada a partir das seguintes dimensões principais: social, cultural, econômica, ética e ambiental. A dimensão social está relacionada com a compreensão da interdependência entre os fenômenos sociais e naturais na conservação da BD. Com isso, nesta dimensão, a espécie humana é entendida como componente importante dos sistemas ecológicos, sendo altamente dependente dos bens e serviços oferecidos pela BD, de maneira que, sem recorrer ou dispor destes bens e serviços, a vida humana correria sérios riscos. Sendo assim, cabem nesta dimensão, reflexões sobre a responsabilidade social na preservação e na conservação da BD, para que a vida das inúmeras populações humanas possa ser mantida. Esta dimensão social pareceu ser bastante ampla e poderia envolver as dimensões cultural e econômica, que indiscutivelmente guardam relações com os

aspectos sociais da conservação da BD. Contudo, ao observarmos os resultados encontrados, percebemos que estas dimensões aparecem quase sempre separadas uma da outra, o que pode ser indicativo de especificidades entre elas.

Figura 8 – Representação conceitual do contexto sociocultural de biodiversidade



Fonte: elaborado pela autora

Na busca de entender estas especificidades, observamos que a dimensão cultural está relacionada, particularmente, à íntima relação existente entre a diversidade cultural e a BD, ou seja, as relações estabelecidas entre diversos grupos humanos e as formas de vida com que interagem através de práticas culturais (MARÍN, 2017). Desse modo, a diversidade cultural envolve a diversidade de costumes, valores, dentre outros aspectos que englobam as diferenças culturais encontradas nas sociedades tradicionais e modernas (GRANDI *et al.*, 2014). Estas práticas culturais guardam relações com a conservação e a preservação da BD, de modo que preservar a biodiversidade significa também preservar a diversidade e a identidade cultural de uma região, de um povo, de uma nação (MIANI,

2017). Reflexões como estas foram feitas no contexto da dimensão cultural do conceito de BD.

A dimensão econômica abrange, de modo particular, as relações existentes entre o desenvolvimento econômico de uma sociedade e a conservação da BD. Além disso, refere-se à forma como os bens e recursos da BD beneficiam a população humana, sejam através de medicamentos, produtos industrializáveis, da agricultura, do turismo, da alimentação, dentre outras possibilidades. Dentro desta dimensão econômica foram citadas questões políticas que buscam regulamentar o uso e a distribuição dos produtos da BD, propondo políticas públicas que visam à justiça na distribuição e à proteção e conservação da BD.

A dimensão ética circunscreve reflexões sobre a conservação da BD, que não a conecta com as necessidades humanas. E, por isso, esta dimensão preconiza que todas as espécies, como parte da comunidade de seres vivos, têm um valor em si (WILSON, 1992), chamado de forma recorrente de valor intrínseco (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Este valor destaca que a sobrevivência de todas as espécies precisa ser garantida, de modo a conservar a integridade da biosfera e em respeito a milhões de anos de evolução (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Além disso, no âmbito desta dimensão a BD é entendida como um bem coletivo, de modo que, sacrificar um bem coletivo, no presente, significa comprometer o bem-estar de gerações futuras.

Por fim, a dimensão ambiental englobou o conhecimento sobre as relações existentes entre os seres vivos e entre eles e o ambiente. Com isso, cabem nesta dimensão reflexões sobre questões ambientais e sobre investigações científicas que possam esclarecer como as espécies se relacionam entre si e com um determinado ambiente. Este conhecimento advindo da ciência pode contribuir com o planejamento de ações que favoreçam efetivamente à conservação da BD. A partir da dimensão ambiental, podem ser atribuídos valores científicos à BD, além de outros ligados a questões ambientais, que presam pela preservação e conservação dos ecossistemas naturais.

Uma vez definido a que se refere cada uma das dimensões consideradas neste estudo, torna-se importante destacar que estas dimensões estabelecem relações entre si quando o objetivo é discutir a BD por meio do seu contexto sociocultural. Disto, decorre que as discussões pertinentes a cada uma das dimensões anteriormente citadas contribuem para que as questões envolvidas na preservação e conservação da BD sejam analisadas de forma ampla e integral (MARÍN, 2017). Explorando mais esses resultados, é importante



destacar que as discussões promovidas por cada uma dessas dimensões, ou por todas, se considerarmos o conjunto delas, vão atribuído valores à conservação da BD, que na literatura são organizados de diferentes modos.

Na análise realizada, foram identificados dois modos de organizar os valores atribuídos à conservação da BD. Um proposto por Lévêque (1999), no qual estes valores foram divididos em econômicos, ecológicos e éticos e patrimoniais. E outro proposto por Primack e Rodrigues (2001), na qual os valores atribuídos à BD puderam ter dois tipos de argumentos como justificativa para a proteção e conservação da BD: um argumento econômico, que envolve valores diretos (valor de consumo e valor de produto) e valores indiretos (valor não consumista, valor de opção e valor de existência); e um argumento ético, pautado no valor intrínseco da BD.

Em vista do que foi posto, consideramos que compreender a polissemia do conceito de BD no contexto sociocultural, requer, primordialmente:

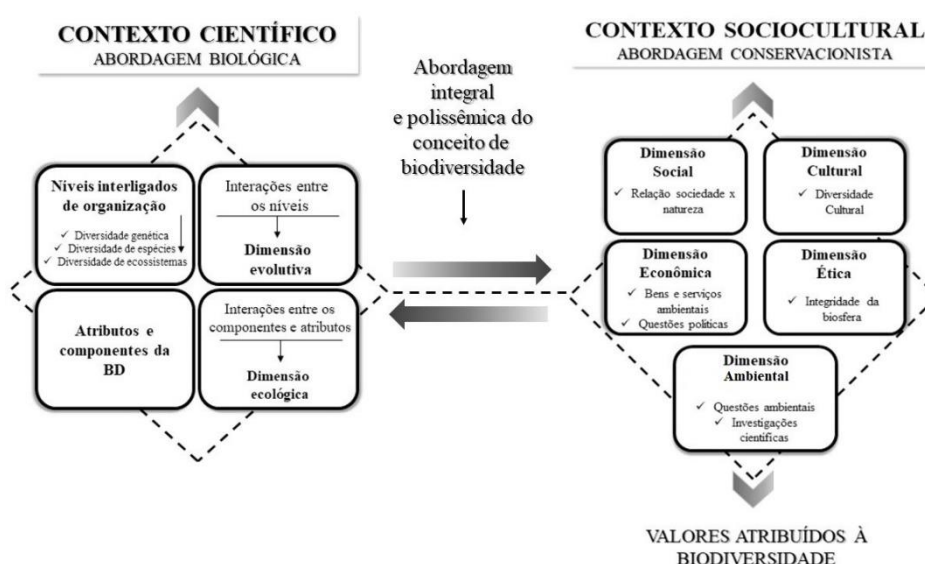
- (1) o reconhecimento de que neste contexto a BD pode ser tratada a partir de diferentes dimensões, que não são independentes entre si e perseguem o mesmo objetivo, qual seja, o de analisar como pode se dar a conservação da BD;
- (2) o entendimento de que a discussão sociocultural deste conceito permitiu que diferentes valores fossem agregados à BD ao longo do tempo;
- (3) o entendimento de que a construção destes valores pelos cidadãos se tornou essencial para a formação de sociedades comprometidas com a preservação e conservação da BD.

Como foi possível observar, os termos “preservação” e “conservação” ganham bastante destaque nas discussões socioculturais do conceito BD, por isso, para entender este contexto da BD é preciso entender o que esses dois termos significam. Por fim, gostaríamos de finalizar este item evidenciando como a análise realizada suscitou o entendimento sobre a abordagem integral do conceito de BD (figura 9), visto que até aqui foi enfatizada apenas a abordagem polissêmica deste conceito.

Assim sendo, a abordagem integral do conceito de BD ocorre quando este conceito é discutido a partir de seus dois contextos, científico e sociocultural, sem que um contexto se sobreponha ao outro, ou sem que um contexto seja negligenciado em detrimento do outro. Este entendimento é fundamentado na ideia de que “o conceito de

BD é um conceito federativo por fazer a mediação entre os sistemas ecológicos e sociais a fim de abordar a valorização e a gestão dos ambientes e dos recursos” (LÉVÊQUE, 1999, p.25). Em suma, a polissemia do conceito de BD está associada às diferentes dimensões (ecológica, evolutiva, social, cultural, econômica, ética e ambiental) por meio das quais o conceito pode ser interpretado, e a abordagem integral está associada aos contextos de discussão do conceito, que envolveu várias áreas das ciências naturais, exatas e humanas.

Figura 9 – Panorama conceitual da biodiversidade



Fonte: elaborado pela autora

Para auxiliar na compreensão do nosso posicionamento, a figura 9 apresentou uma sistematização dos dois contextos nos quais o conceito de BD pôde ser discutido e mostrou uma representação de como entendemos a abordagem integral e polissêmica deste conceito após a análise das concepções científicas. Esta representação caracterizou o panorama conceitual de biodiversidade construído com base na análise das concepções científicas. Agora que foi finalizada a apresentação do primeiro componente do MRE - as concepções científicas sobre BD, no próximo item será feita a apresentação das concepções dos estudantes sobre este conceito.

### 3.1.2. Conhecendo as concepções dos estudantes sobre biodiversidade

A análise das concepções dos estudantes sobre BD foi realizada com base em 16 artigos científicos, que fizeram relatos do desenvolvimento de pesquisas empíricas sobre

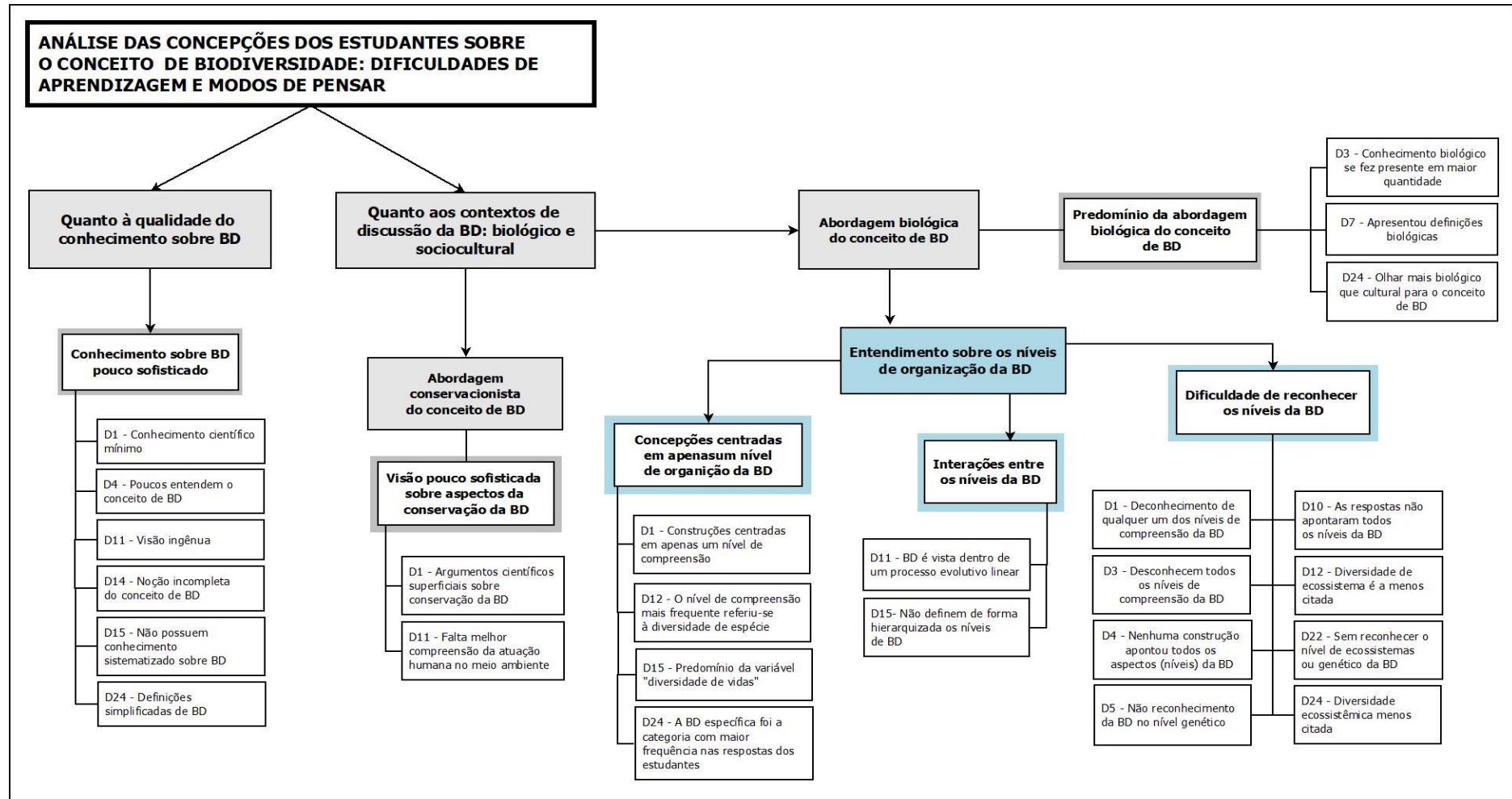
estas concepções no ensino de Ciências/Biologia, nos três níveis de ensino: fundamental, médio e superior. É importante destacar que estes artigos representam um recorte do conjunto de documentos selecionados para a etapa anterior (30 documentos), de modo que nesta segunda etapa só foram considerados aqueles que tinham o objetivo explícito de investigar as concepções dos estudantes sobre BD (16 artigos).

Como a nossa pesquisa foi voltada para o ensino superior poderia ficar a interrogação do porquê considerarmos outros níveis de ensino na análise das concepções dos estudantes. Sinalizando as nossas motivações, acreditamos que determinar o nível de ensino dos artigos analisados não seria um recorte pertinente, mesmo porque, a análise realizada neste estudo nos mostrou que os estudantes do nível fundamental, médio e superior compartilham algumas formas semelhantes de compreender a BD, o que implica em dificuldades de aprendizagem semelhantes, relativas a este conceito. Logo, prezamos por conhecer o máximo possível das concepções dos estudantes sobre BD e não por as restringir a um único nível de ensino. Acreditamos que isto nos ajudou no entendimento do conceito em si, e na identificação de potencialidades pedagógicas capazes de auxiliar o *design* de um ambiente de ensino e aprendizagem, no qual o conceito de BD possa ser abordado em uma perspectiva integral e polissêmica.

A análise das concepções dos estudantes sobre BD resultou na construção de um panorama geral, que evidencia as concepções e as dificuldades de aprendizagem dos estudantes frente ao conceito de BD (figura 10). Este panorama considerou dois critérios de organização: (1) a qualidade do conhecimento dos estudantes sobre BD; e (2) a forma como as concepções dos estudantes contemplou os contextos de discussão deste conceito. Este último critério leva em consideração os contextos de discussões do conceito de BD apresentadas no item anterior – contexto científico e contexto sociocultural.

Considerando o primeiro critério de organização do panorama apresentado na figura 10, foi possível notar que as concepções dos estudantes sobre BD se mostraram pouco sofisticadas. Isto evidenciou que os estudantes não reconhecem a BD como um conceito integral e polissêmico. Ao contrário disto, a análise mostrou que os estudantes pensam a BD priorizando um de seus contextos de discussão, sendo o contexto científico aquele privilegiado nas concepções dos estudantes. No entanto, mesmo considerando apenas o contexto científico do conceito de BD, a análise deixou claro que os estudantes não compreendem a amplitude conceitual de BD associada a este contexto de discussão.

Figura 10 – Panorama geral da análise das concepções dos estudantes sobre o conceito de biodiversidade: dificuldades de aprendizagem e modos de pensar



Fonte: elaborado pela autora

Os apontamentos destacados no parágrafo anterior podem ser observados em alguns fragmentos dos documentos analisados, como veremos adiante. No D1 (documento 1) a autora destacou que “o estudo mostra que estudantes e professores apresentam conhecimentos científicos mínimos sobre biodiversidade geral” (FONSECA, 2007, p.75). No D14 os autores analisaram que “os alunos têm noção do conceito de biodiversidade embora este não esteja completo” (OLIVEIRA; GUIMARÃES, 2016, p.5). Estas afirmações levaram em consideração as várias possibilidades de interpretação deste conceito, tanto no contexto científico como no sociocultural. Na figura 10 foram evidenciados outros documentos que ratificaram esta ideia de que os estudantes possuem conhecimento pouco sofisticado sobre BD.

Desse modo, partindo da premissa de que uma compressão sofisticada do conceito de BD é aquela que o entende de forma integral e polissêmica, é importante notar que mesmo os artigos que não evidenciaram explicitamente a qualidade das concepções dos estudantes investigados mostraram de alguma forma que estas concepções estão aquém do que é conhecido sobre BD atualmente. Mais importante que isso, essas concepções se encontram, de certa forma, distantes do que é pertinente conhecer sobre BD no contexto educacional (MOTOKANE, KAWASAKI, OLIVEIRA, 2010). De acordo com o material analisado, esta distância entre as concepções dos estudantes e o conhecimento escolar de BD pode ser identificada nos três níveis do ensino de Biologia: fundamental, médio e superior.

Em convergência com estes resultados, Miani (2017) salienta que os graduandos possuem visão fragmentada em relação ao conceito de biodiversidade. Segundo a autora, esta visão desconsidera aspectos importantes do conceito de BD, “como por exemplo a diversidade genética e a questão do ser humano ser parte do ambiente, o que influencia diretamente o nível de compreensão sobre conservação” (MIANI, 2017, p. 136). Estes e outros aspectos importantes do conceito de BD foram considerados de forma mais detalhada na apresentação do segundo critério de organização do panorama da figura 10.

Com base nos contextos de discussão do conceito de BD – contexto científico e contexto sociocultural, a análise realizada mostrou que os estudantes possuem concepções que abrangem os dois contextos de discussão do conceito. No entanto, eles utilizam mais o contexto científico que o sociocultural para expressar suas compreensões sobre BD. Esse predomínio da abordagem biológica do conceito de BD nas concepções dos estudantes pode ser visto dos documentos D3, D7 e D24, cujas unidades de contexto podem ser encontradas na figura 10. Por meio dos demais documentos também é possível

identificar esta característica das concepções dos estudantes, mas nem sempre de forma tão explícita como naqueles três documentos mencionados anteriormente.

Ainda considerando a abordagem biológica do conceito de BD, foi possível observar, com base na análise realizada, que os estudantes: (1) centraram suas explicações em um nível de organização da BD, geralmente na diversidade de espécies; (2) desconsideraram/desconheceram as interações existentes entre os níveis de organização e (3) não reconheceram todos os níveis de organização da BD, sendo o nível genético o mais desconsiderado/desconhecido entre os estudantes, seguido do nível ecossistêmico. Este último apareceu em alguns trabalhos como o nível menos citado (D24) e em outros como o viés mais citado (D4).

Analisando esses dois documentos percebemos que o contexto no qual a pesquisa foi realizada pode ter influenciado nestes resultados, já que a primeira foi realizada no ambiente formal da sala de aula, no qual os estudantes foram chamados a responder o que entendiam sobre BD, e a segunda foi realizada por meio de uma atividade de trabalho de campo, em uma abordagem mais ambiental, na qual os estudantes tinham contato direto com a natureza. Desse modo, as concepções elencadas pelos estudantes para explicar o que entendiam sobre BD podem ter mudado, conforme mudou o contexto no qual estas concepções foram evocadas. Esse pensamento se aproxima do que já foi evidenciado por Oliveira (2005) e por Onório, Oliveira e Kawasaki (2013): as concepções sobre BD são contexto-dependentes.

Com isso, não queremos dizer que o ambiente formal da sala de aula não é propício para o ensino de BD, nem que uma compreensão adequada deste conceito só pode ser construída se os estudantes forem levados para ambientes extra-classe. Estamos apenas explicitando que este conceito deve ser discutido no ensino a partir de diversos contextos, cenários, situações e circunstâncias, que possibilitem múltiplas formas de pensar sobre BD. Sendo assim, o trabalho de campo é apenas uma alternativa, dentre outras tantas, como a utilização de um vídeo, a análise de uma situação modelo, etc. Dado o exposto, entendemos que é fundamental para a construção de uma compreensão integral e polissêmica do conceito de BD que este conceito seja discutido por meio de um amplo repertório de contextos, que forneça aos estudantes variados modos de pensar sobre BD.

Outro aspecto evidenciado na análise realizada foi que, com frequência, os pesquisadores não consideraram a dimensão evolutiva do conceito de BD para analisar as concepções dos estudantes. No conjunto de documentos analisados nesta etapa apenas o estudo relatado no D11 utilizou o viés evolutivo para investigar as concepções dos

estudantes. O objetivo do artigo citado (D11) foi o de identificar as interpretações de estudantes do ensino médio sobre o conceito de BD. Para tal, várias interpretações deste conceito foram consideradas em um questionário, inclusive aquela evolutiva. A análise destes questionários mostrou que “a visão tradicional de que o processo evolutivo é linear e busca o progresso, continua presente no entendimento dos alunos” (SILVA; SILVA, 2014, p.4762).

Os resultados do estudo de Silva e Silva (2014) reiteram aquilo que identificamos com os resultados do presente estudo: os estudantes possuem dificuldades para entender a dimensão evolutiva do conceito de BD, que presume que há interações entre os seus três níveis de organização. Na verdade, nossa análise mostrou que grande parte dos estudantes não expressou ter conhecimento sobre estas interações, de maneira que, quando reconheceram os três níveis de organização da BD, o que não foi comum, os conceberam como níveis independentes entre si.

Finalizando as discussões referente à figura 10, teceremos algumas considerações sobre como os estudantes contemplaram a abordagem conservacionista do conceito de BD em suas concepções. Primeiramente, vale destacar que esta abordagem foi menos utilizada pelos estudantes para explicar o que entendiam sobre BD do que a abordagem biológica, embora informações sobre a preservação, conservação e perda da BD sejam bastantes frequentes na mídia, fazendo parte do cotidiano dos estudantes. Na verdade, de acordo com vários pesquisadores, a mídia tem sido um dos meios de popularização do conceito de BD desde da segunda metade dos anos de 1980, principalmente da sua abordagem conservacionista (LÉVÊQUE, 1999; MOTOKANE, 2015; OLIVEIRA; MARANDINO, 2011). Por essa razão, futuramente seria interessante investigar os motivos pelos quais essa abordagem ainda é pouco utilizada pelos estudantes nas suas explicações sobre BD.

Sobre a forma como a abordagem conservacionista pôde ser identificada nas concepções dos estudantes sobre BD, a análise realizada mostrou que esta abordagem foi utilizada de modo superficial pelos estudantes, estando normalmente ligada às visões que eles tinham sobre as relações estabelecidas entre o homem e a natureza. Nesta mesma direção, os resultados de Miani (2017) indicam que quanto mais ampla a compreensão do conceito de biodiversidade apresentada pelos estudantes, mais adequadas são suas concepções de conservação. Por compartilharmos deste entendimento, já era esperado neste estudo que uma visão pouco sofisticada da abordagem biológica do conceito de BD,

como aquela identificada na análise aqui realizada, implicaria em uma visão pouco sofisticada da abordagem conservacionista deste conceito.

A seguir, serão aprofundadas esta e outras discussões, por meio de uma apresentação mais pormenorizada das concepções e dificuldades dos estudantes frente ao conceito de BD. Assim, primeiramente, será destacado o entendimento dos estudantes sobre os níveis de organização da BD. Como o nível mais reconhecido pelos estudantes foi o de diversidade de espécie (quadro 15), as reflexões serão iniciadas por este nível. Em seguida, serão apresentados conjuntamente o nível de diversidade genética e o de diversidade de ecossistemas (quadro 16).

Quadro 15 – Concepções e dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre o nível de diversidade de espécies

CATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO (UR)	OCORRÊNCIA NOS DOCUMENTOS	UNIDADE DE CONTEXTO (UC)
DIVERSIDADE DE ESPÉCIES (DE)	(01) O termo BD utilizado como sinônimo de DE	D4; D5; D7; D12; D14; D15; D17; D22; D24;	DE01-D17: “Sinalizou a biodiversidade segundo o conceito de diversidade de espécie.” DE01-D12: “O nível de compreensão mais frequente referiu-se à diversidade de espécies.”
	(02) Diversidade de espécies representada pela diversidade de animais e plantas	D4; D14; D24	DE02-D4: “[...] Biodiversidade apareceu como quantidade de plantas.” DE02-D24: “hace refrencia sólo a espécies de fora y fauna (o vegetales y animales).”
	(03) <i>Número</i> como único atributo do componente <i>espécies</i> .	D1; D4; D17; D22;	DE03-D1: “[...] construções centradas em apenas um nível de compreensão: variação do número de espécies.” DE03-D17 “biodiversidade como riqueza de espécies, ou seja, a quantidade de espécies diferentes que habitam um determinado espaço.”
	(04) Dificuldade em definir o que é uma espécie	D22	DE04-D22: “Foi necessário identificar a diversidade relacionada pelos alunos em termos de organismos, uma vez que não é claro que o que os estudantes reconhecem satisfaça a definição de espécies.”

Fonte: elaborado pela autora

Conforme pode ser observado no quadro 15, foram identificadas as seguintes concepções dos estudantes acerca do nível de diversidade de espécies: (1) diversidade de



espécie como sinônimo de BD; (2) diversidade de espécies representada pela diversidade de animais e plantas; (3) “número” como único atributo do componente “espécies”. Além disso, ficou evidente que o conceito de espécie é importante para o entendimento do conceito de BD, já que alguns estudantes apresentaram dificuldades em definir o que seria uma espécie, como mostrou a unidade de registro DE04-D22 anteriormente apresentada. Esta dificuldade pode ser justificada pela complexidade que o conceito de espécie ganha no âmbito da Biologia, apresentando, do mesmo modo que o conceito de BD, várias definições ao longo da evolução desta ciência (RÔÇAS; SIQUEIRA-BATISTA, 2008).

Considerando os itens 1 e 2 do parágrafo anterior, é importante destacar que estas concepções dos estudantes sobre o conceito de biodiversidade os acompanham até o nível superior de ensino. Isto pode ser visto nos dados desta pesquisa e também, de forma semelhante, nos dados da pesquisa de Miani (2017) que destaca que os graduandos compreendem o conceito de biodiversidade como sinônimo para riqueza de espécies, principalmente de espécies de animais. A seguir apresentaremos as concepções dos estudantes sobre os outros dois níveis de organização da BD: diversidade genética e diversidade de ecossistemas (quadro 16).

Quadro 16 – Concepções e dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre os níveis de organização da biodiversidade: diversidade genética e diversidade de ecossistemas

<b>CATEGORIA</b>	<b>UNIDADES DE REGISTRO (UR)</b>	<b>OCORRÊNCIA NOS DOCUMENTOS</b>	<b>UNIDADE DE CONTEXTO (UC)</b>
DIVERSIDADE GENÉTICA (DG)	(01) Diferença morfológica como indicador de diversidade dentro da espécie	D5	DG01-D5: “Há biodiversidade desde que haja diferença morfológica explícita entre os indivíduos.”.
	(02) Dificuldade de compreender a BD dentro das espécies.	D7; D15; D22	DG02-D7: “Conceitos de BD dentro das espécies e diversidade genética não foram bem internalizados pelos estudantes.”. DG02-D22: “Foi identificada dificuldade dos alunos para representar detalhes de cada organismo.”.
DIVERSIDADE DE ECOSSISTEMAS (DEC)	(01) Interações entre as espécies como indicador de BD	D5; D12; D15	DEc01-D5: “o fato de existir uma diversidade de interações é um fator importante para concluir que há biodiversidade em um local.”. DEc01-D12: “percebem a biodiversidade não unicamente como produto a ser consumido, mas, principalmente, como fator importante nas diversas relações ambientais.”.

	(02) DEc como sinônimo de BD	D3; D10; D17	DEc02-D3: “biodiversidade é vista em uma visão sistêmica (noção de ecossistema).”. DEc02-D17: “biodiversidade explicitada pelo conceito de diversidade de espécies e diversidade ecológica.”.
	(03) BD associada a elementos da natureza	D3; D4; D5; D10; D13; D15; D17; D22	DEc03-D17: “A biodiversidade ainda é associada com elementos naturais que estão distantes da presença e do cotidiano humano.”. DEc03-D22: “Os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conceito de biodiversidade são caracterizados por se associar como sinônimo de natureza [...]”.
	(04) Dificuldade de analisar a BD por meio do atributo <i>função</i> no nível ecossistêmico	D21; D22	DEc04-D22: “Não se encontrou nas representações dos estudantes uma diferenciação entre as espécies nativas e as espécies exóticas no ambiente ao seu redor.”.

Fonte: elaborado pela autora

Pode-se notar no quadro 16 que por meio da análise realizada não se pôde identificar muitas concepções ou dificuldades dos estudantes sobre o nível de diversidade genética. A principal razão disto é que existem estudantes que sequer reconheceram a existência deste nível de BD. Um exemplo disto pode ser visto no seguinte fragmento do D5: “não foram encontrados dados que sugerem que os alunos reconheçam a biodiversidade no nível genético” (FIORAVANTE *et al.*, 2014). A compreensão mais próxima deste nível, que os estudantes apresentaram, foi entender que a BD dentro da espécie só pode ser observada se houver diferenças morfológicas explícitas entre os indivíduos de uma mesma espécie. Com isso, ficou evidente que os estudantes têm dificuldade em compreender a BD dentro das espécies, ou seja, o nível genético de BD.

A dificuldade acima aludida também foi identificada por Miani (2017) ao tratar de conservação da biodiversidade com futuros professores de Biologia. De acordo com a autora, os graduandos tinham dificuldade para compreender alguns conceitos biológicos, como, por exemplo, o conceito de espécie chave, as relações filogenéticas entre espécies, diversidade genética de espécies, dentre outros. Todos estes conceitos guardam relações com um entendimento mais avançado sobre o conceito de biodiversidade (MIANI, 2017).

No tocante ao nível ecossistêmico, a análise realizada evidenciou que os estudantes demonstraram ter as seguintes compreensões principais: (1) entendiam as

interações entre as espécies como um indicador de BD, (2) entendiam a diversidade de ecossistemas como sinônimo de BD e (3) associavam a BD a elementos da natureza. Esta última compreensão ficou próxima da noção de “biodiversidade entre paisagens” (FIOVARANTE *et al.*, 2014). Desse modo, foi possível inferir que os estudantes não entendiam o homem como um elemento da natureza, como pode ser visto na unidade de contexto DEc03-D17 anteriormente apresentada. Esta mesma unidade de contexto indicou que os estudantes pensavam o meio ambiente como sinônimo de natureza intocada (CARVALHO, 2012), ou seja, apresentavam uma visão naturalizada do meio ambiente, entendendo-o como autônomo e independente da interação com o mundo cultural humano. Dentro desta visão de meio ambiente, a presença humana, quando aparece, costuma ser entendida como problemática e nefasta para a natureza (CARVALHO, 2012).

Assim, os resultados encontrados deram encaminhamentos para interpretar que os valores que os estudantes atribuem à BD podem ter íntima relação com a compreensão deles sobre as relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza. Se possuem uma visão naturalizada do meio ambiente, possivelmente darão à BD valores associados com a permanência da distância entre a natureza e a presença humana, pois esta é destrutiva para aquela. Mas se, ao contrário, possuem uma visão socioambiental (CARVALHO, 2012) do meio ambiente, o concebem como um campo de interações entre a cultura, a sociedade e a base física e biológica dos processos vitais. Entendendo dessa forma, possivelmente os estudantes darão à BD valores associados com a relação sustentável entre a natureza e a presença do homem. Naturalmente, é necessário investigar estas correlações com mais cuidado em outras oportunidades de estudos, tornando-as objetos explícitos de investigação.

A pesquisa de Miani (2017) apresenta algumas reflexões que caminham no sentido do que apontamos no parágrafo anterior. Para a autora, a compreensão sobre a conservação da biodiversidade dos estudantes investigados em seu trabalho (graduandos de ciências biológicas) estava relacionada com o nível de compreensão deles sobre o conceito de biodiversidade. Este nível poderia ser iniciante, intermediário ou avançado, conforme critérios definidos pela autora, mas os estudantes que tinham uma compreensão iniciante do conceito de biodiversidade, tinham também uma visão iniciante da necessidade e importância de sua conservação. Este mesmo padrão se repetiu para as categorias intermediário e avançado (MIANI, 2017). Desse modo, consideramos que entender a visão socioambiental das relações entre sociedade e natureza pode favorecer a

compreensão adequada do contexto sociocultural de BD, a partir das múltiplas dimensões nas quais este conceito pode ser interpretado. O quadro 17 sistematiza as compreensões dos estudantes relacionadas à abordagem conservacionista do conceito de BD.

Quadro 17 – Concepções dos estudantes relacionadas à abordagem conservacionista do conceito de biodiversidade

CATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO (UR)	OCORRÊNCIA NOS DOCUMENTOS	UNIDADE DE CONTEXTO (UC)
ABORDAGEM CONSERVACIONISTA (AC)	(01) Os benefícios e recursos da BD são entendidos em uma perspectiva antropocêntrica	D3; D7; D10; D12; D13; D22; D24	AC01-D7: “Um dos entrevistados, não assimilou a retirada dos recursos como algo em excesso e para ele se o homem o faz é por necessidade.”. AC01-D22: “As funções que os alunos atribuem aos organismos que reconhecem estão relacionadas a um uso cultural como um serviço ou recurso para o homem.”.
	(02) Os benefícios e recursos da BD estão ligados a aspectos ecológicos	D3; D7; D10; D12; D13; D15; D24	AC02-D12: “[...] dentre os alunos que atribuíram valor indireto à biodiversidade e sua conservação, a maioria apontou, dentro deste, para o valor não consumista, que está relacionado aos processos e serviços ambientais [...]”. AC02-D24: “[...] a biodiversidade contribui para manter o equilíbrio ecológico.”.
	(03) Reconhecem a existência de estudos científicos ligados à BD	D3; D10; D11; D12; D14; D24	AC03-D3: “[...] a biodiversidade é relacionada aos seres vivos usados em laboratório.”. AC03-D24: “A biodiversidade entendida como fonte de investigação científica.”.
	(04) Reconhecem a redução da BD	D1; D13	AC04-D1: “[...] há a percepção pelos estudantes da redução da biodiversidade em diferentes escalas.”. AC04-D13: “Um número considerável de alunos ainda não consegue apresentar de forma crítica, um responsável pelas alterações ambientais e, conseqüentemente a perda da biodiversidade.”.
	(05) Reconhecem aspectos éticos ligados à BD	D7; D12	AC05-D7: “Foi observado a apropriação de alguns conceitos que envolvem a biopirataria, a importância dos povos tradicionais, a necessidade de preservação e a

			preocupação com a forma desumana de tratar os animais.”.
--	--	--	--

Fonte: elaborado pela autora

Como apresentadas no quadro 17, as concepções dos estudantes ligadas à abordagem conservacionista podem estar relacionadas com a perspectiva na qual os benefícios e recursos da biodiversidade são entendidos pelos estudantes: perspectiva antropocêntrica e ecológica. Considerando a perspectiva antropocêntrica, dados semelhantes foram encontrados por Miani, em seu trabalho com graduandos de Biologia; nele, a autora destaca que “o valor utilitário da biodiversidade é o mais importante para os estudantes em suas justificativas de conservação, ou seja, a conservação da biodiversidade está atrelada à sua utilidade para a população humana” (MIANI, 2017, p. 73). A autora caracteriza isto como uma perspectiva antropocêntrica da conservação da biodiversidade.

Outra característica das concepções dos estudantes ligada à abordagem conservacionista foi o reconhecimento da existência de estudos científicos ligados à BD. Mas, embora os estudantes reconhecessem esses estudos, não foi possível identificar na análise realizada dados que sugerissem que eles tivessem conhecimento sobre a importância da pesquisa científica relacionada à BD. Na verdade, o contrário disto pôde ser observado no documento D24, quando os autores destacaram que: “os estudantes que responderam aos questionários não percebem a importância da investigação científica para gerar conhecimento científico que permita tomar decisões confiáveis relacionadas à diversidade biológica” (VILCHES *et al.*, 2015, p.52, tradução nossa). Isso mostrou que os estudantes atribuem pouca relevância aos estudos científicos da BD.

Por fim, ainda sobre esta abordagem conservacionista, os estudantes pareceram reconhecer a perda da BD e a existência de aspectos éticos ligados a ela. Apesar disso, os documentos D1 e D13 mostraram que os estudantes percebem a perda da BD, mas não conseguem explicar as causas deste fato. Realmente, percebemos na análise realizada que estas duas questões relacionadas ao conceito de BD apareceram nas concepções dos estudantes de forma muito sutil. Para nós, isto foi um indicativo de que os estudantes precisam melhorar suas compreensões sobre estes aspectos tão importantes da BD. Um exemplo dessa falta de compreensão sobre os motivos que levam à perda da BD pode ser observado no documento D13, conforme fragmento destacado na unidade de contexto AC04-D13, apresentada no quadro 17.

Finalizando este item, vale ressaltar que as características das concepções dos estudantes sobre BD aqui apresentadas devem servir como ferramentas e/ou como ponto de partida para o planejamento de ambientes de ensino e aprendizagem sobre o conceito em questão, conforme defende o MRE. Neste é sugerido ainda que seja estabelecido um diálogo entre as concepções científicas e aquelas dos estudantes, propondo que deste diálogo emergjam potencialidades pedagógicas indispensáveis ao planejamento de ambientes de ensino e aprendizagem. O próximo item será dedicado à apresentação das potencialidades pedagógicas que emergiram das aproximações e distanciamentos entre as concepções científicas e dos estudantes, ou seja, do diálogo entre estas concepções.

### 3.1.3. Potencialidades pedagógicas identificadas no diálogo estabelecido entre as concepções científicas e dos estudantes sobre biodiversidade

Como foi evidenciado na parte teórica deste estudo, as concepções científicas e as dos estudantes sobre um determinado conhecimento científico são muito importantes para o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem descrito no MRE. Isso se dá porque o MRE defende que é possível identificar aproximações e distanciamentos entre as concepções científicas e as dos estudantes, que podem ser frutíferos para o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos científicos (DUIT et. al., 2012). Estas aproximações e distanciamentos são identificadas no diálogo estabelecido entre as concepções científicas e as dos estudantes acerca de um conteúdo científico específico.

Ao estabelecermos o diálogo citado anteriormente, emergiram potencialidades pedagógicas, que foram traduzidas em: (1) necessidades de aprendizagem dos estudantes, (2) dificuldades de aprendizagem dos estudantes e (3) estratégias metodológicas para o ensino e aprendizagem, todas relativas ao conceito de biodiversidade. Desse modo, as potencialidades pedagógicas deram encaminhamentos para o *design* da SD sobre biodiversidade. A seguir será apresentado o diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre BD, guiado pelas orientações educacionais provenientes da análise de cada uma dessas concepções; e as potencialidades pedagógicas que emergiram deste diálogo. Além disso, serão feitas considerações que mostram como as potencialidades pedagógicas podem contribuir efetivamente com o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem da ciência.

Para iniciar, sistematizamos no quadro 18 as principais orientações educacionais que, de acordo com este estudo, podem favorecer uma compreensão integral e

polissêmica do conceito de BD na licenciatura em Ciências Biológicas, oriundas da análise das concepções científicas e das dos estudantes sobre este conceito. Estas orientações educacionais guiaram o diálogo estabelecido entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre BD, que foi constituído com base no resultado do terceiro critério da Análise da Importância Educacional (DUIT et. al., 2012) referente à segunda etapa desta pesquisa: potencialidades pedagógicas das contradições ou correspondências entre as ideias científicas e as dos estudantes sobre BD.

Quadro 18 – Orientações educacionais oriundas da análise das concepções científicas e dos estudantes sobre BD

<b>ORIENTAÇÕES EDUCACIONAIS QUE PODEM FAVORECER UMA COMPREENSÃO INTEGRAL E POLISSÊMICA DO CONCEITO DE BIODIVERSIDADE (BD) NO NÍVEL SUPERIOR DO ENSINO DE BIOLOGIA</b>							
ORIUNDAS DA ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS							
Contexto científico	Abordagem biológica	Dimensão Evolutiva			Dimensão Ecológica		Sobre as dimensões
		(1) É fundamental entender o significado de cada um dos níveis de organização da BD, reconhecendo que ela pode ser analisada por meio destes níveis. (2) É importante entender que existem interações entre os níveis de organização da BD e que estas interações permitem um olhar evolutivo da BD. (3) É preciso entender que a BD pode ser analisada de maneira mais detalhada por meio de seus atributos e componentes. E que estes interagem entre si, conferindo uma interpretação ecológica ao conceito de BD.					
Contexto sociocultural	Abordagem conservacionista	Dimensão Social	Dimensão Cultural	Dimensão Econômica	Dimensão Ética	Dimensão Ambiental	Sobre as dimensões
		(4) É essencial reconhecer que no contexto sociocultural a BD pode ser tratada a partir de diferentes dimensões, que não são independentes entre si e perseguem o mesmo objetivo: analisar como se dá a conservação da BD na sociedade (5) É primordial entender que a discussão sociocultural deste conceito permitiu que diferentes valores fossem agregados à BD ao longo do tempo. (6) É fundamental construir valores ligados a BD, quando se busca a formação de sujeitos comprometidos com sua preservação e conservação.					
(7) É elementar discutir o conceito de BD por meio dos seus dois contextos de discussão, compreendendo que ambos os contextos assumem igual importância para o entendimento do conceito de BD, e por isso, um contexto não deve se sobrepor ao outro. (8) É necessário compreender a amplitude conceitual de BD em ambos os seus contextos de discussão.							
ORIUNDAS DA ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES							
(9) É fundamental que o conceito de BD seja discutido por meio de um amplo repertório de cenários, que forneça aos estudantes variados modos de pensar sobre BD.							
Sobre os contextos							

Fonte: elaborado pela autora

Tomando como referência a primeira orientação educacional presente no quadro 18, é possível perceber que as concepções científicas e as dos estudantes relacionadas a ela guardam certo distanciamento, já que a análise das concepções dos estudantes mostrou que estes não entendem o significado de cada um dos níveis de organização. Ao contrário disso, centram suas explicações no nível de diversidade de espécies, sendo o nível de diversidade genética o que mais gerou dificuldade de compreensão nos estudantes. É

importante perceber que o entendimento sobre os três níveis de organização da BD é um critério fundamental para que as orientações educacionais acerca da abordagem biológica sejam consideradas, sem este entendimento tais orientações ficam completamente comprometidas. Em decorrência disto, identificamos que “Os níveis de organização da BD” é um conteúdo significativo para o ensino do conceito de BD, pois que é pré-requisito para uma compreensão mais sofisticada deste conceito. Uma compreensão sofisticada do conceito de BD é, por assim dizer, uma compreensão na qual este conceito seja abordado em uma perspectiva integral e polissêmica.

Como o entendimento sobre os níveis de organização da BD se mostrou relevante para a construção de uma compreensão sofisticada deste conceito, foram analisadas as aproximações e distanciamentos das concepções científicas e das dos estudantes sobre cada nível de organização, isoladamente. Considerando primeiramente o nível de diversidade genética, foi possível perceber que no âmbito científico o conhecimento sobre este nível presume o conhecimento sobre a variação genética entre indivíduos de uma mesma espécie, entre diferentes populações da mesma espécie e/ou entre uma espécie e outras (OLIVEIRA, MARANDINO, 2011).

A esse respeito, os resultados encontrados mostraram que o entendimento dos estudantes parece se aproximar do primeiro caso: variação genética entre indivíduos de uma mesma espécie. Os estudantes identificaram este tipo de variação por meio das diferenças morfológicas explicitamente perceptíveis entre um indivíduo e outro, como mostrou o D5. Neste documento foi apresentada uma categoria de análise que exemplifica este entendimento: “a categoria **diferença fenotípica dos indivíduos** mostra que os alunos entendem que há biodiversidade desde que haja diferença morfológica explícita entre os indivíduos” (FIORAVANTE *et al.*, 2014, grifo dos autores).

Assim, por meio do trabalho de Fioravante e colaboradores (2014), não foi possível perceber se os estudantes compreendem que as diferenças morfológicas estão relacionadas com a expressão de determinados genes, ou seja, com os diferentes genótipos (conjuntos de genes) que constituem cada indivíduo, seja da mesma espécie ou de espécies diferentes. Na verdade, o que ficou claro, na análise realizada neste estudo, foi que os estudantes entendem que quando há semelhança de fenótipos não há biodiversidade (MACIEL; SANTOS; SILVA, 2016; MARÍN, 2010; ONÓRIO; OLIVEIRA; KAWASAKI, 2013). Esta foi uma evidência de que o entendimento sobre diversidade genética precisa ser melhorado ou construído pelos estudantes, principalmente no que diz respeito a variação genética entre diferentes populações da



mesma espécie e/ou entre uma espécie e outras. Um caminho possível para isto pode ser o estudo dos conceitos de genótipo e fenótipo, ambos normalmente trabalhados no ensino de Biologia por meio da disciplina genética.

O termo “genótipo” já havia sido identificado como importante para o entendimento do conceito de BD na análise das concepções científicas. Agora, a importância deste conceito para o entendimento de BD emergiu do diálogo entre as concepções científicas e das dos estudantes sobre o nível de diversidade genética. Assim, as considerações oriundas do diálogo reforçaram aquelas oriundas da análise das concepções científicas. Com isso, podemos sugerir um outro conteúdo importante para o ensino de BD que é “Diversidade genética: do genótipo ao fenótipo”.

Com o entendimento deste conteúdo, possivelmente o aluno poderá entender com mais facilidade que existe relação entre as diferenças morfológicas e a variação genética presente em cada indivíduo. Além disso, poderá entender que mesmo quando há semelhança fenotípica há também biodiversidade, pois, como pontua Mayr (1998, p.161), “não existem dois indivíduos, nas populações sexualmente reproduzíveis, que sejam iguais (...), para qualquer lado que olharmos, encontramos a singularidade, e a singularidade acarreta a diversidade”.

No entanto, é válido destacar que esse modo de entender a biodiversidade, por meio da variação morfológica perceptível a olho nu, foi utilizado nos primórdios dos estudos da taxonomia, para organizar e classificar o conhecimento sobre BD (MAYR, 2008). Logo, é possível identificar, nesta característica do conhecimento dos estudantes sobre BD, um ponto de partida para o ensino deste conceito. A partir deste ponto, o conhecimento dos estudantes deve ser enriquecido com a apresentação de procedimentos mais atuais para identificação, classificação, organização e compreensão da BD. Na análise das concepções científicas sobre BD, foram identificados dois procedimentos que podem contribuir neste sentido: as técnicas de análise a partir do DNA e a utilização de cladogramas. Ambos os procedimentos, bem como o enriquecimento sugerido anteriormente, podem promover oportunidades de os estudantes potencializarem suas habilidades para classificar, como descrever, comparar, identificar critérios de classificação e reconhecer características que diferenciam um indivíduo de outro (MARÍN, 2017); ou seja, podem inspirar objetivos de aprendizagem procedimentais associados ao conceito de BD.

O uso de cladogramas, por exemplo, foi sugerido no documento D9, no qual foi destacado que a construção e a interpretação de cladogramas (diagramas com ramos)

contribuem para “começar a trabalhar conceitos relativos à construção, corroboração e refutação de hipóteses científicas” (COUTINHO; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014, p.328). No caso específico do conceito de BD, os autores apontam neste mesmo documento que o trabalho com os cladogramas auxilia os estudantes a desenvolverem o pensamento em árvore, que envolve a capacidade de “usar esses diagramas para organizar o conhecimento da BD e fazer inferências para apoiar as decisões e ações de cada grupo” (COUTINHO; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014, p.327), frente às problematizações construídas no contexto de sala de aula.

Considerando o nível de diversidade de espécie, foi evidenciado nas concepções científicas que a BD neste nível é identificada por meio do número de espécies de uma região e da diversidade taxonômica que considera a estreita relação entre as espécies (OLIVEIRA; MARANDINO, 2011). A análise das concepções dos estudantes sobre este nível de organização mostrou que eles têm aproximações e distanciamentos tanto com o entendimento acerca do número de espécies, como com o entendimento sobre diversidade taxonômica. O primeiro reivindica conhecimento sobre atributos e componentes da BD, que serão apresentados mais adiante quando tomarmos como referência a orientação educacional 3<sup>13</sup>; e o segundo refere-se à diversidade que está ligada às categorias taxonômicas de Lineu – a hierarquia tradicional na qual os organismos são colocados – situadas acima da categoria espécie (MAYR, 2008). Ou seja, a diversidade de gêneros, ordens, famílias até as categorias mais abrangentes como os reinos.

Assim, ainda sobre este nível da BD, a análise das concepções dos estudantes mostrou que: (1) eles entendem a biodiversidade como sinônimo de diversidade de espécies, sem mencionar, muitas vezes, os outros níveis de organização existentes. Uma evidência disto pode ser observada no D17, quando os autores destacaram que “a maioria dos estudantes sinalizou a biodiversidade segundo o conceito de diversidade de espécies” (MARTINS; OLIVEIRA, 2015); (2) a diversidade de espécies é o nível de organização da BD mais conhecido entre os estudantes do ensino fundamental, médio e superior.

Apesar disso, alguns aprimoramentos são necessários ao conhecimento dos estudantes sobre este nível. Um deles se refere aos grupos de seres vivos citados pelos estudantes ao trazerem exemplos sobre a diversidade de espécies. Como pode ser visto nos documentos D4, D14 e D24, os estudantes ao apresentarem exemplos sobre a

---

<sup>13</sup> Orientação educacional 3: É preciso entender que a BD pode ser analisada de maneira mais detalhada por meio de seus atributos e componentes. E que estes interagem entre si, conferindo uma interpretação ecológica ao conceito de BD.

diversidade de espécies se referem basicamente a animais e plantas, deixando de lado grupos como as bactérias, os protozoários e os fungos. Este aspecto sugere que os estudantes possuem dificuldade de entender a amplitude da diversidade taxonômica, citada anteriormente. Considerando este aspecto, o conceito de BD apresentado por Primack e Rodrigues (2001) poderia ser visto como o mais adequado a ser trabalhado com estudantes que possuem esta característica, por apresentar na definição de BD exemplos que vão além da diversidade de plantas e animais.

Vale destacar, ainda, que os primeiros inventários da BD foram produzidos com base na descrição da diversidade de plantas e animais, principalmente porque não se tinha noção da existência dos microrganismos na época (MARTINS; SANO, 2009). Assim, se considerarmos a percepção sobre a variedade de formas de vida, veremos que o nível de espécie, representado pelos animais e plantas, foi historicamente o mais utilizado para descrever e organizar a BD (MAYR, 1998; MARTINS; SANO, 2009). Mas, por outro lado, deve-se considerar que os estudos sobre BD foram redimensionados com a descoberta dos microrganismos e com os trabalhos de Darwin e Mendel (MARTINS; SANO, 2009). Com isso, visualizamos na história da ciência uma possibilidade de ampliar o conhecimento dos estudantes sobre diversidade de espécies, seja por meio da história dos processos de descrição e organização da BD, seja por meio da história relativa ao impacto da descoberta do microscópio para o estudo dos microrganismos e da BD, consequentemente.

Nesse sentido, é possível perceber que a compreensão da diversidade de espécies como sinônimo de diversidade de plantas e animais pode ser considerada como outro ponto de partida para o ensino de BD. A partir deste ponto, os estudantes podem ser convidados a entender que existe uma enorme diversidade de vida para além das plantas e dos animais, explorada a partir da descoberta dos microrganismos. Com base nisto, podemos propor outro conteúdo pertinente ao ensino de BD – Diversidade de espécies: a diversidade da vida além das plantas e dos animais.

Explorando mais os resultados sobre as aproximações e os distanciamentos das concepções científicas e das dos estudantes sobre o nível de diversidade de espécies, foi possível identificar que os estudantes apresentaram certa confusão com os termos “espécie” e “organismo”. Ao identificar resultados semelhantes a estes, no D22 os autores optaram por “identificar a diversidade relacionada pelos alunos em termos de organismos, uma vez que não é claro que o que os estudantes reconhecem satisfaçam a definição de espécies” (MARÍN, 2017, p.11). Ao se optar pela diversidade de organismos ao invés da

diversidade de espécies, subtende-se que é permitida, no contexto desta diversidade, a inclusão de categorias de classificação acima do nível de espécies, como os gêneros, as famílias, os reinos, etc (MARTINS; SANO, 2009), ou seja, subtende-se a diversidade taxonômica. No entanto, não foi possível perceber se o entendimento dos estudantes se direcionou para esta linha de raciocínio. Independentemente disso, identificamos, ao longo da análise focada na diversidade de espécies, que os estudantes precisam ser expostos a situações de ensino e aprendizagem que evidenciem as reflexões e definições do próprio conceito de espécie.

De fato, no âmbito da própria Biologia, delimitar o que é uma espécie tem sido um trabalho bastante difícil, que envolveu e ainda envolve muitas polêmicas e discussões. Para Mayr:

[...] o reconhecimento, a descrição e a delimitação das espécies é uma atividade bem distinta de outros objetivos da taxonomia. Trata-se de uma área repleta de dificuldades semânticas e conceituais, em geral chamadas de “o problema da espécie”. O termo “espécie” significa simplesmente “tipo de organismo”, mas, como a variação é onipresente no mundo vivo, é preciso definir precisamente o que se quer dizer com “tipo” (MAYR, 2008, p.177, destaques do autor).

Com isso, na tentativa de definir com precisão os critérios para delimitar uma espécie, foram surgindo ao longo do tempo vários conceitos de espécie como: o conceito tipológico de espécie, o conceito biológico de espécie e outros conceitos concorrentes (MAYR, 2008; LÉVÊQUE, 1999; MARTINS; SANO, 2009). Ao tentar entender quais os critérios utilizados por cada um desses conceitos para delimitar uma espécie, o critério utilizado pelo conceito tipológico nos chamou atenção, por ser o mesmo critério utilizado pelos estudantes para identificar a BD dentro das espécies: o critério morfológico. Isso pode ser um indicativo de que a compreensão dos estudantes sobre o que é uma espécie pode estar próxima do que defende o conceito tipológico. No entanto, como já é sabido, apenas o critério morfológico é insuficiente para delimitar com precisão uma espécie (MAYR, 2008; LÉVÊQUE, 1999). Desse modo, parece oportuno trazer para o ensino de BD as outras possibilidades de compreensão deste conceito, principalmente, aquela que tem sido mais utilizada na Biologia, que é o conceito biológico de espécie.

Para finalizar o diálogo em torno da primeira orientação educacional do quadro 17 (p.116), trataremos agora do nível de diversidade de ecossistemas. Com base nas análises das concepções científicas, o entendimento sobre neste nível se refere à diversidade de *habitats*, desde grandes ambientes, como florestas, até corpos d'água (rios, lagos, etc.), diferentes extratos vegetais e solos ou a processos ecológicos, entendidos

como qualquer evidência da relação entre um organismo e o ambiente, ou entre organismos e até mesmo fenômenos naturais característicos do ambiente representado (OLIVEIRA; MARANDINO, 2011).

Sobre a BD presente nestes contextos, a análise das concepções dos estudantes mostrou que o conhecimento deles sobre diversidade de ecossistemas se aproximou tanto do entendimento de diversidade de *habitats*, como daquele de diversidade de processos ecológicos. Este último, tendo em vista principalmente as relações existentes entre os seres vivos. O conhecimento dos estudantes sobre a primeira perspectiva pode ser exemplificado no documento D5, quando os autores destacaram que “os alunos entendem que a biodiversidade entre paisagens se dá pela diferença que existe tanto da biota quanto dos componentes físicos” (FIORAVANTE *et al.*, 2014, p.1618). Neste documento os autores pontuaram, ainda, que os estudantes perceberam a diferença entre ecossistemas em função de elementos que compõem uma paisagem.

A esse respeito, neste e em outros documentos (D3, D4, D10, dentre outros), foi possível perceber que quando os estudantes foram chamados a elencar elementos de uma paisagem, eles fizeram isto, predominantemente, por meio de elementos naturais distantes da presença e do cotidiano do homem. Isto evidenciou uma necessidade de aprendizagem dos estudantes frente à diversidade de ecossistemas, que foi entender a relação do homem com as outras espécies e com o ambiente, ou seja, entender o homem como parte integrante de ecossistemas. Esta ideia é compartilhada também por Miani (2017), que explicitou que o desafio atual do ensino de BD está em considerar o ser humano como parte do ambiente, investindo em ações que levem à formação de indivíduos que compreendam de forma mais adequada os aspectos relacionados à conservação da biodiversidade. Desse modo, é possível perceber que o entendimento das relações do homem com o ambiente é parte fundamental para a compreensão da BD em uma perspectiva sociocultural.

Sobre a diversidade de processos ecológicos, a análise das concepções dos estudantes mostrou que eles reconhecem que existe diversidade de interações entre os seres vivos. Isto foi evidenciado no documento D5, quando foi mostrado que “os alunos entendem que a biodiversidade está relacionada com as diferentes interações que existem entre os seres vivos” (FIORAVANTE *et al.*, 2014, p.1618). Na análise que fizemos, não foi possível perceber se os estudantes consideraram os seres humanos como componentes destas interações, mas as considerações feitas anteriormente deram indícios que possivelmente os estudantes não incluíram o homem como parte da biodiversidade.

Com isso, reiteramos o que já foi dito, isto é, os estudantes precisam entender que o homem é um elemento integrante do ecossistema. Este entendimento pode permitir o aprimoramento do conhecimento dos estudantes em relação ao nível de diversidade de espécies, e, conseqüentemente, pode facilitar o entendimento deles sobre o contexto sociocultural do conceito de BD. Como destacado por Fioravante e colaboradores (2014), o entendimento do nível de diversidade de ecossistemas pode ser de grande importância para as ações educativas que se preocupam com a preservação e conservação de biomas. Portanto, entender as interações entre o homem e os ecossistemas, ou entre o homem e a natureza, pode favorecer o desenvolvimento da compreensão integral e polissêmica do conceito de BD. Com isto foi possível propor outro conteúdo pertinente, e necessário, para o ensino do conceito de BD – Diversidade de ecossistemas: as interações entre o homem, os outros seres vivos e o ambiente.

Continuando com a apresentação do diálogo aqui pretendido, retomaremos neste momento do texto o restante das orientações apresentadas no quadro 18 (p.119). De antemão, vale lembrar que as dificuldades e necessidades de aprendizagem dos estudantes frente a esta primeira orientação educacional, apresentada anteriormente, traz conseqüências para todas as demais, como veremos adiante.

Dito isto, tomando como referência a segunda orientação educacional<sup>14</sup> do quadro 17, que destacou a importância do entendimento acerca das interações existentes entre os níveis de organização de BD para a compreensão integral e polissêmica deste conceito, foi possível perceber na análise das concepções dos estudantes que eles não reconheceram estas interações. Com isso, a compreensão sobre a dimensão evolutiva do conceito de BD deve ser considerada uma necessidade de aprendizagem dos estudantes, que pode ser superada com o entendimento dos conceitos de mutação e seleção natural, como apontado na análise das concepções científicas sobre BD.

Além disso, a necessidade acima aludida envolve a compreensão de que a BD ultrapassa a visão fragmentada de cada um dos seus níveis de organização (GRANDI et.al., 2014), uma vez que ela não é um simples catálogo de genes, espécies ou ambientes, mas sim o resultado da interação dinâmica entre estes três níveis hierárquicos (LÉVÊQUE, 1999). Esta necessidade já era esperada, pois perceber as interações entre os níveis de organização da BD requer o conhecimento sobre cada nível, e, como vimos, existem níveis de organização que os estudantes pouco reconheceram ou desconhecaram

---

<sup>14</sup> Orientação Educacional 2: É importante entender que existem interações entre os níveis de organização da BD e que estas interações permitem um olhar evolutivo da BD.

totalmente. Isso nos direcionou a visualizar um outro conteúdo para o ensino de BD – Interação dinâmica entre os níveis de organização da biodiversidade.

Considerando a terceira orientação educacional<sup>15</sup>, foi possível perceber, com a análise das concepções dos estudantes, que eles possuem algumas características que se aproximaram das concepções científicas sobre os atributos e componentes da BD. De acordo com o conhecimento sobre estes, o número, a abundância, a função e a composição são atributos da BD; que juntamente com seus componentes ajudam a entender detalhadamente cada um dos seus níveis de organização (MARTINS; SANO, 2009; DÍAZ apud BERMUDEZ et.al., 2012). Com os resultados encontrados, não foi possível sugerir que os estudantes compreendem que os atributos e componentes da BD permitem analisá-la de um modo mais detalhado.

Todavia, estes resultados mostraram claramente que os estudantes reconhecem o atributo “número” como importante para analisar o componente “espécie”, ou seja, como um atributo importante para analisar a biodiversidade de uma região. Isto pôde ser visto no seguinte fragmento do documento D4: “fica evidente que a concepção mais simples e mais clássica presente nas respostas dos alunos é da biodiversidade como riqueza de espécies, ou seja, a quantidade de espécies diferentes que habitam um determinado espaço” (MARTINS; OLIVEIRA, 2015, p.138). Esse conhecimento pode ser aprimorado com a utilização de outros atributos para analisar a BD de uma região, como abundância e função; ou ainda, com a utilização de outros componentes para analisar esta mesma biodiversidade, como gene e ecossistema.

Outra concepção dos estudantes que guardou relações com o conhecimento sobre os atributos e componentes da BD foi aquela que evidenciou que os estudantes não diferenciam o papel de espécies nativas e exóticas dentro de um ecossistema, como mostrou o documento D22. Com isso, foi possível identificar que os estudantes possuem dificuldades de analisar a BD presente num ecossistema por meio do atributo função. Esta fato confirmou a importância de ampliar o conhecimento sobre BD a partir do entendimento sobre seus atributos e componentes, ou seja, sobre sua dimensão ecológica. Isto posto, foi possível sugerir mais um conteúdo para o ensino de BD – Atributos e componentes da biodiversidade: ampliando a visão sobre um conceito.

---

<sup>15</sup> Orientação educacional 3: É preciso entender que a BD pode ser analisada de maneira mais detalhada por meio de seus atributos e componentes. E que estes interagem entre si, conferindo uma interpretação ecológica ao conceito de BD.

As três orientações educacionais seguintes, apresentadas no quadro 18 (p.119), são relativas ao contexto sociocultural do conceito de BD. Assim, a quarta orientação educacional<sup>16</sup> versou sobre a amplitude conceitual presente neste contexto, expressa através das múltiplas dimensões nas quais a conservação da BD pode ser analisada. Sobre isso, os resultados da análise das concepções dos estudantes mostraram que eles reconhecem a importância da conservação da BD, mas a concebem de forma bastante superficial, sem levar em consideração as várias dimensões nas quais ela pode ser analisada. Isto pôde ser visto no documento D10, quando os autores destacaram que os estudantes possuem visões ingênuas sobre a conservação da BD. Nas palavras dos autores, “a mídia influencia a visão dos jovens sobre temáticas importantes, como a conservação da biodiversidade, lhes proporcionando uma visão ingênuas sobre alguns pontos da temática, em vez de desenvolver uma postura mais crítica.” (SILVA; SILVA, 2014, p.4763).

No documento D12 também foi possível observar que os estudantes reconhecem a importância da conservação da BD. Neste documento, os autores destacaram que “os estudantes reconhecem a importância da conservação da biodiversidade e apontam a necessidade de sua valorização e uso sustentável” (HORA; FONSECA; SODRÉ, 2015, p.72). No entanto, foi comum os estudantes reconhecerem a importância da conservação da BD, mas apresentarem argumentos científicos ingênuos para justificá-la (FONSECA, 2007). Como pôde ser visto anteriormente, isso também foi identificado neste trabalho a partir da análise das concepções dos estudantes sobre o contexto sociocultural da BD.

Outro entendimento dos estudantes identificado na análise de suas concepções reforçou o que foi comentado no parágrafo anterior: os estudantes reconhecem a existência da perda da biodiversidade, mas não sabem explicar quais as causas deste fenômeno. Isto pôde ser visto nos documentos D1 e D13. Neste último, os autores destacaram que “um número considerável de alunos não consegue apresentar de forma crítica, um responsável pelas alterações ambientais e, conseqüentemente a perda da biodiversidade” (SANTOS *et al.*, 2017, p.1).

Assim, a partir dos exemplos apresentados anteriormente, percebemos que o conhecimento dos estudantes sobre a importância e a necessidade da conservação da BD

---

<sup>16</sup> Orientação educacional 4: É essencial reconhecer que no contexto sociocultural a BD pode ser tratada a partir de diferentes dimensões, que não são independentes entre si e perseguem o mesmo objetivo: analisar como se dá a conservação da BD na sociedade.



precisam ser aprimorados. Acreditamos, com base no que já foi investigado até aqui, que este aprimoramento pode ser facilitado mediante o entendimento das múltiplas dimensões por meio das quais a conservação da BD pode ser analisada e por meio da utilização de conhecimento científico na construção de argumentos sofisticados para justificar a conservação e a perda da biodiversidade. Seguindo o esforço de sugerir conteúdos relacionados às necessidades de aprimoramentos dos estudantes, indicamos aqui outro conteúdo conceitual adequado ao ensino de BD em uma perspectiva integral e polissêmica – A conservação da biodiversidade em foco: diferentes olhares de uma análise.

Partindo para as discussões a respeito das orientações educacionais 5<sup>17</sup> e 6<sup>18</sup> do quadro 18, gostaríamos de evidenciar que estas orientações serão discutidas juntas, por se referirem aos valores agregados à BD ao longo do tempo. A orientação 5 tratou dos valores agregados ao conceito de BD a partir de sua discussão sociocultural, já a orientação 6 se referiu à importância desses valores serem construídos pelos sujeitos, quando se busca que estes sejam comprometidos com a preservação e conservação da BD. Para guiar o diálogo das concepções científicas e das dos estudantes a este respeito, compararemos as concepções dos estudantes com as discussões feitas sobre as dimensões que compõem, a nosso ver, o contexto sociocultural da BD.

Nesse sentido, considerando os resultados da análise das concepções dos estudantes, foi possível perceber algumas aproximações destas com as discussões científicas circunscritas nas dimensões cultural, econômica, ambiental e ética. Sobre isto, vejamos um exemplo do documento D22, no qual o autor destacou que “as funções que os alunos atribuem aos organismos que reconhecem estão relacionadas a um uso cultural como um serviço ou recurso para o homem, principalmente medicinal ou alimento.” (MARÍN, 2010, p.11). Este fragmento evidenciou que os estudantes têm uma visão antropocêntrica dos benefícios e recursos da BD.

Tal visão, que também foi identificada em outros documentos (quadro 16, p.113), pode ser um indicativo de que os estudantes valorizam a BD a partir de seus aspectos sociais, econômicos e culturais. E pode indicar também que os estudantes utilizam estes aspectos para justificar a conservação da BD. Por isso, a visão antropocêntrica dos

---

<sup>17</sup> Orientação educacional 5: É primordial entender que a discussão sociocultural deste conceito permitiu que diferentes valores fossem agregados à BD ao longo do tempo.

<sup>18</sup> Orientação educacional 6: É fundamental construir valores ligados a BD, quando se busca a formação de sujeitos comprometidos com sua preservação e conservação.

benefícios e recursos da BD pode ser entendida como um ponto de partida para o aprofundamento das discussões que envolvem as dimensões social, cultural e econômica deste conceito no contexto sociocultural. Faz parte disto entender que a espécie humana é componente importante dos sistemas ecológicos, sendo altamente dependente da BD. A necessidade de os estudantes entenderem a espécie humana desta forma havia sido identificada no diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre diversidade de ecossistemas. Com isso, vale destacar que tal entendimento contribui com a compreensão do conceito de BD tanto no contexto científico como no sociocultural, e, portanto, pode facilitar uma abordagem integral do conceito de BD.

Todavia, além dos aspectos citados no parágrafo anterior, a análise das concepções dos estudantes mostrou que estes também utilizam aspectos ecológicos e éticos para valorar a BD ou para justificar a necessidade de sua conservação, mesmo que isso aconteça de forma muito sutil. Os aspectos ecológicos utilizados pelos estudantes se aproximaram das discussões científicas referentes à dimensão ambiental da BD. Isto foi percebido por que a análise das concepções dos estudantes mostrou que eles entendem que os benefícios e recursos da BD podem ser vistos em uma perspectiva ecológica e até reconhecem a existência de estudos científicos ligados à BD, mas não reconhecem a importância destes estudos para apoiar medidas para a conservação da BD. Um exemplo disto foi observado no D12, quando os autores destacaram que os estudantes citam a educação como uma estratégia importante para conservação, mas parecem não considerar a importância dos estudos científicos para este fim.

Os aspectos mencionados anteriormente tornaram clara a necessidade de o ensino de BD promover situações de ensino e aprendizagem que favoreçam a discussão sobre a importância dos estudos científicos para a conservação da BD, já que por meios destes estudos é possível planejar estratégias mais adequadas para sua conservação. Mas, como destacado anteriormente, os estudantes entendem que os benefícios e recursos da BD podem ser vistos em uma perspectiva ambiental. Na análise realizada, isto foi identificado sempre que os estudantes utilizaram os serviços ambientais para justificar a importância da BD e/ou a necessidade de sua conservação. Isto foi identificado no D24, quando os autores sugeriram que “os estudantes [...] consideram que a biodiversidade contribui para manter o equilíbrio ecológico.” (VILCHES *et al.*, 2015, p. tradução nossa). Neste mesmo documento, os estudantes citaram outros serviços ambientais, que, segundo eles, eram fornecidos pela BD: a polinização, a purificação da água e a produção de oxigênio.

A partir do exposto, entendemos que estudos mais aprofundados da BD a partir da sua dimensão ambiental podem não só auxiliar os estudantes a ampliarem seus conhecimentos sobre BD, favorecendo uma compreensão mais aprofundada sobre o papel dos estudos científicos na proposição de estratégias para a conservação; mas também capacitar os estudantes a pensar em estratégias para a conservação da BD a partir de justificativas mais sofisticadas, que devem superar justificativas pautadas apenas na abstenção de certos comportamentos individuais, como “não cortar as árvores”. Este último fragmento foi retirado do D22, e com ele os autores mostraram como boa parte dos estudantes solucionaram a conservação da BD no âmbito de tal pesquisa.

Com relação aos aspectos éticos utilizados pelos estudantes para valorar a BD ou para justificar sua conservação, os resultados encontrados mostraram que o discurso dos estudantes a este respeito se aproximou das discussões científicas referentes à dimensão ética da BD. Isto pôde ser visto no D12, que mostrou que parte dos estudantes atribuem valor intrínseco à BD, ou seja, entendem que todas as espécies têm valor em si, conforme mostrado na análise das concepções científicas a este respeito. Esta última análise também mostrou que outra justificativa da conservação da BD, ligada à dimensão ética deste conceito, foi aquela pautada no respeito a milhões de anos de evolução. No entanto, a análise das concepções dos estudantes mostrou que este tipo de justificativa não foi utilizada pelos estudantes para valorar a BD ou para justificar a necessidade de sua conservação. Ao nosso ver, isso pode estar relacionado com a dificuldade que os estudantes têm de compreender a dimensão evolutiva da BD, conforme foi mostrado anteriormente.

Desse modo, entendemos que a construção de valores éticos pautados no respeito à história evolutiva da BD pode ser um caminho viável para abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica, já que este caminho possibilita que a BD seja abordada a partir de várias dimensões e contextos. A partir das discussões referentes às orientações 5 e 6, podemos corroborar a sugestão do conteúdo – A conservação da biodiversidade em foco: diferentes olhares de uma análise; e ainda indicar um novo conteúdo referente ao “Uso e valorização da BD”.

Para finalizar as discussões sobre as orientações educacionais oriundas da análise das concepções científicas sobre BD, voltaremos a nossa atenção neste momento do texto

para as orientações educacionais 7<sup>19</sup> e 8<sup>20</sup>. Estas orientações trataram da perspectiva integral do conceito de BD. A sétima tratou da necessidade de o conceito ser entendido a partir de seus dois contextos de discussão – científico e sociocultural – e a oitava versou sobre a compreensão da amplitude do conceito de BD presente em ambos os contextos.

O conhecimento dos estudantes se mostrou bastante distante destas orientações. Se retomarmos o item anterior, no qual as concepções dos estudantes foram apresentadas, veremos que uma das primeiras reflexões a esse respeito mostrou que as concepções dos estudantes sobre BD são, de modo geral, pouco sofisticadas. Este entendimento foi possível porque na análise das concepções dos estudantes ficou evidente que eles entendem a BD, predominantemente, por meio do seu contexto científico. Além do mais, foi identificado que eles não compreendem a amplitude conceitual presente nos contextos de discussão da BD. Em razão disso, consideramos que aprimorar estes conhecimentos dos estudantes, os auxiliando a construir uma compreensão integral e polissêmica do conceito de BD, é um dos maiores desafios do ensino da biodiversidade. Encontrar possibilidades de superação deste desafio foi um dos principais propósitos deste estudo. A esse respeito, é possível indicar, com bastante clareza, que uma das possibilidades é abordar o conceito de BD por meio das suas várias dimensões e contextos.

Finalmente, faremos agora as considerações referentes à orientação educacional 9<sup>21</sup>, oriunda da análise das concepções dos estudantes sobre BD. Diferentemente das orientações educacionais anteriores, esta possuiu uma natureza mais metodológica que teórica, apresentando, assim, de forma preponderante, orientações de como o conceito de BD deveria ser trabalhado em sala de aula. Isso nos mostrou que, no âmbito desta pesquisa, a orientação educacional oriunda da análise das concepções dos estudantes sobre BD teve natureza distinta daquelas que emergiram da análise das concepções científicas sobre BD.

Feitas estas considerações, a orientação educacional 9 destacou que o conceito de BD deve ser discutido por meio de um amplo repertório de cenários ou situações, que forneçam aos estudantes variados modos de pensar este conceito. Em certa medida, esta orientação está sintonizada com o entendimento de que o conceito de BD deve ser

---

<sup>19</sup> Orientação educacional 7: É elementar discutir o conceito de BD por meio dos seus dois contextos de discussão, compreendendo que ambos os contextos assumem igual importância para o entendimento do conceito de BD, e por isso, um contexto não deve se sobrepor ao outro.

<sup>20</sup> Orientação educacional 8: É necessário compreender a amplitude conceitual de BD em ambos os seus contextos de discussão.

<sup>21</sup> Orientação educacional 9: É fundamental que o conceito de BD seja discutido por meio de um amplo repertório de cenários, que forneça aos estudantes variados modos de pensar sobre BD.

compreendido a partir das diferentes dimensões e contextos nos quais este conceito pode ser tratado. Entendimento este provindo da análise das concepções científicas sobre BD e do próprio diálogo aqui apresentado.

Vale destacar que ao final das análises realizadas até aqui e do esforço empreendido para construir o diálogo anteriormente apresentado, concordamos com Motokane, Kawasaki e Oliveira (2010) quando relatam que discutir a complexidade do conceito de BD não é tarefa simples, nem para escola e nem para a Biologia. Apesar disto, os autores defenderam que a ampla gama de significados dados ao termo, aliada à grande polêmica causada pelas políticas de conservação da BD fazem deste um tema profícuo para o ensino de Ciências e Biologia.

Nesta mesma direção, Silva e colaboradores (2015) destacam que o conceito de biodiversidade é propício para o ensino de Biologia, pois ele apresenta amplitude conceitual e reflete as tensões sociais envolvidas nas discussões do uso sustentável dos recursos naturais. Sabendo disso, reunimos no quadro 19 todas potencialidades pedagógicas que emergiram do diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre BD, pois entendemos que elas sinalizam caminhos para enfrentar o desafio de abordar o conceito de BD em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas.

Quadro 19 – Potencialidades pedagógicas identificadas no diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre o conceito de biodiversidade

<b>POTENCIALIDADES PEDAGÓGICAS DO DIÁLOGO ENTRE AS CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS E DOS ESTUDANTES SOBRE BIODIVERSIDADE</b>	
<b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 1 (OE1)</b>	
<b>APROXIMAÇÕES (A):</b> A1. Entendimento sobre variação genética entre indivíduos de uma mesma espécie. A2. Diversidade de espécie é o nível mais conhecido. A3. Conceito tipológico de espécie. A4. Entendimento sobre a diversidade de <i>habitats</i> . A5. Entendimento sobre a diversidade de processos ecológicos.	<b>DISTANCIAMENTOS (D):</b> D1. Significado atribuído a cada um dos níveis de BD. D2. Centrar as explicações no nível de diversidade de espécies. D3. Entendimento sobre a variação genética entre diferentes populações da mesma espécie e/ou entre uma espécie e outras. D4. Diversidade de espécies se referem basicamente a animais e plantas. D5. Conceito biológico de espécie.
<b>NECESSIDADES DE APRENDIZAGEM (NA):</b> NA1. Entender cada nível de organização da BD. NA2. Relacionar as diferenças morfológicas e a variação genética presente em cada indivíduo. NA3. Entender que mesmo quando há semelhança fenotípica há também BD. NA4. Conhecer procedimentos atuais de identificação, classificação, organização e compreensão da BD. NA5. Entender o nível de diversidade genética.	

<p>NA6. Entender que existe uma enorme diversidade de vida para além das plantas e dos animais, explorada a partir da descoberta dos microorganismos.</p> <p>NA7. Refletir sobre as várias possibilidades de definir o conceito de espécie.</p> <p>NA8. Entender o homem como um elemento integrante do ecossistema.</p> <p><b>DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM (DA):</b></p> <p>DA1. Entender o nível de diversidade genética.</p> <p>DA2. Entender a amplitude da diversidade taxonômica.</p> <p>DA3. Entender o significado de espécie e de organismo.</p> <p><b>ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS:</b></p> <p>EM1. Ponto de Partida: entendimento da BD por meio da variação morfológica a olho nú.</p> <p>EM2. Ponto de Partida: a compreensão da diversidade de espécies como sinônimo de diversidade de plantas e animais.</p> <p>EM3. Estudar os conceitos de fenótipo e genótipo como meio de facilitar a construção de conhecimento sobre o nível genético da BD.</p> <p>EM4. Utilizar o conhecimento sobre as técnicas de análise a partir do DNA e sobre a utilização de cladogramas para auxiliar na construção de conhecimento sobre o nível genético da BD e sobre BD, de modo geral.</p> <p>EM5. Utilizar o conceito de BD apresentado por Primack e Efraim (2001) para refletir sobre a biodiversidade que vai além de plantas e animais.</p> <p>EM6. Utilizar a história da ciência para ampliar o conhecimento sobre diversidade de espécies: impacto da descoberta do microscópio, história dos processos de descrição e organização da BD, etc.</p>	
<b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 2 (OE2)</b>	
<p><b>DISTANCIAMENTOS (D):</b></p> <p>D1. Conceber os níveis de organização sem as interações que lhes são características: dimensão evolutiva da BD.</p>	
<p><b>NECESSIDADES DE APRENDIZAGEM (NA):</b></p> <p>NA1. Compreender a dimensão evolutiva do conceito de BD.</p> <p><b>ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS (EM):</b></p> <p>EM1. Utilizar o entendimento dos conceitos de mutação e seleção natural para auxiliar na compreensão da dimensão evolutiva do conceito de BD.</p>	
<b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 3 (OE3)</b>	
<p><b>APROXIMAÇÕES (A):</b></p> <p>A1. Reconhecimento do atributo <i>número</i> como importante para analisar o componente <i>espécie</i>.</p>	<p><b>DISTANCIAMENTOS (D):</b></p> <p>D1. Não compreender que os atributos e componentes da BD permitem analisá-la de um modo mais detalhado.</p> <p>D2. Utilização de um único atributo (número) para analisar a biodiversidade.</p> <p>D3. Falta de entendimento sobre o papel de espécies nativas e exóticas dentro de um ecossistema.</p>
<p><b>NECESSIDADES DE APRENDIZAGEM (NA):</b></p> <p>NA1. Entendimento da dimensão ecológica da biodiversidade.</p> <p>NA2. Analisar a biodiversidade por meio de vários atributos e componentes.</p> <p><b>DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM (DA):</b></p> <p>DA1. Analisar a biodiversidade presente num ecossistema por meio do atributo função.</p> <p><b>ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS (EM):</b></p> <p>EM1. Utilizar outros atributos, como abundância e função, para analisar a biodiversidade de uma região.</p> <p>EM2. Utilizar outros componentes, como genes e ecossistemas, para analisar a biodiversidade de uma região.</p>	
<b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 4 (OE4)</b>	
<p><b>APROXIMAÇÕES (A):</b></p> <p>A1. Reconhecimento da importância da conservação da biodiversidade.</p> <p>A2. Reconhecimento da perda da biodiversidade.</p>	<p><b>DISTANCIAMENTOS (D):</b></p> <p>D1. Concebem a conservação da biodiversidade de forma superficial, sem levar em consideração as várias dimensões por meio das quais ela pode ser analisada.</p>

D2. Explicação sobre as causas da perda da biodiversidade.	
<b>NECESSIDADES DE APRENDIZAGEM (NA):</b> NA1. Ampliar o conhecimento sobre a importância e necessidade da conservação da biodiversidade. NA2. Entendimento das múltiplas dimensões por meio das quais a biodiversidade pode ser analisada.	
<b>DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM (DA):</b> DA1. Explicar o fenômeno da perda da biodiversidade.	
<b>ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS (EM):</b> EM1. Utilizar as discussões presentes em cada uma das dimensões nas quais a conservação da biodiversidade pode ser analisada para aprimorar o conhecimento dos estudantes sobre a importância e a necessidade desta conservação. EM2. Utilizar o conhecimento científico na construção de argumentos sofisticados para justificar a conservação e a perda da biodiversidade.	
<b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 5 E 6 (OE5 E OE6)</b>	
<b>APROXIMAÇÕES (A):</b> A1. Valorização da biodiversidade a partir de aspectos sociais, econômicos, culturais, ecológicos e éticos. A2. Entendem que os benefícios e recursos da BD podem ser vistos em uma perspectiva ecológica. A3. Reconhecem a existência de estudos científicos ligados à BD. A4. Discussões sobre a dimensão ética do conceito de BD.	<b>DISTANCIAMENTOS (D):</b> D1. Visão antropocêntrica dos benefícios e recursos da biodiversidade. D2. Utilizam de forma sutil aspectos ecológicos e éticos para valorar a BD ou para justificar a necessidade de sua conservação. D3. Não reconhecem a importância dos estudos científicos para apoiar medidas para conservação da BD. D4. Não entende a dimensão ética do conceito de BD por meio de explicações que versem sobre o respeito a milhões de anos de evolução.
<b>NECESSIDADES DE APRENDIZAGEM (NA):</b> NA1. Entender que a espécie humana é componente importante dos sistemas ecológicos, sendo altamente dependente da BD. NA2. Compreender o papel dos estudos científicos na proposição de estratégias para a conservação da biodiversidade.	
<b>DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM (DA):</b> DA1. Explicar o fenômeno da perda da biodiversidade.	
<b>ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS (EM):</b> EM1. Ponto de partida: a visão antropocêntrica dos benefícios e recursos da BD para iniciar o aprofundamento das discussões que envolvem a dimensão social, cultural e econômica do conceito de BD no contexto sociocultural. EM2. Utilizar o entendimento sobre a espécie humana como componente importante dos sistemas ecológicos como facilitador de uma abordagem integral e polissêmica do conceito de BD. EM3. Promover situações de ensino e aprendizagem para os estudantes que favoreçam a discussão sobre a importância dos estudos científicos para a conservação da BD. EM4. Utilizar a construção de valores éticos pautados no respeito à história evolutiva da BD para abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica.	
<b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 7 E 8 (OE7 E OE8)</b>	
<b>DISTANCIAMENTOS (D):</b> D1. Visão pouco sofisticada do conceito de BD. D2. Entender a BD predominantemente por meio de seu contexto científico. D3. Não compreender a amplitude conceitual de BD nem no contexto científico e nem no sociocultural.	
<b>NECESSIDADES DE APRENDIZAGEM (NA):</b> NA1. Compreender o conceito de BD em uma perspectiva integral e polissêmica.	
<b>ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS (EM):</b> EM1. Utilizar as várias dimensões e contextos do conceito de BD para abordá-lo.	
<b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 9 (OE9)</b>	
<b>ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS (EM):</b> EM1. Discutir o conceito biodiversidade a partir de um amplo repertório de contextos ou situações.	

Como dito anteriormente, o quadro 19 apresenta, de modo geral, um conjunto de particularidades do conceito de biodiversidade que precisam ser consideradas quando se pretende abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas. Para chegar a estas particularidades, tomamos como referências as concepções científicas sobre BD, as perspectivas dos estudantes sobre este conteúdo científico e as relações existentes entre estas concepções e estas perspectivas. Desse modo, é importante evidenciar que aspectos afetivos dos estudantes, como suas necessidades e dificuldades de aprendizagem, além de outros aspectos, como o cognitivo, estão presentes em cada particularidade do conceito de BD identificada no quadro 19, pois estes aspectos foram considerados em todo o processo de pesquisa que resultou na construção deste quadro. Com isso, asseguramos que as perspectivas dos estudantes sobre BD, que incluem seus aspectos afetivos relativos a este conceito, bem como o conteúdo científico sobre BD, tivessem igual importância no processo de *design* de uma SD sobre biodiversidade, construída a fim de abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas.

O quadro 19 também nos permitiu aprimorar o conhecimento sobre as potencialidades pedagógicas no âmbito do MRE. Assim, percebemos que estas potencialidades, além de guiar o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem (KATTMANN et. al., 1996), também o alimenta, já que elas tornam visíveis conteúdos, abordagens e metodologias que podem ser utilizadas no processo de ensino e aprendizagem da ciência. Isto porque, a nosso ver, as potencialidades pedagógicas (e as orientações educacionais de modo mais amplo) auxiliam na identificação de características teóricas (CT) – referentes ao conteúdo científico – e características metodológicas (CM) – referentes à metodologia de ensino – de um determinado conteúdo científico, no nosso caso, o conceito de biodiversidade (quadro 20).

Além disso, no âmbito desta pesquisa, as potencialidades pedagógicas e as orientações educacionais auxiliaram na formulação dos princípios de *design* e dos objetivos de aprendizagem que conduziram o *design* da SD sobre biodiversidade mencionada anteriormente. Com isso, foi possível estabelecer uma interação entre os três componentes do MRE. Sobre a formulação de objetivos de aprendizagem cabe uma observação: como no MRE o termo “conteúdo” assume um significado amplo, então os objetivos de aprendizagem no âmbito deste modelo devem ser vistos também de forma ampla, referindo-se a objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais.



Quadro 20 – Características teóricas e metodológicas do conceito de biodiversidade identificadas na clarificação preliminar do conteúdo

<b>CARACTERÍSTICAS TEÓRICAS E METODOLÓGICAS DO CONCEITO DE BIODIVERSIDADE IDENTIFICADAS NA CLARIFICAÇÃO PRELIMINAR DO CONTEÚDO</b>
<p><b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 1</b></p> <p>CT1. Níveis de organização da BD</p> <p>CT2. Diversidade genética: do genótipo ao fenótipo</p> <p>CT3. Diversidade de espécies: a diversidade da vida além das plantas e dos animais</p> <p>CT4. Diversidade de ecossistemas: as interações entre o homem, ou outros seres vivos e o ambiente</p> <p><b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 2</b></p> <p>CT5. Interação dinâmica entre os níveis de organização da biodiversidade</p> <p><b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 3</b></p> <p>CT6. Atributos e componentes da biodiversidade: ampliando a visão sobre um conceito</p> <p><b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 4</b></p> <p>CT7. A conservação da biodiversidade em foco: diferentes olhares de uma análise</p> <p>CT8. Argumentos científicos para justificar a conservação da biodiversidade</p> <p>CT9. Razões e consequências da perda da biodiversidade: construir argumentos e agregar valores</p> <p><b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 5 E 6</b></p> <p>CT10. Uso e valorização da biodiversidade</p> <p>CT11. Estratégias para a conservação da biodiversidade</p> <p><b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 7 E 8</b></p> <p>CT12. Compreensão integral e polissêmica da biodiversidade</p> <p><b>ORIENTAÇÃO EDUCACIONAL 9</b></p> <p>CM1. O conceito de biodiversidade deve ser discutido por meio de um amplo repertório de contextos</p>

Fonte: elaborado pela autora

A seguir, será apresentado como as orientações educacionais, as potencialidades pedagógicas e as características teóricas e metodológicas do conceito de BD auxiliaram no *design* da SD sobre biodiversidade pretendida neste estudo. Antes, porém, cabe evidenciar que estar de posse de um conjunto estruturado de orientações para o *design* desta SD (as orientações educacionais, as potencialidades pedagógicas e as características teóricas e metodológicas do conteúdo científico) sinalizou o fim da primeira fase desta pesquisa, que objetivou identificar aspectos científicos e educacionais do conceito de BD, que pudessem favorecer uma abordagem integral e polissêmica deste conceito na licenciatura em Ciências Biológicas. É importante destacar ainda que este aparato de orientações emerge do desenvolvimento do componente 1 e do componente 2 do MRE e das interações que estes componentes podem estabelecer entre si.

### 3.2. **Design e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem sobre biodiversidade: planejamento e validação de uma sequência didática, que aborda este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica**

Esta seção será dedicada à apresentação dos resultados provenientes da segunda fase desta pesquisa, que corresponde ao desenvolvimento do terceiro componente do MRE e teve o objetivo de planejar e avaliar uma SD construída com o intuito de abordar o conceito de biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas. Sendo assim, este item será organizado em dois tópicos, um referente à descrição do *design* da SD pretendida e o outro referente aos resultados do seu processo de validação, que foi feito por meio de uma validação por pares.

#### 3.2.1. *Design* de uma sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

Sobre o *design* da SD sobre biodiversidade, o primeiro aspecto a ser pontuado é que o processo de ensino e aprendizagem foi visto, ao longo de todo esse processo de *design*, do modo como é destacado no quadro teórico intermediário da reconstrução educacional: os estudantes precisam reconstruir os seus próprios conceitos pré-instrucionais, desenvolvendo suas estruturas mentais e formando novos conceitos em sua própria imaginação e experiência (Duit et. al., 2012). Esta formação de conceitos pode se dar, como vimos, de maneira contínua ou descontínua (Duit et. al., 2012). Entendendo dessa forma, foram formulados dois princípios de *design*, que tiveram como inspiração as orientações educacionais 1, 4 e 9, conforme pode ser visualizado no Quadro 21.

Quadro 21 – Orientações educacionais que inspiraram os princípios de *design* que orientaram o *design* da sequência didática sobre biodiversidade

PRINCÍPIOS DE <i>DESIGN</i> QUE ORIENTARAM O <i>DESIGN</i> DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIODIVERSIDADE
<p><b>Orientações Educacionais (OE):</b></p> <p>OE1. É fundamental entender o significado de cada um dos níveis de organização da BD, reconhecendo que ela pode ser analisada por meio destes níveis.</p> <p>OE4. É essencial reconhecer que no contexto sociocultural a BD pode ser tratada a partir de diferentes dimensões, que não são independentes entre si e perseguem o mesmo objetivo: analisar como se dá a conservação da BD com a participação do homem.</p> <p>OE9. É fundamental que o conceito de BD seja discutido por meio de um amplo repertório de contextos, que forneça aos estudantes variados modos de pensar sobre BD.</p> <p><b>Princípios de <i>design</i> (PD):</b></p> <p>PD1. Com um enfoque sobre os níveis de organização da biodiversidade, objetivando promover condições para a construção de uma visão ampla sobre este conceito no contexto científico;</p>

utilizamos uma proposta de ensino inspirada no uso de questões sociocientíficas (QSC), porque estas podem auxiliar na abordagem integral e polissêmica do conceito de biodiversidade em sala de aula. Escolhemos a abordagem integral e polissêmica do conceito de biodiversidade porque muitos estudos apontam que uma compreensão adequada deste conceito, que favoreça o entendimento da sua amplitude conceitual, reconhece que ele pode ser explicado de diferentes perspectivas (FIORAVANTE *et al.*, 2014; GRANDI, 2016; GRANDI *et al.*, 2014; HORA; FONSECA; SODRÉ, 2015; MARÍN, 2017; ONÓRIO; OLIVEIRA; KAWASAKI, 2013, entre outros).

PD2. Com o enfoque sobre a conservação da biodiversidade, para estabelecer e consolidar as relações existentes entre o contexto científico e sociocultural deste conceito (biodiversidade), bem como para desenvolver nos estudantes uma postura crítica frente as questões que envolvem a conservação da biodiversidade; utilizamos uma proposta de ensino inspirada no uso de questões sociocientíficas (QSC), porque estas favorecem o tratamento multidimensional deste conceito, garantindo sua abordagem integral e polissêmica. Escolhemos o uso de QSC como proposta de ensino apoiadas no pressuposto de que a compreensão sobre o conceito de biodiversidade é contexto-dependente (MOTOKANE, 2005; ONÓRIO; OLIVEIRA; KAWASAKI, 2013), ou seja, muda de acordo com o contexto de ensino no qual o conceito é trabalhado, e portanto, a construção de tal compreensão requer que as várias dimensões e contextos do conceito tenham espaço na sala de aula. Com isso, o uso de QSC permite aproximações com as características do conteúdo, possibilitando que a mesma situação seja analisada a partir de diferentes dimensões (CONRADO; NUNES-NETO, 2018; HODSON, 2018). Além disso, permite, também, relacionar a ciência com o cotidiano dos estudantes, em uma tentativa de deixar o ensino mais significativo e interessante para os envolvidos, evitando a ciência dogmatizada e descontextualizada (LIMA; SANTOS NETO; STRUCHINER, 2018; CONRADO; NUNES-NETO, 2018; CONRADO *et al.*, 2016).

Fonte: elaborado pela autora

Como é possível observar, a formulação dos princípios de *design* foi guiada por algumas orientações educacionais identificadas na primeira fase desta pesquisa. Como não foi possível contemplar todas as orientações educacionais em uma única SD, foram escolhidas três orientações educacionais que se mostraram como requisito para a compreensão integral e polissêmica da BD: (1) é fundamental entender o significado de cada um dos níveis de organização da BD, reconhecendo que ela pode ser analisada por meio destes níveis; (2) é essencial reconhecer que no contexto sociocultural a BD pode ser tratada a partir de diferentes dimensões, que não são independentes entre si e perseguem o mesmo objetivo: analisar como se dá a conservação da BD com a participação do homem; (3) é fundamental que o conceito de BD seja discutido por meio de um amplo repertório de contextos, que forneça aos estudantes variados modos de pensar sobre BD.

Tomando estas orientações como base, tornou-se claras a característica e as finalidades que compõem cada um dos princípios de *design* formulados, bem como as justificativas referentes a elas, como aquelas sobre a abordagem integral e polissêmica do conceito de BD e sobre o uso das Questões Sociocientíficas (QSC). Entende-se por QSC, neste contexto:

(...) problemas ou situações controversas e complexos, que podem ser transpostos para a educação científica, por permitir uma abordagem

contextualizada de conteúdos interdisciplinares ou multidisciplinares, sendo os conhecimentos científicos fundamentais para a compreensão e a busca de soluções para estes problemas (CONRADO; NUNES-NETO, 2018, p15).

Sobre o uso de QSC é importante evidenciar que no âmbito desta pesquisa este referencial é utilizado como uma metodologia de ensino e não como um aporte teórico e metodológico para a investigação pretendida, este que, para efeito deste estudo, continua sendo o MRE. Desse modo, o principal pressuposto que guiou a escolha por esta metodologia de ensino pautada na utilização de QSC foi o de que a compreensão sobre o conceito de biodiversidade é contexto-dependente, conforme aponta Motokane (2005) e Onório, Oliveira e Kawasaki (2013). Assim, devem ser oferecidas aos estudantes diferentes maneiras de pensar o conceito de biodiversidade, tanto no contexto científico como sociocultural. Entendemos que as QCS auxiliam nesse processo, pois permitem aproximações com as características do conteúdo, possibilitando que a mesma situação seja analisada a partir de diferentes dimensões (CONRADO; NUNES-NETO, 2018; HODSON, 2018).

Além disso, foram identificadas algumas características das QSC que estão sintonizadas com o que defende o MRE: (1) elas não se restringem aos conteúdos conceituais, considerando também os conteúdos procedimentais e atitudinais; (2) valorizam o conhecimento trazido pelos estudantes; (3) não entendem a ciência como um conhecimento absoluto, mas como uma prática social, como uma atividade cultural, uma construção humana; (4) consideram aspectos afetivos dos estudantes no processo ensino e aprendizagem, como por exemplo a motivação; (5) promovem ambientes para construções coletivas e individuais dos estudantes, buscando enriquecer suas perspectivas; (6) consideram importante reflexões sobre a natureza da ciência. Observar estas aproximações foi, de certo modo, decisivo para a escolha das QSC como metodologia de ensino.

Depois dos princípios de *design*, que funcionaram como os objetivos gerais da SD sobre biodiversidade, foram formulados os objetivos de aprendizagem que se dividiram em objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais. Estes objetivos orientaram os pormenores da SD, e, no nosso caso, foram inspirados pelas necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes, ou seja, por aspectos das potencialidades pedagógicas referentes às orientações 1, 4 e 9 (ver Quadro 19, p.133), que foram identificadas na primeira fase deste estudo. Estes objetivos de aprendizagem podem ser visualizados no quadro 22.

Quadro 22 – Potencialidades pedagógicas que inspiraram a formulação de objetivos de aprendizagem

POTENCIALIDADES PEDAGÓGICAS	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM
<p><b>Orientação educacional 1</b></p> <p>NA1. Entender cada nível de organização da BD.</p> <p>NA6. Entender que existe uma enorme diversidade de vida para além das plantas e dos animais, explorada a partir da descoberta dos microorganismos.</p> <p>NA7. Refletir sobre as várias possibilidades de definir o conceito de espécie.</p> <p>NA8. Entender o homem como um elemento integrante do ecossistema.</p> <p>DA2. Entender a amplitude da diversidade taxonômica.</p> <p>DA3. Entender o significado de espécie e de organismo.</p>	<p><b>Objetivos conceituais</b></p> <p>Reconhecer e compreender cada nível de organização da biodiversidade: diversidade genética, diversidade de espécies (mostrando que este nível de biodiversidade não se restringe à diversidade de plantas e animais) e diversidade de ecossistemas.</p> <p>Entender e/ou aprimorar o conhecimento sobre: espécie endêmica, organismo, espécie, funcionamento dos ecossistemas, biomas, <i>habitats</i>, preservação e conservação da biodiversidade;</p> <p>Entender que a espécie humana é componente importante dos sistemas ecológicos, sendo altamente dependente da biodiversidade por diversas razões;</p> <p>Conhecer e compreender as discussões que envolvem cada uma das dimensões por meio das quais a conservação da biodiversidade pode ser justificada, identificando os valores que estão associados a cada dimensão.</p>
<p><b>Orientação educacional 4</b></p> <p>NA1. Ampliar o conhecimento sobre a importância e necessidade da conservação da biodiversidade.</p> <p>NA2. Entendimento das múltiplas dimensões por meio das quais a biodiversidade pode ser analisada.</p>	<p><b>Objetivos procedimentais</b></p> <p>Levantar material bibliográfico sobre o conceito de biodiversidade, analisando que componentes da biodiversidade são destacados em cada material; e construindo uma síntese das definições encontradas que melhor caracterize a biodiversidade;</p> <p>Explicar como alguns marcos científicos históricos contribuíram para a construção do conceito de biodiversidade, considerando as várias dimensões e contextos nos quais este conceito pode ser interpretado e discutido;</p> <p>Pesquisar sobre o caso de Mariana, identificando: os componentes da biodiversidade afetados pelo desastre, direta ou indiretamente; as relações estabelecidas entre estes componentes; as relações estabelecidas entre a biodiversidade e os impactos causados pelo desastre; e as estratégias de conservação utilizadas como forma de reparo aos impactos causados pelo desastre;</p> <p>Relacionar as formas de relação entre o homem e a natureza (antropocentrismo, biocentrismo e ecocentrismo) (ALMEIDA, 2007) com os valores atribuídos à biodiversidade, as justificativas para necessidade de sua conservação e as dimensões socioculturais do conceito;</p> <p>Elaborar justificativas para a conservação da biodiversidade, a partir das várias dimensões associadas a este conceito no contexto sociocultural.</p> <p><b>Objetivos atitudinais</b></p> <p>Refletir criticamente sobre as principais consequências do desastre de Mariana, levando em consideração aspectos ambientais, socioeconômicos, culturais, éticos e estéticos relativos à biodiversidade;</p> <p>Discutir e refletir criticamente sobre: os valores atribuídos a biodiversidade, a importância e serventia da biodiversidade e os responsáveis pela conservação da biodiversidade, tomando como referência o caso em Mariana;</p> <p>Discutir e posicionar-se em relação aos valores atribuídos à biodiversidade: valores diretos, indiretos e intrínseco, justificando a importância e necessidade de sua conservação;</p> <p>Realizar iniciativas de educação por meio da construção de panfletos informativos, abordando aspectos científicos e</p>

socioculturais da biodiversidade, visando envolver outros cidadãos em ações sociopolíticas relacionadas ao tema.
--

Legenda: NA=Necessidade de Aprendizagem, DA=Dificuldade de aprendizagem

Fonte: elaborado pela autora

Como pode ser visto no quadro 22, nem todas as necessidades e dificuldades de aprendizagem apresentadas no quadro 19 (p.133) serviram como inspiração para a formulação dos objetivos de aprendizagem que guiaram o *design* da SD sobre biodiversidade. Isso se deu porque não foi possível contemplar todas as orientações educacionais, potencialidades pedagógicas e características teóricas e metodológicas referentes ao conteúdo científico sobre BD em uma única SD. Esta amplitude de orientações identificadas neste estudo foi uma consequência da ferramenta de *design* que utilizamos, pois como destacam Viiri e Savinainen (2008), o MRE é uma ferramenta mais geral, que possibilita uma interação entre as intenções da instrução, seus tópicos, métodos e os meios utilizados para seu desenvolvimento. Diante disso, após a clarificação preliminar do conteúdo é necessário escolher aquilo que vai ser contemplado na SD ou propor várias SDs para contemplar tudo o que foi identificado.

No nosso caso, escolhemos todas as orientações (orientações educacionais, potencialidades pedagógicas e características teóricas e metodológicas) que julgamos ter o potencial de fomentar uma visão ampla do conceito BD. Outro aspecto importante referente aos princípios de *design* e aos objetivos de aprendizagem formulados foi que eles contemplaram quatro características do conceito de BD apresentadas no quadro 20 (p.137): CT1, CT7, CT8 e CM1. Além disso, como a SD planejada utilizou as QSC como ferramenta de ensino, foi necessário construir um caso que contasse uma história curta, tivesse personagens e diálogos que se aproximassem dos contextos dos estudantes; e uma problemática/controvérsia a ser resolvida (CONRADO; NUNES-NETO; 2018). Considerando estas características foi construído o caso intitulado “Uma QSC sobre biodiversidade: o caso de Mariana”. Este caso contou uma história que tem como personagens Pedro e Letícia; e como pano de fundo uma controvérsia sociopolítica oriunda do desastre em Mariana/MG (quadro 23).

Quadro 23 – Caso de uma questão sociocientífica sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

**Uma QSC sobre biodiversidade: o caso de Mariana**

Pedro e Letícia estavam em sua casa assistindo à TV quando foi noticiado pelo jornal nacional que “três anos depois da tragédia em Mariana, famílias têm que abandonar suas casas no Espírito Santo por causa de um dos reflexos da contaminação do Rio Doce, consequência direta do desastre.”. Letícia é bióloga, se interessou pelo caso, mas não recordava muito bem o que tinha acontecido e Pedro a explicou.

Pedro: – Você não se lembra?! O desastre em Mariana aconteceu no final de 2015, foi considerado o maior desastre socioambiental da história do Brasil. A barragem de Fundão rompeu e uma enxurrada de lama saiu devastando tudo por onde passava. O Rio Doce ficou completamente destruído pela lama!

Letícia: – Nossa! Um desastre como esse afeta toda a biodiversidade da região, são necessárias muitas estratégias para superar minimamente o impacto ambiental provocado. Essa região nunca mais será a mesma!

Pedro: – Com certeza não! Além disso, ainda tem a população que também foi, e ainda vem sendo, como mostrou na reportagem, bastante afetada pelo desastre. A pesca, por exemplo, foi proibida por tempo indeterminado tanto no rio quanto no mar.

Letícia: – Mas qual o motivo dessa proibição?

Pedro: – Os biólogos alegaram preocupação com a conservação da biodiversidade aquática da região, principalmente com as espécies endêmicas. O pessoal da saúde se preocupou com a preservação da saúde da população que consome os pescados. O governo apoiou a estratégia de interrupção da pescaria, mas se mostrou preocupado com as localidades onde esta é a principal atividade econômica. Já os pescadores ficaram sem ter sua principal fonte de renda. Fico pensando, como estes pescadores vão sustentar suas famílias? É uma situação bastante delicada!

Letícia: - Sem dúvida! Mas a conservação da biodiversidade precisa ser a prioridade, pois todos nós dependemos dela para sobreviver.

Pedro: Eu até entendo isso, mas como explicar a importância dessa conservação para os pescadores que estão apressados em por comida em suas mesas, mas não podem trabalhar?

Considere que você conhece Ednaldo, um dos pescadores que ficou sem sua fonte de renda depois do desastre em Marina. Então, justifique para ele porque é importante conservar a biodiversidade, mesmo que para isso ele precise ficar temporariamente sem pescar. Mostre para Ednaldo alternativas que o ajude a superar este momento difícil.

Fonte: elaborado pela autora

Além do caso, outro elemento das QSC são as questões norteadoras, que são questões claramente apresentadas como perguntas sobre o caso e que demandam dos estudantes ações condizentes com os objetivos de aprendizagem previamente definidos (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). De acordo com estes autores, os objetivos de aprendizagem, o caso e as questões norteadoras são os três elementos que compõem uma QSC. Como os dois primeiros elementos da QSC planejada neste estudo já foram apresentados, o quadro 24 apresenta o elemento que falta: as questões norteadoras.

Quadro 24 – Questões norteadoras

<b>QUESTÕES NORTEADORAS DO CASO “UMA QSC SOBRE BIODIVERSIDADE: O CASO DE MARIANA”</b>	
Q1.	Qual o impacto da destruição do Rio Doce para aquela região? Liste todos os que você encontrar, considerando para isso impactos ambientais, sociais e econômicos.
Q2.	Letícia falou que um desastre como o que aconteceu em Mariana afeta toda a biodiversidade da região. O que é biodiversidade? Quais são os níveis da biodiversidade? Do que cada nível trata exatamente? Como esse conhecimento foi construído ao longo do tempo?
Q3.	Como a biodiversidade foi afetada pelo desastre em Mariana? Considere os níveis de organização da biodiversidade.
Q4.	Como a população foi afetada pelo desastre em Mariana? Algum dos prejuízos causados à população têm relação com a biodiversidade? Explique.
Q5.	Letícia deixou claro que os impactos ambientais causados pelo desastre em Mariana têm relações com a biodiversidade, mas os impactos sociais e econômicos também têm relações com ela? Explique.
Q6.	Que grupos de seres vivos foram, direta ou indiretamente, afetados pelo desastre em Mariana? Como eles podem ser classificados com base na hierarquia taxonômica de Lineu? Quais as



funções que eles desempenhavam no ecossistema? E como eles provavelmente mantinham interações nos biomas/ecossistemas do qual faziam parte? Que nível de biodiversidade esses grupos de seres vivos representam diretamente?

- Q7. Quais os principais biomas afetados com a destruição do Rio Doce? Como eles se caracterizam? E que nível da biodiversidade representam diretamente?
- Q8. O que são espécies endêmicas? E por que é importante sua conservação? Explique.
- Q9. O que é a conservação da biodiversidade? Como a importância desta conservação se tornou efetiva no Brasil? E qual o papel do homem, da ciência e da tecnologia nesta conservação? Explique.
- Q10. A conservação da biodiversidade envolve tanto estratégias de proteção às espécies como de proteção aos *habitats*. Como a interrupção da pesca em regiões onde a biodiversidade é ameaçada se insere nesse contexto? Explique.
- Q11. Na região atingida pelo desastre tinha alguma estratégia de proteção a *habitats*? E na sua região? Explique.
- Q12. Por que é importante conservar a biodiversidade? A conservação da biodiversidade é responsabilidade de quem? De que forma, exatamente, nós dependemos da biodiversidade para sobreviver, como disse Letícia? Considere para isso os valores diretos, indiretos e intrínsecos atribuídos a biodiversidade.
- Q13. De quem é a responsabilidade de reparar, mesmo que minimamente, os impactos causados pela tragédia em Mariana? O que tem sido feito nesse sentido? Que papel têm o homem, a ciência e a tecnologia neste processo de reparação? Explique.
- Q14. Considerando o impasse entre a necessidade de conservação da biodiversidade por meio da interrupção da pesca e a necessidade de ter uma fonte de renda dos pescadores, como você avaliaria a seguinte estratégia: introduzir as espécies endêmicas em outro ecossistema para preservá-las e liberar a pescaria na região? Existe diferença entre conservação e preservação da biodiversidade? Explique.
- Q15. Que alternativas poderiam ser dadas para Ednaldo que o ajudasse a superar a interrupção da pescaria na região?

Fonte: elaborado pela autora

Como é possível observar nos quadros 23 e 24, o caso e as questões norteadoras foram elaborados no sentido de possibilitar o envolvimento e a familiarização dos estudantes com o contexto da problemática a ser resolvida, despertando, dessa forma, o interesse e a motivação deles para buscar soluções possíveis ao caso em questão. Portanto, estes dois elementos da QSC permitem que os estudantes se aproximem do contexto a ser estudado, aumentando o interesse, o diálogo e o engajamento deles (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Esta conexão afetiva entre os estudantes e a controvérsia sociocientífica é algo previsto nas QSC, sendo considerada um fator essencial para o engajamento dos estudantes na resolução do problema e na busca de ferramentas e conhecimentos relacionados ao tema (SADLER, 2004b apud CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Nas palavras de Conrado e Nunes-Neto (2018, p.88), “o engajamento e a aproximação afetiva/emocional auxiliam na percepção de que o estudante é um responsável direto e, por isso, capaz de (e necessário para) promover mudanças no sentido de resolver ou mitigar os problemas socioambientais atuais.”.

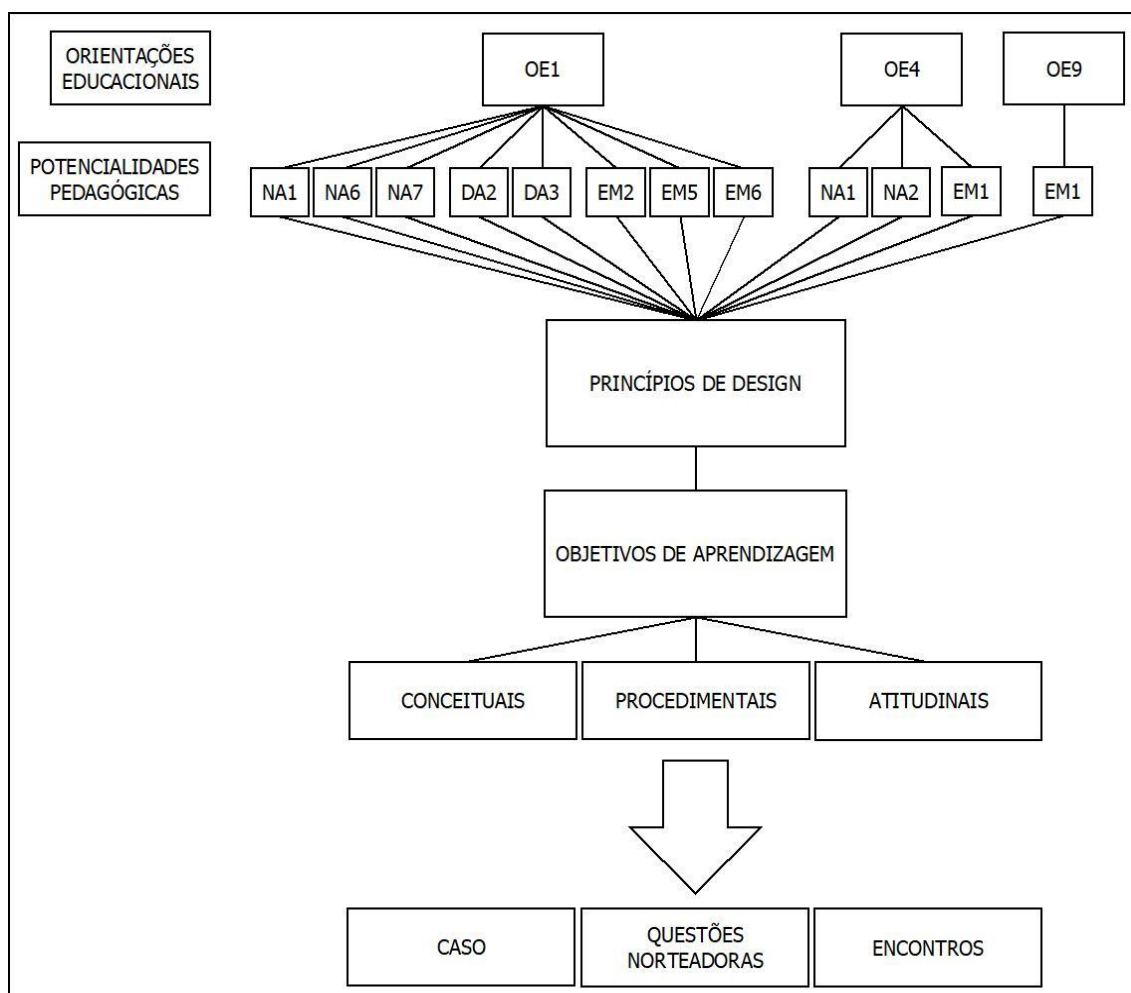
Com base no exposto anteriormente, é possível afirmar que o caso e as questões norteadoras são elementos das QSC que contribuem para que os aspectos afetivos dos estudantes sejam levados em consideração no planejamento de ambientes de ensino e



aprendizagem. Como estes aspectos afetivos são absolutamente importantes para o processo de *design* descrito no MRE (DUIT et. al., 2012), entendemos que esta foi uma evidência de aproximação entre o MRE e as QSC, estas como metodologia de ensino. Desse modo, a utilização das QSC no planejamento da SD sobre biodiversidade pode ser entendida como uma forma, dentre outras, de concretizar a inclusão dos aspectos afetivos dos estudantes na SD, muito embora, estes aspectos tenham sido considerados ao longo de todo o processo de *design*, levando à formulação de cada princípio de *design* e de cada objetivo de aprendizagem.

As orientações educacionais e as potencialidades pedagógicas elencadas para subsidiar a formulação/construção dos elementos preliminares da SD (os princípios de *design*, os objetivos de aprendizagem, o caso e as questões norteadoras da QSC) e dos seus encontros foram sistematizadas na figura 11, apresentada a seguir.

Figura 11 – Orientações educacionais e potencialidades pedagógicas associadas a elas que subsidiaram a o design da SD sobre biodiversidade



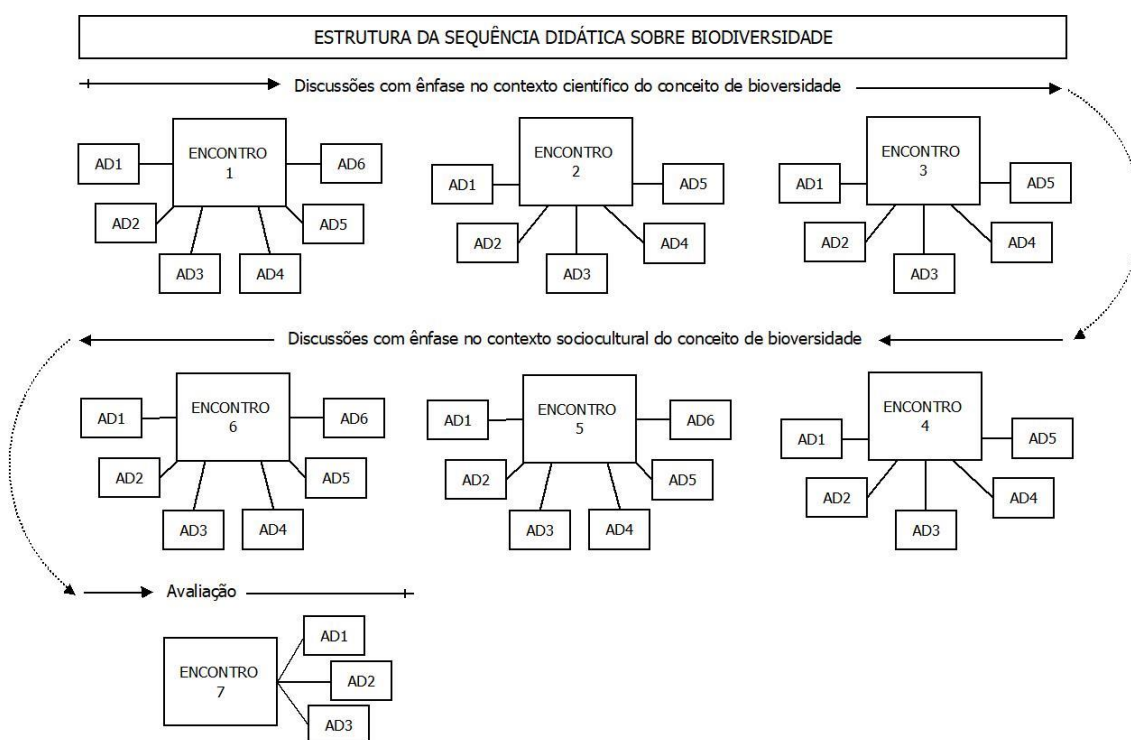
Fonte: elaborada pela autora

A descrição completa dos sete encontros da SD sobre biodiversidade será apresentada no item a seguir.

### 3.2.2. Descrição da sequência didática sobre biodiversidade: dos encontros à avaliação de ensino e aprendizagem

A SD sobre biodiversidade descrita neste item foi composta por sete Encontros (E), descritos por meio das Ações Didáticas (AD) que os integram. A estrutura da SD sobre biodiversidade pode ser visualizada na figura abaixo.

Figura 12 – Estrutura da Sequência Didática sobre biodiversidade



Fonte: elaborada pela autora

O conjunto das ADs de cada encontro visou elucidar os tópicos (conteúdos), os métodos, as mídias, o papel do estudante e do professor no ambiente de ensino e aprendizagem planejado, ou seja, na SD sobre biodiversidade. Com isso, buscou-se estabelecer sintonia entre as visões sobre o conhecimento científico, o estudante, o professor e o mundo material identificadas no quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional (quadro 7, p.70). Vale destacar, ainda, que no contexto deste trabalho a SD sobre biodiversidade foi vista como um resultado de pesquisa e não como

um aspecto do percurso metodológico. Isso se deu porque pretendemos compreender, por meio do processo de *design* descrito no MRE, aspectos científicos e educacionais de uma sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica, voltada para a licenciatura em Ciências Biológicas.

Para iniciar a descrição da SD sobre biodiversidade, tomamos como referência os três primeiros encontros, que juntos propõem uma abordagem do conceito de BD, principalmente, por meio de seu contexto científico. Estes encontros foram planejados no sentido de atender aos objetivos de aprendizagem presentes no quadro 25.

Quadro 25 – Objetivos de aprendizagem que guiaram o planejamento dos três primeiros encontros da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

<b>Objetivos de aprendizagem referentes aos três primeiros encontros</b>
<p><b>Conceituais:</b></p> <p>Reconhecer e compreender cada nível de organização da biodiversidade: diversidade genética, diversidade de espécies (mostrando que este nível de biodiversidade não se restringe à diversidade de plantas e animais) e diversidade de ecossistemas.</p> <p>Entender e aprimorar o conhecimento sobre: espécie endêmica, organismo, espécie, funcionamento dos ecossistemas, biomas, <i>habitats</i>, preservação e conservação da biodiversidade.</p> <p>Entender que a espécie humana é componente importante dos sistemas ecológicos, sendo altamente dependente da biodiversidade por diversas razões.</p> <p><b>Procedimentais:</b></p> <p>Levantar material bibliográfico sobre o conceito de biodiversidade, analisando que componentes da biodiversidade são destacados em cada material; e construindo uma síntese das definições encontradas que melhor caracterize a biodiversidade.</p> <p>Explicar como alguns marcos científicos históricos contribuíram para a construção do conceito de biodiversidade, considerando as várias dimensões e contextos e no qual este conceito pode ser interpretado e discutido.</p> <p>Pesquisar sobre o caso de Mariana, identificando: os componentes da biodiversidade afetados pelo desastre, direta ou indiretamente; as relações estabelecidas entre estes componentes; as relações estabelecidas entre a biodiversidade e os impactos causados pelo desastre; e as estratégias de conservação utilizadas como forma de reparo aos impactos causados pelo desastre.</p> <p><b>Atitudinais:</b></p> <p>Refletir criticamente sobre as principais consequências do desastre de Mariana, levando em consideração aspectos ambientais, socioeconômicos, culturais, éticos e estéticos relativos à biodiversidade.</p>

Fonte: elaborado pela autora

O primeiro encontro da SD sobre biodiversidade, que foi planejado para dar início ao cumprimento dos objetivos apresentados no quadro acima, foi composto por seis ADs que foram idealizadas para serem desenvolvidas no período de 2 horas/aula. A descrição destas seis ADs pode ser visualizada no quadro 26.

Quadro 26 – Ações didáticas do primeiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>AÇÕES DIDÁTICAS DO PRIMEIRO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIODIVERSIDADE</b>
AD1. Apresentação da metodologia de ensino necessária para o uso de questões sociocientíficas, explicando, de modo geral, como será o papel do professor, dos estudantes e a avaliação ao

longo dos encontros realizados. Neste momento o professor poderá solicitar aos estudantes que adquiram um caderno brochura, no qual deverão ser reservados dois espaços: um para o registro das resoluções das questões norteadoras (que serão apresentadas pelo professor ao longo da SD) e outro para registros de anotações diversas necessárias para o desenvolvimento das atividades que compõem a SD. Este caderno, e os registros pertinentes a ele, deve ser individual, portanto, o chamaremos de Caderno de Registro Individual (CRI). O importante é que por meio do CRI seja possível visualizar o percurso utilizado pelos estudantes para fazerem suas construções ao longo da SD. Assim, ao final dela, este CRI poderá ser um instrumento de avaliação do percurso de aprendizagem individual de cada estudante.

AD2. Leitura do caso (QSC) “Uma QSC sobre biodiversidade: o caso de Mariana” em conjunto com a turma, com discussões iniciais sobre as problemáticas que envolvem o caso.

AD3. Identificação dos conhecimentos prévios sobre “biodiversidade”, “níveis de organização da biodiversidade”, “espécies endêmicas”, “conservação da biodiversidade”, “valores atribuídos à biodiversidade”, “impacto ambiental” a partir da descrição do caso. Neste momento, o professor pode questionar os estudantes sobre os principais termos/conceitos científicos utilizado para descrever o caso, listando-os no quadro. Em seguida, os estudantes podem ser instigados a explicar, com o conhecimento que possuem, cada termo/conceito elencado, mostrando possíveis relações destes termos/conceitos entre si e com outros termos/conceitos. Isto pode ser feito, com a participação de todos os estudantes. Para sistematizar este momento, o professor deverá pedir que os estudantes construam um mapa conceitual que represente seu entendimento sobre os termos/conceitos elencados, isso pode ser feito individualmente ou em grupo. Caso seja feito individualmente, poderá ser registrado no CRI.

AD4. Apresentação e discussão das seguintes questões norteadoras: Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 e Q6. Estas questões norteadoras devem ser o foco da pesquisa realizada na ação didática seguinte – AD5. Na discussão destas questões o professor pode tecer breves esclarecimentos sobre: impactos ambientais, sociais e econômicos; hierarquia taxonômica de Lineu; funções e interações dos seres vivos nos ecossistemas e biomas. Com isso, são priorizados neste momento aspectos científicos do conceito de biodiversidade.

AD5. Solicitação de pesquisa sobre “o caso de Mariana” e sobre “o conceito de biodiversidade”. O professor pode sugerir referências bibliográficas para a pesquisa dos estudantes. Para a pesquisa sobre “o caso de Mariana” podem ser sugeridos sites como o do Ibama e da Fundação Renova. Essa pesquisa pode ser feita também por meio de notícias, sobre o caso, disponibilizadas na internet. Para a pesquisa sobre “o conceito de biodiversidade” podem ser sugeridos livros acadêmicos de Ecologia. Além dos livros acadêmicos, o conceito de biodiversidade apresentado no texto da CDB (Convenção sobre Diversidade Biológica) também é uma excelente opção. Neste momento, o professor deve orientar os estudantes para utilizarem as questões norteadoras apresentadas na AD anterior como foco para suas pesquisas. Com isso, cabe ao professor destacar a necessidade de os estudantes compararem vários conceitos de biodiversidade, identificando diferenças e aproximações entre eles; e destacarem os impactos ambientais, sociais e econômicos causados pelo desastre em Mariana. Por fim, o professor poderá pedir aos estudantes que levem para a sala de aula o material de suas pesquisas, este que pode auxiliar em reflexões futuras. A pesquisa deve ser feita como atividade extraclasse, podendo ser realizada em grupo ou de forma individual. As anotações pertinentes à pesquisa realizada pelos estudantes podem ser registradas no CRI.

AD6. Solicitação para que aos estudantes tentem, a partir das discussões realizadas, responder, mesmo que de forma preliminar, às questões norteadoras apresentadas neste encontro e registrar suas respostas no CRI. Esta atividade deve ser individual, podendo ser realizada em casa.

#### **Referências das mídias indicadas no encontro 1:**

Site do Ibama

IBAMA. Rompimento da barragem de fundão desastre da samarco. 2015. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/recuperacao-ambiental/rompimento-da-barragem-de-fundao-desastre-da-samarco>. Acesso: 05 de outubro de 2018

Site da Fundação Renova

FUNDAÇÃO RENOVA. 2018. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/?s=Mariana>. Acesso: 05 de outubro de 2018

Livros acadêmicos de ecologia

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas**. 4ªed, Artmed, Porto Alegre, 2007. (2005, 4ª ed. Blackwell, Oxford ou 3ª ed., 1996).

Texto da CDB

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Convenção sobre diversidade biológica**: Conferência para adoção do texto acordado da CDB – Ato Final de Nairobi. Brasília: MMA/SBF, 1992.

LÉVÊQUE, Christian. **A biodiversidade**. São Paulo: Edusc, 1999.

RICKLEFS, Robert E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 546 p.

WILSON, E.O. **Diversidade da vida**. São Paulo: Companhia das Letras. 1992.

Fonte: elaborado pela autora

As ADs descritas no quadro anterior auxiliaram na identificação dos seguintes aspectos relativos ao primeiro encontro: (1) os conteúdos abordados – tópicos; (2) a forma como estes conteúdos devem ser abordados – métodos; (3) os materiais didáticos que devem/podem ser utilizados – mídias; (4) as atividades que cabem aos professores – papel do professor; e, (5) as atividades que devem ser desempenhadas pelos estudantes – papel do estudante. Este último aspecto envolveu o destaque das participações e produções concretas esperadas dos estudantes em cada encontro, já que estas podem ser vistas, posteriormente, como instrumento avaliativo da SD sobre biodiversidade. Organizar os dados dessa forma nos permitiu comparar e visualizar as peculiaridades de cada encontro, discutindo como o planejamento deles contemplou o que foi identificado na primeira fase desta pesquisa. Logo, seguiremos este padrão ao longo de toda a descrição da SD sobre biodiversidade. A tabela 1 destaca os principais aspectos do primeiro encontro.

Tabela 1 – Principais aspectos do primeiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

ITENS	DESCRIÇÃO
Tópicos	Aspectos da metodologia das QSC; Aspectos introdutórios do conceito de biodiversidade; Caso em Mariana; Aspectos científicos do conceito de biodiversidade.
Métodos	Apresentação da metodologia de ensino inspirada nas QSC; Leitura, descrição e discussão do caso; Discussões e debates sobre temas relacionados ao estudo do caso; Identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes; Construção de mapa conceitual; Apresentação e discussão de questões norteadoras (Q1-Q6); Pesquisa sobre temas relacionados ao estudo do caso (atividade extraclasse); Pesquisa em fontes de informação online (atividade extraclasse); Solução preliminar das questões norteadoras apresentadas (atividade extraclasse).
Mídias	Texto com o caso; Quadro branco; Sites do Ibama e da Fundação Renova; Notícias sobre o caso Mariana; Texto da CDB (Convenção sobre Diversidade Biológica); Livros acadêmicos de ecologia; Caderno de Registro Individual (CRI);
Professores	Introduzir informações sobre a metodologia de ensino; Fazer questionamentos e provocações que instiguem a participação dos estudantes;

	<p>Explicar sobre temas/conceitos relacionados ao estudo do caso;          Identificar concepções prévias dos estudantes;          Valorizar os conhecimentos e as participações dos estudantes;          Propor atividades que auxiliem no estudo do caso;          Sugerir materiais que auxiliem no estudo do caso;          Orientar a realização das atividades propostas;          Tomar decisões na implementação da sequência didática.</p>
Estudantes	<p>Explicar termos, conceitos, fenômenos e fatos relacionados ao estudo do caso;          Participar e se envolver com o desenvolvimento das atividades propostas;          Respeitar as participações dos outros estudantes;          Construir um mapa conceitual como base nos conhecimentos prévios que possuem;          Pesquisar sobre temas/conceitos relacionados ao estudo do caso;          Trabalhar em grupo (quando necessário);          Responder as questões norteadoras;          Fazer anotações pertinentes ao estudo do caso;</p>

---

Fonte: elaborado pela autora

Como pode ser observado, neste primeiro encontro foi proposto abordar “aspectos introdutórios do conceito de biodiversidade”, apresentar a metodologia de ensino a ser desenvolvida e focar na “identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes” sobre aspectos gerais do conteúdo científico em questão. A presença das concepções dos estudantes neste primeiro encontro se deu porque o MRE defende que as perspectivas dos estudantes devem ser entendidas como ponto de partida para a instrução (DUIT, 2006a; DUIT et. al., 2012), por isso é importante conhecê-las desde as primeiras vivências do processo de ensino e aprendizagem.

Sobre os métodos, foi possível perceber que as atividades propostas procuraram permitir uma maior familiarização dos estudantes com o estudo do caso e com os temas/conceitos relacionados a ele. Isso foi proposto por meio da “leitura, descrição e discussão do caso”, das atividades de pesquisa, da “apresentação e discussão de questões norteadoras”, dentro outras. Outro aspecto importante é a forma como os estudantes podem ser organizados em sala de aula para realizarem as atividades propostas. Conforme quadro 26, somente a AD6 presume uma atividade que deve ser feita exclusivamente de forma individual, todas as demais sugerem que o professor escolha se a atividade deve ser desenvolvida individualmente ou em grupo. Isto indica que no âmbito da SD sobre biodiversidade planejada o professor tem espaço para “tomar decisões na implementação da sequência didática”, o que confere a ele autonomia para promover um encontro frutífero entre os estudantes e o conteúdo científico, como previsto no MRE.

Neste primeiro encontro as decisões que o professor precisa tomar estão relacionadas, dentre outras coisas, à distribuição do tempo para cada atividade e à organização dos estudantes para realizarem as atividades propostas. Neste cenário, a

possibilidade de os estudantes trabalharem individualmente e/ou em grupo é um indicador da influência do quadro intermediário do MRE na SD sobre biodiversidade. Como foi discutido, este quadro tem o construtivismo como lente para guiar a processo de ensino e aprendizagem (DUIT, 2006a; DUIT et. al., 2012) e, portanto, presume que o sujeito constrói seu próprio conhecimento, mas com base nas experiências com o fenômeno estudado e na troca com o outro. Por esse motivo, os ambientes de ensino e aprendizagem planejados à luz do MRE devem promover momentos de construções individuais e momentos de interações em grupo. Isto foi proposto ao longo de todos os encontros da SD sobre biodiversidade.

Como as construções individuais dos estudantes e seus percursos de aprendizagem assumem papel importante no âmbito do MRE, foi sugerido como mídia neste primeiro encontro o Caderno de Registro Individual (CRI), que funciona como um instrumento que permite acompanhar o percurso de aprendizagem de cada estudante ao longo da implementação da SD sobre biodiversidade. Desse modo, cada estudante deve ter o seu CRI e utilizá-lo para “fazer anotações pertinentes ao estudo do caso”. Estas anotações são feitas ao longo de toda a SD sobre biodiversidade e neste primeiro encontro devem ser concretizada no registro: (1) do mapa conceitual que os(as) estudantes devem construir com base nos conhecimentos prévios que possuem; (2) das respostas das questões norteadoras e (3) dos resultados da pesquisa sobre biodiversidade e sobre o caso em Mariana. Outra mídia que merece destaque neste primeiro encontro é o “texto da CDB (Conversão sobre Diversidade Biologia)”. A utilização deste texto indicou que aspectos das potencialidades pedagógicas, identificadas na primeira fase desta pesquisa, foram considerados no planejamento da SD sobre biodiversidade, neste caso a EM5 da OD1, conforme quadro 19 (p.133).

Sobre o papel do professor, é importante evidenciar que, desde o primeiro encontro, ele deve assumir o papel de mediador no processo de ensino e aprendizagem proposto na SD sobre biodiversidade. Assim, cabe ao professor “fazer questionamentos e provocações que instiguem a participação dos estudantes”, “propor atividades que auxiliem no estudo do caso”, “explicar sobre temas/conceitos relacionados ao estudo do caso”, “orientar a realização das atividades, sugerir materiais que auxiliem no estudo de caso”, dentre outras atividades. É importante perceber que as atividades propostas pelos professores aos estudantes não são restritas ao ambiente de sala de aula, podendo ser propostas também atividades extraclasse, como “pesquisas sobre temas relacionados ao estudo do caso”.

Já os estudantes devem assumir papel ativo no processo de ensino e aprendizagem proposto na SD sobre biodiversidade, de forma que devem “participar e se envolver com o desenvolvimento das atividades propostas”. Ambos os papéis, do professor e dos estudantes, são indicativos da presença dos pressupostos do quadro construtivista da reconstrução educacional (ver quadro 7, p.70) na SD sobre biodiversidade. Uma vez concluída as discussões sobre o primeiro encontro, partimos agora para aquelas referente ao segundo encontro, planejado para ser desenvolvido em 2horas/aulas e composto por cinco ADs, que podem ser visualizadas no quadro 27.

Quadro 27 – Ações didáticas do segundo encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>AÇÕES DIDÁTICAS DO SEGUNDO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIODIVERSIDADE</b>
<p>AD1. Socialização e discussão das pesquisas solicitadas no encontro anterior sobre o caso de Mariana, podendo ser anotado no quadro as principais informações sobre o caso e os principais impactos do desastre, considerando para isso os impactos ambientais, sociais e econômicos. Estas anotações devem ser consideradas em outros momentos deste encontro, e, portanto, devem ser registradas no CRI de cada estudante.</p> <p>AD2. Socialização e discussão das pesquisas solicitadas no encontro anterior sobre o conceito de biodiversidade. Neste momento, o professor deve auxiliar os estudantes na construção de uma síntese sobre a definição de biodiversidade que englobe os aspectos encontrados por eles em suas pesquisas, considerando para isso os três níveis de organização da biodiversidade. As sínteses construídas pelos estudantes devem ser registradas no CRI. Ambas as ações didáticas, AD1 e AD2, podem ser realizadas com os estudantes organizados em grupo.</p> <p>AD3. Identificação dos seres vivos afetados pelo desastre em Mariana com base nas anotações do quadro, nas do CRI e no material da pesquisa realizada pelos estudantes. Neste momento os estudantes devem ser provocados a listar os seres vivos afetados pelo desastre em Mariana, pensar sobre suas classificações com base na hierarquia de Lineu e refletir sobre as funções desses grupos nos ecossistemas, bem como sobre as possíveis interações que estabelecem entre si. Ainda neste momento, o professor deverá promover o debate sobre os impactos do desastre em Mariana que envolvem a biodiversidade, considerando seus três níveis de organização. Para conduzir este momento o professor poderá retomar a questão norteadora Q3.</p> <p>AD4. Continuação das reflexões sobre a relação entre a biodiversidade e os impactos do desastre, focando na identificação dos impactos sofridos pela população. Neste momento, os estudantes devem ser conduzidos a refletir sobre a existência, ou não, de relações entre os impactos sofridos pela população e a biodiversidade. Para conduzir este momento o professor poderá retomar as questões norteadora Q4 e Q5, ou ainda, exibir um pequeno vídeo intitulado “Vozes de Mariana”, que apresenta depoimentos de pessoas afetadas pelo desastre. Ambas as ações didáticas, AD3 e AD4, podem ser realizadas de forma individual ou em grupo.</p> <p>AD5. Sistematização das reflexões sobre a relação entre a biodiversidade e os impactos do desastre, a partir da releitura do caso e das discussões das questões norteadoras já apresentadas (Q1-Q6). Esta atividade poderá ser realizada em grupo ou individualmente.</p>
<p><b>Referências das mídias indicadas no encontro 2:</b>  Vídeo “vozes de Mariana”  VOZES DE MARIANA. 2015. Disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=rOvfk8iu3tc">https://www.youtube.com/watch?v=rOvfk8iu3tc</a>.  Acesso em: 05 de outubro de 2018.</p>

Fonte: elaborado pela autora

A tabela 2 sistematiza os principais aspectos do segundo encontro da SD sobre biodiversidade. Como foi possível observar, o segundo encontro foi planejado para promover um ambiente de ensino e aprendizagem onde as discussões sobre o caso em



Mariana fossem aprofundadas, juntamente com alguns aspectos do conceito de BD, como aqueles relativos aos seus níveis de organização. Da forma como proposta nas ADs do segundo encontro, a discussão sobre estes níveis de organização deve ser aprofundada com base no entendimento sobre as “definições de biodiversidade”, a “identificação e classificação dos seres vivos” e “funções e interações dos seres vivos nos ecossistemas”; sendo o caso em Mariana o contexto para que todas estas discussões sejam realizadas. Isto justificou a presença de tópicos como “impactos do desastre em Mariana” e “aspectos da biodiversidade relacionados ao estudo do caso”.

Tabela 2 – Principais aspectos do segundo encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

<b>ITENS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Tópicos	Impactos do desastre em Mariana; Definições de biodiversidade; Níveis de organização da biodiversidade; Identificação e classificação de seres vivos; Funções e interações dos seres vivos nos ecossistemas; Aspectos da biodiversidade relacionados estudo ao caso.
Métodos	Socialização e discussão das atividades realizadas; Construção de sínteses sobre o conceito de biodiversidade; Identificação e classificação dos seres vivos afetados pelo desastre em Mariana; Discussões e debates sobre temas relacionados ao estudo do caso; Identificação de impactos do desastre em Mariana; Exibição de vídeo; Sistematização das discussões e das reflexões promovidas no encontro; Releitura do caso e das questões norteadoras.
Mídias	Quadro branco; Caderno de Registro individual (CRI); Vídeo intitulado “vozes de Mariana”; Texto com o caso.
Professores	Propor atividades que auxiliem no estudo do caso; Auxiliar no desenvolvimento das atividades propostas; Orientar a realização das atividades propostas; Fazer questionamentos e provocações que instiguem a participação e o envolvimento dos estudantes no estudo do caso; Valorizar os conhecimentos e as participações dos estudantes; Sugerir materiais que auxiliem no estudo do caso; Tomar decisões na implementação da sequência didática.
Estudantes	Compartilhar os resultados das atividades realizadas; Fazer anotações pertinentes ao estudo do caso; Participar e se envolver com o desenvolvimento das atividades propostas; Construir síntese abordando definições de biodiversidade; Respeitar a participação dos colegas; Trabalhar em grupo (quando necessário).

Fonte: elaborado pela autora

Ainda sobre os tópicos, vale ressaltar que todos aqueles referentes ao segundo encontro e a leitura do texto da CDB, sugerida no primeiro encontro, concorrem para auxiliar os estudantes no entendimento da diversidade da vida para além de plantas e

animais. Este entendimento foi identificado como uma necessidade de aprendizagem dos estudantes frente à primeira orientação educacional (ver NA6 da OE1, quadro 19, p.133), por isso as discussões pertinentes a ele fazem parte do segundo encontro e de outros encontros, como veremos adiante.

Sobre os métodos, este segundo encontro se destacou por sugerir atividades nas quais os estudantes sejam convidados a “participar e se envolver com o desenvolvimento das atividades propostas” e “compartilhar os resultados das atividades realizadas”, como atividades de socialização, discussão, debates, reflexões e sistematizações. No desenvolvimento destas atividades os professores devem “valorizar os conhecimentos e as participações dos estudantes”, estando atentos às suas intervenções e fornecendo um ambiente propício para que elas sejam realizadas. Já os estudantes devem “respeitar as participações dos colegas”.

Além disso, faz parte dos métodos propostos para o segundo encontro a “releitura do caso e das questões norteadoras”. Esta escolha foi feita vislumbrando mais um momento de aproximação entre a controvérsia sociocientífica e os estudantes, relembando o contexto que deve ser estudado e permitindo o envolvimento afetivo dos estudantes no estudo do caso. Com isso, foi possível identificar que a atenção dada aos aspectos afetivos dos estudantes não ficou restrita ao primeiro encontro da SD sobre biodiversidade, no qual foi realizada a identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre BD.

Finalmente, com relação ao papel do professor e dos estudantes, ambos seguem a mesma direção do primeiro encontro. Os professores devem assumir o papel de mediadores no processo de ensino e aprendizagem, sugerindo materiais que auxiliem no estudo do caso, como o “vídeo intitulado ‘vozes de Mariana’”; fazendo sistematizações no “quadro branco” para “auxiliar no desenvolvimento das atividades propostas”, dentre outras possibilidades. Neste cenário, a autonomia dos professores deve continuar sendo preservada a partir da flexibilidade que eles devem possuir para organizar o tempo das atividades e os estudantes no ambiente da sala de aula.

Os estudantes, por sua vez, devem assumir o papel de sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem, participando efetivamente das atividades propostas, refletindo sobre seus conhecimentos e construindo novos conhecimentos. No segundo encontro, uma produção importante dos estudantes é sugerida por meio da construção de sínteses abordando definições de biodiversidade. Esta atividade pode refletir a compreensão dos estudantes sobre o conceito em questão, em decorrência disto, os professores podem

conduzir os encontros de forma mais alinhada com as necessidades e dificuldades de ensino e aprendizagem dos estudantes. Concluímos, assim, as discussões do segundo encontro, o quadro 28 apresenta a descrição das ADs referentes ao terceiro encontro.

Quadro 28 – Ações didáticas do terceiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>AÇÕES DIDÁTICAS DO TERCEIRO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIODIVERSIDADE</b>	
AD1.	Revisão dos pontos principais do encontro anterior com a participação dos estudantes, focando no conceito de biodiversidade e nos seus níveis de organização. Neste momento o professor poderá propor uma reflexão sobre aspectos da história da ciência relativa ao conceito de biodiversidade. Para conduzir esta reflexão o professor deverá disponibilizar aos estudantes informações sobre alguns marcos científicos históricos relacionados com a biodiversidade, solicitando a eles explicações sobre como cada marco pode ter contribuído para a construção e organização do conhecimento sobre biodiversidade, da forma como apresentado atualmente. Alguns destes marcos podem ser: a descoberta do microscópio, a descoberta dos fósseis, os estudos da taxonomia e da sistemática, os trabalhos de Lineu, de Darwin e de Mendel, a Convenção para Diversidade Biológica (CDB), o trabalho dos naturalistas, dentre outros. A leitura do texto “Biodiversidade” de Martins e Sano (2009), pode contribuir para sistematizar as reflexões levantadas neste momento da aula. O importante é que os estudantes percebam que o conhecimento sobre a biodiversidade, da forma como é hoje apresentado, é resultado de uma construção humana e histórica.
AD2.	Continuação da discussão sobre os impactos do desastre de Mariana à biodiversidade, a partir da retomada das principais discussões realizadas no encontro anterior e da análise do “Laudo Técnico Preliminar” disponibilizado pelo Ibama, que apresenta os impactos ambientais decorrentes do desastre em Mariana. Para esta análise, os estudantes devem considerar as imagens, mapas e tabelas disponibilizados no laudo e os três níveis de organização da biodiversidade, percebendo os seres vivos ou os ecossistemas/biomas afetados e o nível de biodiversidade que representam. Esta atividade deverá ser desenvolvida em grupo.
AD3.	Socialização da atividade proposta na ação didática anterior. O professor, neste momento, deverá conduzir os estudantes a refletirem que o nível de diversidade de espécies envolve outros grupos de seres vivos além de animais e plantas.
AD4.	Releitura do caso, das questões norteadoras já apresentadas e apresentação das questões Q7 e Q8, discutindo que pontos ainda precisam ser tratados para que as questões já apresentadas possam ser respondidas. Neste momento, podem surgir dúvidas sobre “biomas”, sobre “funções ecossistêmicas dos seres vivos”, sobre “cadeia alimentar”, sobre “espécies endêmicas”, sobre “conservação da biodiversidade”, dentre outras. O professor deverá auxiliar os estudantes em suas dúvidas e planejar, caso seja necessário, um momento para focar na abordagem destes temas/conceitos, bem como, solicitar aos estudantes que pesquisem sobre eles, sugerindo algumas referências. A leitura do livro “Biodiversidade tropical” de Martins e Sano (2009) pode auxiliar neste sentido.
AD5.	Solicitação para que os estudantes respondam, no CRI, as questões norteadoras já apresentadas (Q1-Q8). Esta atividade poderá ser realizada em casa, neste caso o professor poderá pedir aos estudantes que anatem as principais dificuldades que surgirem na tentativa de responder aos novos questionamentos e de revisar/aprimorar/reconstruir as respostas daqueles que já conheciam.
<b>Referências das mídias indicadas no encontro 3:</b>	
Texto: Biodiversidade e Livro: Biodiversidade tropical MARTINS, M; SANO, P. T. <b>Biodiversidade tropical</b> . São Paulo: Unesp, 2009.	
Texto: Laudo técnico preliminar IBAMA. Laudo técnico Preliminar. 2015. Disponível em: <a href="https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_Ibama.pdf">https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_Ibama.pdf</a> . Acesso em: 05 de outubro de 2018.	

Fonte: elaborado pela autora

Conforme mostra o quadro 28, o terceiro encontro foi planejado com cinco ADs, pensadas para serem desenvolvidas no tempo de 2horas/aulas. Assim como nos outros encontros, o tempo destinado para cada AD deve ser determinado pelo professor, levando em consideração o contexto do ensino superior no qual a SD sobre biodiversidade será implementada e os sujeitos que participarão do processo de ensino e aprendizagem por ela sugerido. A tabela 3 nos ajuda a visualizar os principais aspectos do terceiro encontro.

Tabela 3 – Principais aspectos do terceiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

<b>ITENS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Tópicos	Conceito de biodiversidade e conceitos afins; Níveis de organização da biodiversidade; Aspectos de história da ciência relativos ao conceito de biodiversidade; Organização e construção do conhecimento atual sobre biodiversidade; Impactos do desastre em Mariana; Identificação de componentes representantes dos níveis de organização da biodiversidade;
Métodos	Diversidade de espécies para além de plantas e animais; Revisão de aspectos abordados em encontros anteriores; Discussões e debates sobre temas relacionados ao estudo do caso; Leitura do texto “biodiversidade”; Sistematização das discussões e das reflexões promovidas no encontro; Análise do laudo técnico preliminar do IBAMA, com leitura de imagens, mapas e tabelas; Socialização e discussão das atividades realizadas; Releitura do caso e das questões norteadoras, com apresentação de novas questões (Q7-Q8); Pesquisa sobre temas relacionados ao estudo do caso (atividade opcional); Leitura do livro “biodiversidade tropical” (atividade opcional); Solução das questões norteadoras (atividade extraclasse).
Mídias	Texto: Biodiversidade; Texto: Laudo técnico preliminar do IBAMA; Livro: Biodiversidade tropical; Caderno de Registro Individual (CRI); Texto com o caso.
Professores	Propor atividades que auxiliem no estudo do caso; Sugerir materiais que auxiliem no estudo do caso; Auxiliar no desenvolvimento das atividades propostas; Identificar necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes; Planejar novos encontros (se necessário); Valorizar os conhecimentos e as participações dos estudantes; Fazer questionamentos e provocações que instiguem a participação e o envolvimento dos estudantes no estudo do caso; Orientar a realização das atividades propostas; Tomar decisões na implementação da sequência didática.
Estudantes	Participar e se envolver com o desenvolvimento das atividades propostas; Respeitar as participações dos outros estudantes; Explicar termos, conceitos, fenômenos e fatos relacionados ao estudo do caso; Analisar dados a partir da leitura de imagens, mapas e tabelas; Trabalhar em grupo (quando necessário); Compartilhar os resultados das atividades realizadas; Identificar as dúvidas e as dificuldades que emergem quando tentam responder às questões norteadoras; Pesquisar sobre temas/conceitos relacionados ao estudo do caso;

Responder, revisar, aprimorar e/ou reconstruir as respostas das questões norteadoras.  
Fazer anotações pertinentes ao estudo do caso.

---

Fonte: elaborado pela autora

O terceiro encontro foi planejado para aprofundar e concluir as discussões que levam ao cumprimento dos objetivos de aprendizagem listados no quadro 25. Por esta razão, neste encontro foi possível identificar tópicos já abordados nos encontros anteriores, como “níveis de organização da biodiversidade e o conceito de biodiversidade”; e tópicos que foram abordados pela primeira vez, como “aspectos da história da ciência relativos ao conceito de biodiversidade” e “organização e construção do conhecimento atual sobre biodiversidade”. Desses dois últimos, o primeiro tópico foi um indicativo da presença na SD sobre biodiversidade de uma estratégia metodológica identificada nos resultados da primeira etapa desta pesquisa, conforme pode ser visto na EM6 da OE1 (ver quadro 19, p.133). Esta estratégia sugeriu que a história da ciência seja utilizada como uma ferramenta para auxiliar na ampliação do conhecimento sobre diversidade de espécies.

Já o segundo tópico está alinhado com o papel que o conhecimento científico deve assumir no quadro construtivista da reconstrução educacional (ver quadro 7, p.70). De acordo com este quadro, o conhecimento científico deve ser entendido como um conhecimento provisório e histórico, fruto da construção humana, e por isso, considerado patrimônio cultural (DUIT, 2006b; DUIT et. al., 2012; KATTMANN *et al.*, 1996). Com isso, deve-se combater, principalmente, a percepção de que o conteúdo científico sobre BD deve ser tratado de forma dogmática e descontextualizada no ensino de Biologia.

Com relação aos métodos, as atividades que merecem destaque neste terceiro encontro são aquelas que presumem revisão, releitura e análise. Uma das atividades que representa este cenário foi aquela que sugeriu a “análise do laudo técnico preliminar do IBAMA”. Esta atividade foi importante porque propõe aos estudantes “analisar dados a partir da leitura de imagens, mapas e tabelas”. Segundo Tomio e colaboradores (2013), o domínio do processo de leitura destes tipos de fontes tem relação direta com a aprendizagem de conhecimentos científicos. Desse modo, as imagens, mapas e tabelas ganham um sentido pedagógico, sendo entendidos como uma forma de linguagem que pode contribuir para a aprendizagem de conceitos científicos e para a otimização da dinâmica de comunicação em sala de aula (TOMIO *et al.*, 2013).

Ainda sobre os métodos, cabe evidenciar a presença de duas atividades específicas: “pesquisa sobre temas relacionados ao estudo do caso” e “leitura do livro ‘biodiversidade tropical’”. Estas atividades foram sugeridas como opcionais. Este foi um aspecto relevante deste encontro, pois tem relação com o nosso entendimento sobre o que representa um modelo de ensino descrito em uma SD e com o papel do professor ao longo da SD sobre biodiversidade. Primeiramente estas atividades opcionais indicam que o modelo de ensino sugerido pela SD sobre biodiversidade não é entendido, neste trabalho, como único e absoluto; mas como uma possibilidade, dentre tantas. Nesse sentido, concordamos que nenhum modelo de ensino é por si ideal, havendo sempre a necessidade de reflexões sobre as particularidades do contexto e dos sujeitos envolvidos no processo ensino e aprendizagem (LIMA; NETO; STRUCHINER, 2018).

Ademais, as atividades opcionais representam outra forma de o professor “tomar decisões na implementação da sequência didática”. No terceiro encontro, isto também foi possível por meio do planejamento de novos encontros, fundamentados na identificação das necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes. Estas que também podem ser identificadas nas explicações dos estudantes sobre termos, conceitos, fenômenos e fatos relacionados ao estudo do caso. Para tal, o professor precisa “valorizar os conhecimentos e as participações dos estudantes” durante o encontro.

Todas estas atividades citadas anteriormente garantem ao professor autonomia no processo de ensino e aprendizagem, permitindo que a SD sobre biodiversidade seja adequada ao contexto e aos sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, permitem que as concepções, motivações e interesses dos estudantes sejam levados em conta ao longo de toda a SD sobre biodiversidade. Desse modo, foi possível identificar a influência de uma das principais ideias do MRE no planejamento da SD sobre biodiversidade: o entendimento de que as perspectivas dos estudantes não são apenas um ponto de partida para o processo de instrução, mas uma ferramenta capaz de o guiar (KATTMANN et. al., 1996; DUIT et. al., 2012).

Sobre o papel dos estudantes, um aspecto a destacar é a responsabilidade que eles possuem de “responder, revisar, aprimorar e/ou reconstruir as respostas das questões norteadoras”. Isto foi requerido dos estudantes em vários encontros da SD sobre biodiversidade e indicou que características do processo de *design* descrito pelo MRE foram levadas para o planejamento da SD sobre biodiversidade. Estas características envolvem a presença de atividades de revisão, aprimoramento e reconstrução nos três componentes do MRE. Inserir estas atividades na SD sobre biodiversidade pode auxiliar

os estudantes a “identificar as dúvidas e as dificuldades que emergem quando tentam responder às questões norteadoras”, bem como a avaliar seus percursos de aprendizagem ao longo da implementação da SD.

Por último, é importante lembrar que o terceiro encontro foi o último planejado para dar cumprimento aos objetivos de aprendizagem apresentados no quadro 25 (p.147). Os encontros subsequentes, do quarto ou sétimo encontro, foram planejados para viabilizar o cumprimento dos objetivos de aprendizagem conceituais, procedimentais e atitudinais apresentados no quadro 29, que propõem abordar o conceito de BD em um viés sociocultural.

Quadro 29 – Objetivos de aprendizagem que guiaram o planejamento dos quatro últimos encontros da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

<b>Objetivos de aprendizagem referentes aos quatro últimos encontros</b>
<p><b>Conceituais:</b>            Entender e aprimorar o conhecimento sobre: espécie endêmica, organismo, espécie, funcionamento dos ecossistemas, biomas, <i>habitats</i>, preservação e conservação da biodiversidade e biodiversidade.            Entender que a espécie humana é componente importante dos sistemas ecológicos, sendo altamente dependente da biodiversidade por diversas razões.            Conhecer e compreender as discussões que envolvem cada uma das dimensões por meio das quais a conservação da biodiversidade pode ser justificada, identificando os valores que estão associados a cada dimensão.</p>
<p><b>Procedimentais:</b>            Relacionar as formas de relação entre o homem e a natureza (antropocentrismo, biocentrismo e ecocentrismo) (ALMEIDA, 2007) com os valores atribuídos à biodiversidade, as justificativas para necessidade de sua conservação e as dimensões socioculturais do conceito.            Elaborar justificativas para a conservação da biodiversidade, a partir das várias dimensões associadas a este conceito no contexto sociocultural.</p>
<p><b>Atitudinais:</b>            Discutir e refletir criticamente sobre: os valores atribuídos a biodiversidade, a importância e serventia da biodiversidade e os responsáveis pela conservação da biodiversidade, tomando como referência o caso em Mariana.            Discutir e posicionar-se em relação aos valores atribuídos à biodiversidade: valores diretos, indiretos e intrínseco, justificando a importância e necessidade de sua conservação.            Realizar iniciativas de educação por meio da construção de panfletos informativos, abordando aspectos científicos e socioculturais da biodiversidade, visando envolver outros cidadãos em ações sociopolíticas relacionadas ao tema.</p>

Fonte: elaborado pela autora

Assim, continuando a descrição dos sete encontros da SD sobre biodiversidade, foram apresentadas no quadro 30 as cinco ADs referentes ao quarto encontro, que foi planejado para ser desenvolvido em 2horas/aulas e para viabilizar o cumprimento de parte dos objetivos de aprendizagem apresentados anteriormente.

Quadro 30 – Ações didáticas do quarto encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>AÇÕES DIDÁTICAS DO QUARTO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIODIVERSIDADE</b>	
AD1.	Socialização das dificuldades apontadas pelos estudantes para responderem/aprimorarem as questões já apresentadas. Neste momento, o professor deve ficar atento às dificuldades de aprendizagem dos estudantes. Caso necessário, o professor deverá planejar um momento adicional que auxilie os estudantes a superarem suas dificuldades. Para realização deste momento, os estudantes podem ser organizados em grupos, de maneira que possam contribuir uns com a aprendizagem dos outros, aquelas dificuldades que persistirem ao debate em grupo, serão socializadas com o professor. Na condução desta atividade, é importante o professor alertar aos estudantes que não é para eles compartilharem respostas simplesmente, mas tentarem ajudar uns aos outros a superarem as dificuldades que surgiram.
AD2.	Exibição de pequenos vídeos intitulados “Sobre o bioma Mata Atlântica” e “Sobre o bioma Cerrado”, que apresentam de forma resumida as características de cada bioma/ecossistema afetado pelo desastre em Mariana. Neste momento, devem ser promovidas reflexões sobre: a definição de bioma; a definição de ecossistema; os biomas apresentados e sua biodiversidade – abordando a ideia de espécies endêmicas e de vegetação característica; o impacto da destruição do Rio Doce; e a importância da conservação/preservação dos biomas Mata Atlântica e Cerrado.
AD3.	Identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre “preservação e conservação da biodiversidade”, “uso e valorização da biodiversidade”. Neste momento, o professor poderá apresentar as seguintes questões norteadoras: Q9, Q10, Q11, Q12 e Q13. Em seguida, o professor deve promover a discussão dos questionamentos em grupo, deixando que os estudantes se sintam livres para responder as questões com os conhecimentos que possuem. O professor deve estar atento aos conhecimentos prévios dos estudantes, para estes conhecimentos sejam considerados ao longo da SD.
AD4.	Explanação dialogada sobre a Biologia da conservação, mostrando o surgimento desta área e suas principais preocupações. Neste momento, o professor poderá mostrar definições de conservação da biodiversidade, estratégias de conservação que possibilitem proteção às espécies e aos <i>habitats</i> , destacando com isso formas de viabilizar a conservação da diversidade genética, de espécies e de ecossistemas. Esta explanação dará os primeiros subsídios para que as questões apresentadas neste encontro possam ser respondidas, ela deve ser conduzida levando em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes, identificados na AD3 deste encontro, e a participação deles (dos estudantes).
AD5.	Solicitação para que os estudantes pesquisem sobre estratégias de conservação de espécies e de <i>habitats</i> (unidades de conservação) existentes em sua região. Neste momento, o professor poderá pedir aos estudantes que destaquem em suas pesquisas os responsáveis pelo desenvolvimento e execução das estratégias, sua localização e funcionamento. Esta atividade deverá ser realizada em casa, de modo individual ou em grupo.
<b>Referências das mídias indicadas no encontro 4:</b>	
Vídeo: Sobre o bioma Mata Atlântica SOBRE O BIOMA MATA ATLÂNTICA. 2016. Disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Witee464alQ">https://www.youtube.com/watch?v=Witee464alQ</a> Acesso em: 05 de outubro de 2018.	
Vídeo: Sobre o bioma Cerrado SOBRE O BIOMA CERRADO. 2016. Disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=XX54FbfPUas">https://www.youtube.com/watch?v=XX54FbfPUas</a> . Acesso: 05 de outubro de 2018.	

Fonte: elaborado pela autora

O quarto encontro foi planejado com o intuito de fornecer subsídios para que o conceito de BD seja abordado, predominantemente, por meio de seu contexto sociocultural. Isto foi proposto com base nas discussões de tópicos como “importância da conservação de biomas”, “preservação e conservação da biodiversidade”, “uso e valorização da biodiversidade”, dentre outros. No entanto, neste quarto encontro, a proposta é que estes tópicos sejam tratados ainda de maneira superficial, pois o foco é a



“identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes” a respeito deles. Ela não se restringiu ao primeiro encontro da SD sobre biodiversidade, mas foi utilizada sempre que uma nova abordagem do conceito foi considerada.

Como dito anteriormente, esta característica da SD – de ter vários momentos, ao longo dos encontros, para identificação das concepções prévias dos estudantes ou das suas necessidades e dificuldades de aprendizagem – evidencia uma forma do MRE subsidiar o planejamento da SD, já que neste modelo é defendido que as perspectivas dos estudantes frente a um dado conteúdo científico servem como ponto de partida e como ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem (DUIT et.al., 2012). Estes e outros aspectos do quarto encontro foram sistematizados na tabela 4.

Tabela 4 – Principais aspectos do quarto encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

<b>ITENS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Tópicos	Definição de bioma e ecossistema; Impacto do desastre em Mariana; Importância da conservação de biomas; Preservação e conservação da biodiversidade; Uso e valorização da biodiversidade; Área do conhecimento conhecida como Biologia da conservação; Estratégias de conservação da biodiversidade.
Métodos	Socialização e discussão das atividades realizadas; Exibição de vídeos; Identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes; Discussões e debates sobre temas relacionados ao estudo do caso; Apresentação e discussão das questões norteadoras (Q9-Q13); Explicação dialogada; Pesquisa sobre temas relacionados ao estudo do caso (atividade extraclasse);
Mídias	Vídeo: sobre o bioma Mata Atlântica; Vídeo: sobre o bioma Cerrado;
Professores	Propor atividades que auxiliem no estudo do caso; Valorizar o conhecimento e as construções dos estudantes; Identificar concepções prévias dos estudantes; Planejar novos encontros (se necessário); Auxiliar no desenvolvimento das atividades propostas; Orientar a realização da atividade proposta; Explicar sobre temas/conceitos relacionados ao estudo do caso; Sugerir materiais que auxiliem no estudo do caso; Tomar decisões na implementação da sequência didática.
Estudantes	Compartilhar os resultados das atividades realizadas; Participar e se envolver com o desenvolvimento das atividades propostas; Contribuir com a aprendizagem dos outros estudantes; Identificar as dúvidas e as dificuldades que emergem quando tentam responder às questões norteadoras; Responder as questões norteadoras com base em seus conhecimentos prévios; Pesquisar sobre temas/conceitos relacionados ao estudo do caso; Respeitar a participação dos outros estudantes; Trabalhar em grupo (quando necessário).

Fonte: elaborado pela autora

Além da identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, outro método que compôs a metodologia do quarto encontro foi a “explanção dialogada”. Esta explanção tem por objetivo apresentar um cenário bem amplo da Biologia da conservação, destacando suas principais linhas de estudo e fornecendo subsídios para que os estudantes possam realizar as próximas atividades propostas na SD sobre biodiversidade. Como esta explanção tem por característica ser dialogada, os estudantes podem fazer seus questionamentos e considerações ao passo que o professor “explanar sobre temas/conceitos relacionados ao estudo do caso”. Desse modo, é possível que esta explanção ofereça ao professor mais um momento em que ele tenha acesso aos conhecimentos que os estudantes possuem, e, conseqüentemente, o possibilite “identificar necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes e planejar novos encontros”, caso seja necessário. Portanto, é importante estar atento ao fato de que no âmbito da SD sobre biodiversidade, o objetivo da explanção dialogada não está relacionado, pura e simplesmente, à transmissão de conhecimento do professor para o estudante.

Por fim, vale dizer que as atividades destinadas ao professor continuam tendo o objetivo de fazer deste um mediador do processo de ensino e aprendizagem. O estudante, da mesma forma, continua sendo instigado a assumir o papel de sujeito ativo, sendo responsável por sua aprendizagem e tendo a responsabilidade de “contribuir com a aprendizagem dos outros estudantes”. Atividades de revisão e reconstrução também são previstas para os estudantes neste quarto encontro, bem como aquelas que sugerem a eles “identificar as dúvidas e as dificuldades que emergem quando tentam responder às questões norteadoras”, as justificativas para a presença destas atividades no quarto encontro foram semelhantes àquelas apresentadas na descrição do terceiro encontro. A seguir, no quadro 31 apresentam-se as seis ADs referentes ao quinto encontro.

Quadro 31 – Ações didáticas do quinto encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>AÇÕES DIDÁTICAS DO QUINTO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIODIVERSIDADE</b>	
AD1.	Socialização da pesquisa solicitada no encontro anterior. Neste momento, o professor deverá organizar a sala em grupo, pedindo que os estudantes compartilhem com os colegas o resultado de suas pesquisas.
AD2.	Continuação das discussões sobre a conservação da biodiversidade. Neste momento o professor poderá perguntar aos estudantes, ainda organizados em grupo, de quem é a responsabilidade pela conservação da biodiversidade, estimulando que eles utilizem os resultados de suas pesquisas para pensarem em uma resposta. Cada grupo deverá construir uma resposta, que servirá para as reflexões que serão promovidas em outro momento deste encontro. As respostas construídas pelos estudantes devem ser registradas no CRI.
AD3.	Leitura sobre os valores atribuídos à biodiversidade, a partir do texto de Primack e Rodrigues (2001). Os estudantes, ainda organizados em grupo, devem fazer a leitura sobre os valores atribuídos à biodiversidade: valor direto, valor indireto e valor intrínseco. O professor poderá

<p>AD4.</p> <p>AD5.</p> <p>AD6.</p>	<p>pedir aos estudantes que justifiquem a importância e a necessidade de preservação/conservação da biodiversidade afetada pelo desastre em Mariana com base nos valores estudados. Nesse momento, o professor deverá mediar as construções dos estudantes, os auxiliando a não construir justificativas pautadas em uma visão ingênua sobre a conservação da biodiversidade.</p> <p>Socialização das atividades realizadas pelos grupos, podendo ser anotado no quadro as principais justificativas destacadas pelos estudantes. Com isso, o professor poderá promover uma reflexão sobre o contexto sociocultural do conceito de biodiversidade, relacionando: as justificativas dadas, os valores associados a elas, as dimensões socioculturais do conceito, bem como as formas de perceber as relações entre o homem e a natureza. O professor, pode trazer para este momento as reflexões sobre a responsabilidade da conservação promovidas na AD2 deste encontro.</p> <p>Apresentação do quadro 2, retirado de Richetti (2016). Neste momento, os estudantes deverão ser provocados a identificar, no quadro apresentado, ações de reparo do desastre em Mariana que envolvam contribuição da ciência, da tecnologia e da sociedade. Para complementar esta atividade, os estudantes podem ser convidados a visitar o site da fundação Renova, que é a responsável por administrar os reparos do desastre em Mariana. Esta atividade contribuirá para as reflexões relativas às questões norteadoras Q13 e Q15, esta última que será apresentada no próximo encontro. Ainda sobre este momento, os estudantes podem vivenciá-lo individualmente ou organizados em grupo, sem a intervenção o professor.</p> <p>Solicitação para que os estudantes revejam as questões já respondidas no CRI e aprimorem suas respostas com base em todos os encontros até então realizados. E, também, que eles respondam os questionamentos que ainda não responderam, tentando identificar as dificuldades que ainda possuem para realizar a atividade, que deve ser feita em casa.</p>
<p><b>Referências das mídias indicadas no encontro 5:</b>          Texto de Primack e Rodrigues (2001) sobre valores atribuídos à biodiversidade          PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. <b>Biologia da Conservação</b>. Londrina: Editora Planta, 2001.          quadro sobre os aspectos do acidente da barragem de Mariana com abordagem CTS          RICHETTI, G. P. O Rompimento da Barragem da Mineradora Samarco: Um Tema Sociocientífico na Formação Inicial de Professores de Química. <b>Jornada Latino-Americanas de Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia–ESOCITE</b>, v. 11, 2016.</p>	

Fonte: elaborado pela autora

Como é possível observar, as ADs do quinto encontro foram planejadas para permitir o aprofundamento dos tópicos apresentados no quarto encontro. Isto foi sugerido a partir de discussões e reflexões que envolvem os “valores atribuídos à biodiversidade, as dimensões socioculturais do conceito de biodiversidade”, a “relação entre o homem e a natureza”, dentre outros. As relações entre estes três tópicos devem ser trabalhadas de várias formas ao longo de todo o quinto encontro, que deve ter duração de 2horas/aula. Outros aspectos do quinto encontro podem ser visualizados na tabela 5.

Tabela 5 – Principais aspectos do quinto encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

ITENS	DESCRIÇÃO
Tópicos	Conservação da biodiversidade; Valores atribuídos à biodiversidade; Importância e necessidade da preservação/conservação da biodiversidade; Dimensões socioculturais do conceito de biodiversidade; Relações entre o homem e a natureza; Reparos ao desastre em Mariana.
Métodos	Socialização e discussão das atividades realizadas; Discussões e debates sobre temas relacionados ao estudo do caso; Leitura de textos e imagens;

	<p>Pesquisas em fontes de informações online (sites);          Solução das questões norteadoras (atividade extraclasse);          Caderno de Registo Individual (CRI);          Texto: Biologia da conservação (PRIMACK; RODRIGUES, 2001);          Quadro branco;          Quadro da pesquisa de Richetti (2016);          Site da Fundação Renova.</p>
Mídias	
Professores	<p>Propor atividades que auxiliem no estudo do caso;          Valorizar os conhecimentos e as participações dos estudantes;          Fazer questionamentos e provocações que instiguem a participação e o envolvimento dos estudantes no estudo do caso;          Identificar necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes;          Orientar o desenvolvimento das atividades propostas;          Auxiliar no desenvolvimento das atividades propostas;          Tomar decisões para a implementação da sequência didática.</p>
Estudantes	<p>Compartilhar os resultados das atividades realizadas;          Participar e se envolver com o desenvolvimento das atividades propostas;          Utilizar resultados das pesquisas para sistematizar seus conhecimentos;          Fazer anotações pertinentes ao estudo do caso;          Construir justificativas para fenômenos ou fatos relacionados ao estudo do caso;          Respeitar as participações dos outros estudantes;          Pesquisar em fontes de informação online;          Responder, revisar, aprimorar e/ou reconstruir as respostas das questões norteadoras;          Trabalhar em grupo (quando necessário);          Identificar as dúvidas e dificuldades persistentes ao longo dos encontros.</p>

---

Fonte: elaborado pela autora

Ainda sobre os tópicos, é importante destacar que aquele referente às dimensões socioculturais do conceito de biodiversidade representa a presença da EM1 da OE4 (ver quadro 19, p.133) no planejamento da SD. Esta estratégia metodológica sugeriu utilizar as discussões presentes em cada uma das dimensões nas quais a conservação da biodiversidade pode ser analisada, para aprimorar o conhecimento dos estudantes sobre a importância e a necessidade desta conservação. O aprimoramento deste conhecimento também foi possibilitado por meio das discussões que envolvem as relações que o homem estabelece com a natureza. Isto tudo deve ser discutido no âmbito do estudo do caso, que fornece o contexto das discussões promovidas a cada encontro.

A leitura de imagem também foi contemplada neste quinto encontro por meio da leitura do “quadro da pesquisa de Richetti (2016)” (Anexo 1), que visou auxiliar o entendimento do caso em Mariana a partir de uma perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), possibilitando que os estudantes identifiquem formas de reparos ao desastre em Mariana e os responsáveis por elas. Outra forma de identificar estas formas de reparo e seus responsáveis foi por meio de “pesquisas em fontes de informação online”, neste caso, no “site da Fundação Renova”. De modo geral, as atividades e mídias do quinto encontro foram planejadas para auxiliar os estudantes a “construir justificativas para fenômenos ou fatos relacionados ao estudo do caso”, neste contexto, o fenômeno em

questão é a conservação da biodiversidade. Isto está em concordância com a EM2 do OE4 (ver quadro 19, p.133), que sugeriu utilizar o conhecimento científico na construção de argumentos sofisticados para justificar a conservação e a perda da biodiversidade.

Neste processo de construção de justificativas, os professores devem “auxiliar no desenvolvimento das atividades propostas”, tornando-se mediadores das construções dos estudantes. Estes, por sua vez, “devem utilizar resultados das pesquisas para sistematizar seus conhecimentos”. Além disso, assim como no terceiro encontro, devem “responder, revisar, aprimorar e/ou reconstruir as respostas das questões norteadoras” e “identificar as dúvidas e dificuldades persistentes ao longo dos encontros”. Estas atividades dos professores e dos estudantes continuam possibilitando a eles papéis condizentes aos propostos para o professor e o estudante no quadro construtivista da reconstrução educacional (ver quadro 7, p.70).

Como já foi dito, as atividades de revisão e reconstrução foi uma das formas de permitir que o papel do conhecimento científico, como defendido no MRE, seja respeitado ao longo da SD. Estas atividades são apoiadas pelas anotações que os estudantes fazem sobre o estudo do caso ao longo dos encontros. A seguir, o quadro 32 apresenta as ADs que compuseram o sexto encontro da SD sobre biodiversidade.

Quadro 32 – Ações didáticas do sexto encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>AÇÕES DIDÁTICAS DO SEXTO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIODIVERSIDADE</b>	
AD1.	Socialização das atividades sugeridas no final do encontro anterior (E5 – AD5/AD6), com destaque para as reflexões sobre: a responsabilidade da conservação, neste momento o professor precisa perceber se os estudantes identificam diferentes responsáveis pela conservação da biodiversidade, como o cidadão, os empresários e o governo, por exemplo; e as dificuldades que ainda permanecem na resolução das questões norteadoras.
AD2.	Discussão e resolução da questão norteadora Q14. Neste momento os estudantes podem ser divididos em grupos para refletirem sobre os seguintes questionamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Espécies endêmicas se adaptam facilmente fora de seus <i>habitats</i> naturais?</li> <li>– A introdução de espécies endêmicas em outros ecossistemas ameaça a biodiversidade do ecossistema receptor?</li> <li>– Liberar a pesca no Rio Doce é o suficiente para os pescadores retomarem as suas vidas como antigamente?</li> <li>– A liberação da pesca no Rio Doce pode ser uma ameaça para a saúde da população que consome pescados?</li> <li>– Vender peixes de água salgada e não de água doce, como aqueles pescados no Rio Doce, poderia ser uma alternativa para os pescadores da região? Você compraria peixe de água salgada na região afetada pelo desastre?</li> </ul>
AD3.	Leitura de notícias que mostrem soluções alternativas para situações semelhantes àquelas vivenciadas pelos pescadores afetados pelo desastre de Mariana. Exemplos: Uma notícia sobre “pescadores que têm direito a Seguro Defeso” e outra sobre os auxílios que os pescadores afetados pelo desastre em Mariana recebem da mineradora, mas que são insuficientes. Este momento deverá auxiliar na análise proposta na AD anterior, portanto, os estudantes podem continuar organizados em grupo, ficando sob responsabilidade do professor disponibilizar as notícias aos estudantes.

AD4.	Sistematização e socialização da análise proposta nas AD2 e AD3. Os estudantes podem, neste momento, apresentar os resultados da análise que fizeram, mostrando qual o posicionamento deles frente à estratégia sugerida. O professor poderá aproveitar o final da apresentação dos estudantes para apresentar a questão norteadora Q15 e sugerir a atividade seguinte.
AD5.	Solicitação para que os estudantes construam um panfleto informativo, direcionado para os pescadores, que mostre a necessidade e a importância da conservação da biodiversidade, bem como da interrupção da pescaria na região do Rio Doce. Para isso, os estudantes devem utilizar o contexto científico e sociocultural do conceito de BD. Neste panfleto, os estudantes, também devem sugerir alternativas para melhorar a vida dos pescadores por enquanto que a pescaria no Rio Doce não é liberada. A construção do panfleto deve ser realizada em grupo.
AD6.	Solicitação para que os estudantes concluam a resolução das questões norteadoras e a registre no CRI. Neste momento, o professor deverá orientar os estudantes a sistematizarem no CRI a resposta final de todas as questões norteadoras do caso.
<b>Referências das mídias indicadas no encontro 6:</b>	
Notícia sobre “Pescadores que têm direito a Seguro Defeso”	
GLOBO. Pescadores que têm direito a seguro defeso. 2017. Disponível em: <a href="https://g1.globo.com/pe/petrolina-regiao/noticia/pescadores-tem-direito-a-seguro-defeso-durante-piracema-em-petrolina-pe.ghtml">https://g1.globo.com/pe/petrolina-regiao/noticia/pescadores-tem-direito-a-seguro-defeso-durante-piracema-em-petrolina-pe.ghtml</a> . Acesso: 05 de outubro de 2018	
Notícia sobre os auxílios que os pescadores afetados pelo desastre em Mariana recebem da mineradora, mas que são insuficientes.	
GLOBO. De 3 mil pescadores afetados por lama no ES, 2 mil recebem auxílio. 2016. Disponível em: <a href="http://g1.globo.com/espírito-santo/desastre-ambiental-no-rio-doce/noticia/2016/06/sem-trabalho-2-mil-pescadores-vivem-do-auxilio-da-samarco-no-es.html">http://g1.globo.com/espírito-santo/desastre-ambiental-no-rio-doce/noticia/2016/06/sem-trabalho-2-mil-pescadores-vivem-do-auxilio-da-samarco-no-es.html</a> . Acesso: 05 de outubro de 2018.	

Fonte: elaborado pela autora

O sexto encontro foi planejado para sistematizar as reflexões feitas ao longo dos encontros anteriores. O foco deste encontro é abordar o conceito de biodiversidade por meio de seu contexto científico e sociocultural, mostrando como ambos os contextos são necessários e importantes para uma compreensão integral e polissêmica do conceito de biodiversidade. Como pode ser observado no quadro anterior, o sexto encontro foi composto por seis ADs, que foram planejadas para serem desenvolvidas em 2horas/aulas. Assim como nos demais encontros, o tempo reservado para cada AD deve ficar a critério do professor. Os principais aspectos do sexto encontro podem ser visualizados na tabela 6.

Tabela 6 – Principais aspectos do sexto encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

ITENS	DESCRIÇÃO
Tópicos	Conservação da biodiversidade: principais responsáveis e estratégias de conservação; Contexto científico e sociocultural do conceito de biodiversidade. Modelo de panfleto
Métodos	Socialização e discussão das atividades realizadas; Discussões e debates sobre temas relacionados ao estudo do caso; Apresentação, discussão e resolução da questão norteadora Q14; Leitura de textos e imagens; Sistematização das discussões e das reflexões promovidas no encontro; Apresentação de questão norteadora (Q15). Construção do panfleto (atividade extraclasse). Conclusão das soluções para as questões norteadoras (atividade extraclasse).
Mídias	Texto e imagens da notícia: Pescadores que têm direito a Seguro Defeso;



	Texto e imagens da notícia: De 3 mil pescadores afetados por lama no ES, 2 mil recebem auxílio;
	Caderno de Registo Individual (CRI).
Professores	Propor atividades que auxiliem no estudo do caso; Valorizar os conhecimentos e as participações dos estudantes; Identificar necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes; Fazer questionamentos e provocações que instiguem a participação e o envolvimento dos estudantes no estudo do caso; Sugerir materiais que auxiliem no estudo do caso; Orientar o desenvolvimento das atividades propostas; Tomar decisões na implementação da sequência didática.
Estudantes	Compartilhar os resultados das atividades realizadas; Participar e se envolver com o desenvolvimento das atividades propostas; Respeitar a participação dos outros estudantes; Trabalhar em grupo (quando necessário); Construir um panfleto; Responder, revisar, aprimorar, reconstruir e/ou sistematizar as respostas finais das questões norteadoras.

Fonte: elaborada pela autora

Sobre os métodos do sexto encontro, merecem destaque: “a apresentação, discussão e resolução da questão norteadora Q14” e a “construção do panfleto”. Ambos os métodos foram exclusivos do sexto encontro e objetivaram propor atividades nas quais os estudantes sejam levados a sistematizar os conhecimentos que construíram/reconstruíram ao longo dos encontros da SD sobre biodiversidade. Outra atividade planejada para colaborar com estas sistematizações foi aquela que presumiu a “conclusão das soluções para as questões norteadoras”.

Assim, o planejamento do sexto encontro foi concentrado nas discussões necessárias para a solução da questão norteadora Q14 e nas orientações pertinentes para a construção do panfleto. As atividades dos professores e dos estudantes seguiram o mesmo padrão das atividades que estes sujeitos realizaram nos encontros anteriores, a única atividade dos estudantes restrita a este encontro foi “construir um panfleto”, que deve ser exposto no sétimo encontro (quadro 33).

Quadro 33 – Ações didáticas do sétimo encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>AÇÕES DIDÁTICAS DO SÉTIMO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE BIODIVERSIDADE</b>	
AD1.	Socialização, discussão e síntese das soluções encontradas para as questões norteadoras do caso “Uma QSC sobre biodiversidade: o caso de Mariana”.
AD2.	Exposição e apresentação dos panfletos elaborados pelos grupos e entrega dos CRI. Neste momento, os estudantes devem ter acessos as construções uns dos outros.
AD3.	Avaliação da SD pelos estudantes, autoavaliação e avaliação mútua. Neste momento avaliativo, o professor poderá sugerir critérios de avaliação para a SD, para a autoavaliação dos estudantes e para a avaliação mútua. Estas avaliações podem ser feitas na forma de um debate envolvendo todos os envolvidos na experiência de ensino e aprendizagem ou na forma de um relato de experiência individual, por meio de um questionário ou de uma narrativa. Outra possibilidade para a autoavaliação dos estudantes é a reflexão sobre seus mapas

conceituais construídos no primeiro encontro desta SD. De posse de seus mapas conceituais, os estudantes podem analisar como pensavam a biodiversidade no primeiro encontro, identificando pontos de aprimoramento que foram possíveis com a implementação da SD. A partir disso, os estudantes podem reconstruir os seus mapas conceituais, de maneira que, a forma como pensam a biodiversidade depois da implementação da SD fique neles representada. Ao final deste exercício, as percepções de cada estudantes sobre o seu percurso de aprendizagem ao longo da SD podem ser compartilhada com todos os envolvidos neste ambiente de ensino e aprendizagem. Por fim, é importante destacar que neste momento avaliativo os estudantes e os professores devem ser envolvidos por um ambiente onde as suas falas sejam valorizadas e respeitadas, para que a avaliação faça realmente sentido.

Fonte: elaborado pela autora

Finalmente, o sétimo e último encontro foi composto por três ADs, planejadas para serem desenvolvidas no período de 2 horas/aulas, conforme critério de distribuição de tempo proposto pelos professores. Estas ADs compõem um encontro planejado para promover as últimas “discussões e debates pertinentes ao estudo do caso” e um momento de avaliação do processo de ensino e aprendizagem vivenciado. A este último encontro também foi reservada a “exposição dos panfletos” e a “entrega do Caderno de Registro Individual (CRI)”. Os principais aspectos do sétimo encontro são sistematizados na tabela 7.

Tabela 7 – Principais aspectos do sétimo encontro da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica

<b>ITENS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Tópicos	Contexto científico e sociocultural do conceito de biodiversidade.
Métodos	Socialização das atividades realizadas; Discussões e debates pertinentes ao estudo do caso; Exposição dos panfletos; Entrega do Caderno de Registro Individual (CRI); Reconstrução dos mapas conceituais; Avaliação do processo de ensino e aprendizagem vivenciado.
Mídias	Panfleto; Caderno de Registro Individual (CRI); Mapas conceituais; Questionários (opcional); Narrativas (opcional).
Professores	Propor atividades que auxiliem no estudo do caso; Fazer avaliação do processo de ensino e aprendizagem vivenciado; Valorizar e respeitar as avaliações dos estudantes; Fazer suas próprias autoavaliações.
Estudantes	Compartilhar os resultados das atividades realizadas; Participar e se envolver com o desenvolvimento das atividades propostas; Respeitar as participações dos estudantes; Reconstruir mapas conceituais; Analisar seus percursos de aprendizagem; Fazer avaliação sobre o processo de ensino e aprendizagem vivenciado; Compartilhar as avaliações realizadas; Valorizar e respeitar as avaliações dos estudantes e dos professores.

Fonte: elaborada pela autora



Como é possível observar, este último encontro teve um caráter predominantemente avaliativo, de modo que as atividades dos professores implementadores e dos estudantes que merecem destaque foram aquelas diretamente ligadas à avaliação pretendida. Desse modo, neste momento avaliativo o professor deve “fazer avaliação do processo ensino e aprendizagem vivenciado”, “valorizar e respeitar as avaliações dos estudantes” e “fazer suas próprias autoavaliações”. Já os estudantes devem “analisar seus percursos de aprendizagem”, “fazer avaliação sobre o processo de ensino e aprendizagem vivenciado”, “compartilhar as avaliações realizadas” e “valorizar e respeitar as avaliações dos estudantes e dos professores”. Uma das atividades propostas para apoiar os estudantes nas suas avaliações foi a reconstrução do mapa conceitual feito no primeiro encontro da SD sobre biodiversidade. Outra possibilidade, foram as anotações feitas no CRI ao longo dos encontros. É importante evidenciar que o professor deve fornecer aos estudantes ambientes propícios para este momento avaliativo, sendo primordial que os estudantes se sintam à vontade para expor suas avaliações.

Além do processo avaliativo destinado ao último encontro da SD sobre biodiversidade, foi planejada também uma avaliação que deve acontecer quando todos os encontros forem implementados; esta avaliação foi chamada de “avaliação de ensino e aprendizagem”. De modo geral, o foco desta avaliação de ensino e aprendizagem foi perceber até que ponto os objetivos de aprendizagem propostos (quadro 25 e quadro 29) foram alcançados com a implementação da SD. Como a proposição dos objetivos de aprendizagem foi pautada numa visão multidimensional do conteúdo, a avaliação proposta não poderia tratar apenas de aspectos cognitivos do processo de ensino e aprendizagem. Assim, foi sugerida uma avaliação pautada em aspectos cognitivos e afetivos dos estudantes. Isto também tem relações com o referencial teórico e metodológico do MRE.

Desse modo, a avaliação cognitiva dos estudantes objetiva identificar o nível de compreensão deles acerca do conteúdo científico em si, dando conta de avaliar seus percursos de aprendizagem, seus progressos e as dificuldades de aprendizagem persistentes à implementação da SD sobre biodiversidade. O quadro 34 apresenta exemplos de indicadores capazes de guiar a avaliação da aprendizagem cognitiva dos estudantes sobre o conceito de biodiversidade.

Quadro 34 – Indicadores sugeridos para guiar a avaliação da aprendizagem cognitiva dos estudantes

<b>AValiação de Aprendizagem Cognitiva sobre o conceito de Biodiversidade</b>		
<b>INDICADORES</b>		<b>DESCRIÇÃO</b>
Compreensão do contexto científico do conceito de biodiversidade (CCC)	Níveis de organização (NO)	Identificada quando os textos (escritos ou falados) dos estudantes dão indícios de que eles reconhecem os níveis de organizações da BD: diversidade genética, diversidade de organismos e diversidade de ecossistemas. Este indicador busca mostrar como a BD é entendida e em que nível.
	Interação entre os Níveis de Organização (INO)	Identificada quando os textos (escritos ou falados) dos estudantes dão indícios de que eles compreendem que a biodiversidade não é um simples catálogo de genes, espécies ou ambientes. Mas que esses níveis são hierárquicos e interagem entre si. Este indicador busca mostrar se os estudantes entendem as interações estabelecidas entre os níveis de organização da biodiversidade
Compreensão do contexto sociocultural do conceito de biodiversidade (CCS)	Dimensão Social (DS)	Identificada quando os textos dos estudantes (escritos ou falados) dão indícios de que eles compreendem a interdependência entre os fenômenos sociais e naturais da conservação da BD. Tais indícios podem ser identificados através de valores atribuídos a BD, que reflitam a responsabilidade social na preservação e conservação da BD. Outra forma de verificação desta dimensão é o entendimento de que a espécie humana é componente importante dos sistemas ecológicos e altamente dependente dos bens e serviços oferecidos pela BD, razão pela qual ela deve ser conservada.
	Dimensão Cultural (DC)	Identificada quando os textos (escritos ou falados) dos estudantes dão indícios de que entendem que existe uma íntima relação entre a diversidade cultural e a BD. Esta dimensão sugere a compreensão sobre a diversidade de costumes, valores, dentre outros aspectos que englobam as diferenças culturais encontradas nas sociedades tradicionais e modernas. A valorização das comunidades tradicionais e suas práticas é uma forma de verificar esta dimensão nas concepções dos estudantes.
	Dimensão Econômica (DE)	Identificada quando os textos (escritos ou falados) dos estudantes dão indícios de que eles compreendem as relações existentes entre o desenvolvimento econômico de uma sociedade e a conservação ambiental. Quando os estudantes atribuem à BD valores relativos aos bens e recursos que a BD oferece por meio de alimentos, medicamentos, agricultura, turismo, produtos industrializáveis, dentre outros. Cabem nesta dimensão as questões políticas que regulamentam o uso e a distribuição da BD.
	Dimensão Ética (DEt)	Identificada quando os textos (escritos ou falados) dos estudantes dão indícios de que eles compreendem que todas as espécies, como parte da comunidade de seres vivos, têm um valor em si. Por isso, a sobrevivência de todas as espécies precisa ser garantida, de modo a conservar a integridade da biosfera e em respeito a milhões de anos de evolução. A compreensão de que a BD é um bem coletivo, e que por isso sacrificar um bem coletivo, no presente, significa comprometer o bem-estar de gerações futuras, também é um indicativo da presença da dimensão ética no entendimento dos estudantes.
	Dimensão Ambiental (DEA)	Identificada quando os textos (escritos ou falados) dos estudantes dão indícios de que eles compreendem que a BD oferece serviços ambientais como equilíbrio ecológico, polinização, dentre outros. Além disso, a compreensão sobre a importância da investigação científica sobre BD também cabe a esta dimensão.

Compreensão integral e polissêmica do conceito de biodiversidade (CIP)	Identificada quando os textos (escritos ou falados) dos estudantes dão indícios de que eles abordam o conceito de biodiversidade a partir das múltiplas dimensões através das quais este conceito pode ser interpretado no contexto científico e sociocultural.
--	---

Fonte: elaborado pela autora

Os indicadores apresentados no quadro anterior, refletem uma avaliação mais específica referente ao conceito de BD, pautada em uma avaliação da aprendizagem cognitiva dos estudantes. Esta avaliação permite analisar ainda a capacidade dos estudantes de utilizar o conhecimento científico e outros conhecimentos para resolver problemas propostos; de contextualizar o conhecimento científico; de estabelecer conexões entre os conhecimentos que possuem e aqueles que estão sendo construídos, de estabelecer novas relações com os conteúdos de aprendizagem e de consolidar aquelas já existentes referentes a eles. Na SD sobre biodiversidade diferentes instrumentos podem auxiliar na realização da avaliação da aprendizagem cognitiva: os CRIs, os mapas conceituais e os panfletos construídos.

A avaliação da aprendizagem afetiva abrange as emoções, as atitudes, os valores e as motivações dos estudantes estabelecidas ao longo da SD. Neste contexto podem ser avaliados: o nível de engajamento dos estudantes na realização das atividades propostas; o interesse dos estudantes em participar dos momentos propostos na SD; a responsabilidade dos estudantes no desenvolvimento das atividades individuais e em grupo; o respeito e a valorização dos estudantes relacionados a diversidade de pensamento presentes na sala de aula; o respeito e a valorização dos estudantes frente às falas dos colegas e do professor, dentre outros. Na SD proposta os momentos que sugerem a realização de atividades individuais e em grupo podem auxiliar na realização da avaliação da aprendizagem afetiva. Mas, para isso, parece adequado que o professor faça uso de um diário de observação, no qual possa fazer anotações sobre as aprendizagens afetivas dos estudantes. Com este diário, o professor poderá avaliar os estudantes em todos os encontros da SD.

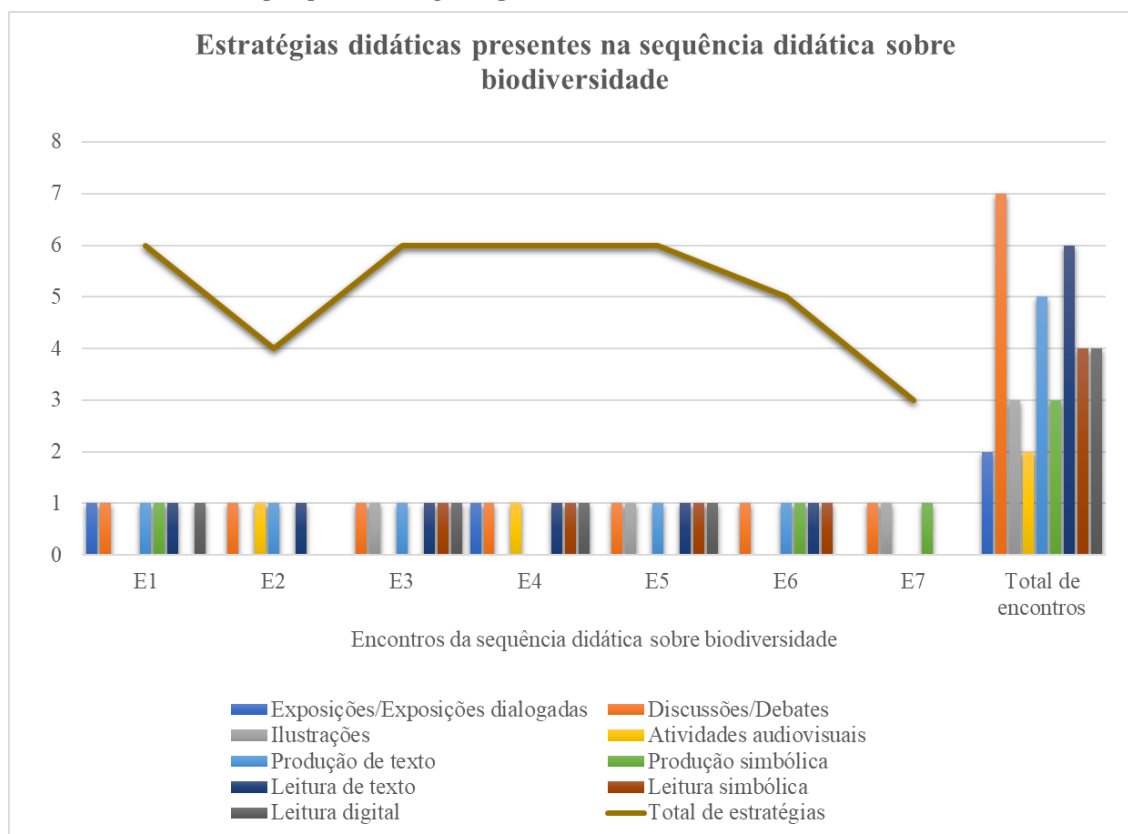
Explorando um pouco mais os dados apresentados na descrição da SD sobre biodiversidade, foi utilizada a categorização das estratégias didáticas proposta por Silva (2011). Esta categorização foi inspirada nas modalidades didáticas discutidas por Krasilchik (2008) e em seus estudos sobre a comunicação entre o professor e os estudantes em sala de aula. A partir desses referenciais, as estratégias didáticas foram organizadas em quatro modalidades didáticas: (1) atividade oral, (2) atividade visual, (3)

atividade escrita e (4) atividade de leitura. Cada modalidade desta foi representada por um conjunto de estratégias didáticas que a caracteriza e são comumente utilizadas em sala de aula. Por exemplo, a modalidade “atividade oral” foi representada por duas estratégias: exposição/exposição dialogada e discussões/debates.

Na figura 13 são mostradas as estratégias didáticas sugeridas para compor cada encontro da SD sobre biodiversidade, esta figura evidencia uma característica importante da SD sobre biodiversidade. Esta SD sugeriu uma multiplicidade de estratégias didáticas para abordar o conceito de biodiversidade na licenciatura em Ciências Biológicas, de maneira que a metodologia de ensino proposta na SD se utilizou de estratégias didáticas que contemplaram os quatro grupos principais de modalidades didáticas: atividade oral, atividade visual, atividade escrita e atividade de leitura (SILVA, 2011). No conjunto das nove estratégias didáticas presentes na figura 11, duas foram classificadas no grupo “atividade oral”: exposições/exposições dialogadas e discussões/debates; duas no grupo “atividade visual”: ilustrações e atividades audiovisuais; duas no grupo “atividade escrita”: produção de texto e produção simbólica; e, finalmente, três no grupo “atividade de leitura”: leitura de texto, leitura simbólica e leitura digital.

Outro resultado importante que é possível observar na figura 13 é a quantidade e o conjunto de estratégias didáticas que compuseram cada encontro. Assim, para compor o primeiro encontro foram propostas seis estratégias didáticas: exposições/ exposições dialogadas, discussões/debates, produção de texto, produção simbólica, leitura de texto e leitura digital. Para o segundo encontro foram propostas quatro estratégias didáticas: discussões/debates, atividades audiovisuais, produção de texto e leitura de texto. O terceiro encontro foi proposto com seis estratégias didáticas: discussões/debates, ilustrações, produção de texto, leitura de texto, leitura simbólica e leitura digital. O quarto encontro também foi proposto com seis estratégias didáticas: exposições/ exposições dialogadas, discussões/debates, atividades audiovisuais, leitura de texto, leitura simbólica e leitura digital. O quinto encontro também foi proposto com seis estratégias didáticas: discussões/debates, ilustrações, produção de texto, leitura de texto, leitura simbólica e leitura digital. O sexto encontro propôs a utilização de cinco estratégias didáticas: discussões/debates, produção de texto, produção simbólica, leitura de texto e leitura simbólica. Finalmente, o sétimo encontro foi proposto com três estratégias didáticas: discussões/debates, ilustrações e produção simbólica.

Figura 13 – Estratégias didáticas sugeridas para compor os encontros da sequência didática sobre biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica



Fonte: elaborado pela autora

Os resultados apresentados no parágrafo anterior demonstram que todos os encontros foram compostos por mais de uma estratégia didática, sendo a estratégia “discussões/debates” a única sugerida para todos os encontros. Com isso, a modalidade didática preponderante na SD sobre biodiversidade foi a “atividade oral”. Nesta modalidade estão todas aquelas estratégias didáticas que trabalham nos estudantes habilidades e competências que os auxiliam a comunicar suas ideias (KRASILCHIK, 2008). Como no âmbito do quadro intermediário da reconstrução educacional as ideias dos estudantes assumem papel importante no processo de ensino e aprendizagem, parece adequado que a estratégia didática utilizada em todos os encontros da SD sobre biodiversidade seja aquela presente no grupo “atividade oral”.

Ao longo da SD sobre biodiversidade a estratégia “discussões/debates” foi representada pelas atividades de: discussões e debates sobre temas relacionados ao estudo do caso, identificação de conhecimentos prévios dos estudantes, socialização e discussão das atividades realizadas, sistematização das discussões e reflexões promovidas no encontro, dentre outras. Para Miani (2017) é estritamente necessário que ao se pensar em um ensino que envolva a conservação da biodiversidade, como é o caso da SD sobre

biodiversidade proposta, se incluam nas metodologias de ensino e aprendizagem debates, problematizações, situação-problema, estudo de caso que envolvam questões ambientais complexas. A autora justifica esta necessidade evidenciando que é importante que:

[...] as estratégias didáticas utilizadas proporcionem aos graduandos momentos em que ele precise aplicar o conhecimento apreendido ao longo da graduação, e também que ele compreenda que esses dilemas poderão estar presentes em sua vida profissional, tanto como biólogo quanto como professor de Biologia. (MIANI, 2017, p.135).

Além do que foi pontuado, esta multiplicidade de estratégias didáticas sugeridas ao longo da SD sobre biodiversidade permite que os estudantes tenham oportunidade de estudar o conceito de BD de várias formas, a partir de diversos recursos. Isto está em concordância com a EM1 da OE9 (ver quadro 19, 133) que sugeriu que o conceito de BD seja discutido a partir de um amplo repertório de contextos e situações. Ademais, esta multiplicidade de estratégias se faz oportuna, pois pode: (1) ser um forte elemento de atuação sobre a motivação dos estudantes; (2) favorecer o desenvolvimento de várias habilidades e competências nos estudantes; (3) tornar o processo de ensino e aprendizagem dinâmico e desafiador para o professor, que precisa estar sempre renovando seus conhecimentos sobre os conteúdos e sobre as estratégias, e para os estudantes, que são instigados a estudar o mesmo conteúdo por meio de diferentes estratégias (MASETTO, 2012).

Portanto, a multiplicidade de estratégias didáticas em uma SD favorece os estudantes, o professor e o próprio desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. Nas lentes do MRE, é mais uma forma dos aspectos afetivos dos estudantes estarem presentes nos ambientes de ensino e aprendizagem planejados, já que o uso de múltiplas estratégias didáticas pode despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes (MASETTO, 2012), que, tendo dificuldade em lidar com uma determinada estratégia didática, terão oportunidade de se envolver com outras.

Por fim, apesar do destaque dado as estratégias didáticas neste momento do texto, é importante ressaltar que elas são apenas uma das variáveis instrucionais apresentadas no capítulo 1, e, portanto, sozinhas não garantem o sucesso do *design* de um ambiente de ensino e aprendizagem. Desse modo, estas estratégias devem estar sempre associadas aos objetivos de aprendizagem previamente estabelecidos, ao contexto da sala de aula e aos sujeitos envolvidos no processo ensino e aprendizagem. Assim, o objetivo das análises realizadas com bases nestas estratégias foi fornecer evidências que ajudassem na compreensão das características da SD sobre biodiversidade em uma perspectiva integral

e polissêmica, planejada com base no processo de *design* descrito no MRE. Continuando a apresentação do Capítulo 3, foi apresentado no item a seguir os resultados e discussão cabíveis ao processo de validação da SD.

### 3.2.3. Processo de validação da sequência didática sobre biodiversidade

O processo de validação por pares envolveu 24 avaliadores, dos quais 2 se caracterizaram apenas como professor da licenciatura em Ciências Biológicas, 5 se caracterizaram apenas como pesquisador do ensino de ciências/Biologia e 17 se caracterizaram como professor e pesquisador do ensino de Biologia. Os avaliadores possuíam no mínimo quatro anos de experiência em suas atribuições e no máximo 27 anos de experiência; e estavam vinculados às seguintes universidades:

- Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE);
- Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);
- Universidade Federal da Bahia (UFBA);
- Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB);
- Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS);
- Universidade Estadual da Bahia (UEBA);
- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB);
- Universidade Federal de Sergipe (UFS);
- Universidade de São Paulo (USP);
- Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM);
- Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD);
- Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT);
- Universidade Federal de Tocantins (UFT).

Dos 19 avaliadores que eram professores da licenciatura em Ciências Biológicas, 6 tinham envolvimento com disciplinas da Biologia pura, dentre elas: Biologia geral, Zoologia, Ecologia de populações e comunidades, Ecologia e estudo do meio, Fundamentos de Biologia vegetal, Diversidade biológica e filogenia e Diversidade e evolução de vertebrados; e 15 tinham envolvimento com disciplinas do ensino de Biologia, dentre elas: Metodologia da pesquisa em ensino de Ciências e Biologia, Prática de ensino em diversidade biológica, Imagens de natureza no ensino de ciências, Metodologia do ensino de Biologia, Pesquisa em educação, Práticas educacionais em ecologia e Planejamento de ensino. Já os 22 avaliadores envolvidos com a pesquisa em ensino de ciências/Biologia desenvolveram estudos voltados, principalmente, para: a construção de conceitos e significados, o ensino baseado em QSC a abordagem CTSA, o ensino de evolução e genética, a educação ambiental, a formação de professores, a

educação em saúde, o ensino por investigação e a educação para a biodiversidade. Este é o perfil dos/das avaliadores(as) que fizeram parte do processo de validação da SD. Os resultados deste processo foram distribuídos em três subitens, um para cada bloco avaliativo que compôs o instrumento avaliativo, como veremos adiante.

### 3.2.3.1. Análise do primeiro bloco avaliativo: relação entre os princípios de design e os objetivos de aprendizagem

Parte dos resultados da análise do primeiro bloco avaliativo que correspondeu à adequação dos objetivos de aprendizagem conceituais (Q1), procedimentais (Q2) e atitudinais (Q3) aos princípios de *design* são sistematizados na tabela 8.

Tabela 8 – Resultados da análise do primeiro bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática sobre biodiversidade.

<b>AValiação DO PRIMEIRO BLOCO AVALIATIVO</b>			
Itens avaliados	Objetivos conceituais	Objetivos procedimentais	Objetivos atitudinais
Questões	Q1	Q2	Q3
Totalmente adequados	17	15	14
Parcialmente adequados	7	8	9
Inadequados	0	1	0
Não respondeu	0	0	1

Fonte: elaborado pela autora

Os resultados apresentados anteriormente evidenciaram que a maioria<sup>22</sup> dos avaliadores consideraram os objetivos de aprendizagem estabelecidos totalmente adequados aos princípios de *design*. Contudo, não foram apenas estes resultados que tornaram a SD sobre biodiversidade validada. O que validou a SD para aplicação no contexto real da sala de aula foi a junção de dois aspectos, propostos por Paiva e colaboradores (2017): (1) a grande avaliação positiva da SD e (2) a análise criteriosa dos comentários dos avaliadores, de modo a identificar aprimoramentos necessários à SD, com base na experiência profissional dos professores e/ou pesquisadores do ensino de Biologia. Ainda é importante destacar que a análise criteriosa dos comentários dos

<sup>22</sup> Ao longo da apresentação dos resultados do processo de validação não utilizaremos porcentagens e nem dados numéricos para a descrição das avaliações realizadas, pois entendemos que isto poderia dar a falsa impressão de que um comentário pouco recorrente não teria representatividade na avaliação realizada. No entanto, em alguns casos, comentários feitos uma única vez se mostraram de fundamental relevância para a validação da SD sobre biodiversidade.



avaliadores, apoiada pela Análise de Conteúdo de Bardin (2011), permitiu identificar comentários que foram pouco recorrentes nas avaliações, mas que indicaram reflexões extremamente significativas para o *design* da SD sobre biodiversidade. O quadro 35 apresenta os resultados da Análise de Conteúdo dos comentários dos avaliadores referentes ao primeiro bloco avaliativo.

Quadro 35 – Resultados da Análise de Conteúdo referentes ao primeiro bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática sobre biodiversidade: adequação dos objetivos de aprendizagem aos princípios de *design*

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS PRIMÁRIAS	OCORRÊNCIA	UNIDADES DE CONTEXTO
<u>Aspectos Gerais</u> (AG)	-	Ava2, Ava3, Ava5, Ava7, Ava 10 e Ava11	AG-Ava7: “De uma maneira geral, seria importante explicitar a que cada tipo de objetivo se refere em termos de resultados no processo de ensino e aprendizagem.”.
<u>Reiterar a Adequação dos Objetivos</u> (RAO)	-	Ava1, Ava3, Ava6, Ava8, Ava12, Ava14, Ava15, Ava18, Ava19, Ava20 e Ava 23	RAO-Ava3: “Considero adequado o objetivo aos princípios, mesmo que abranjam mais do que os últimos.”. RAO-Ava6: “Considera dimensões éticas e estéticas agregando aspectos afetivos fundamentais nos processos de ensino e aprendizagem. (sobre objetivos atitudinais).”. RAO-Ava8: “Considero apropriada a abordagem conceitual (sobre objetivos conceituais).”. RAO-Ava23: “A forma de elaboração e abordagem atende ao proposto. (sobre objetivos procedimentais).”.
<u>Reformular Objetivo</u> (RO)	<u>Dimensão do Objetivo</u> (DO)	Ava3, Ava5, Ava7, Ava16, Ava20 e Ava21	RODO-Ava4: “Os objetivos 2, 4 e 5 não são procedimentais e sim conceituais, pois envolvem a aprendizagem e construção conceitual e não de procedimentos (sobre objetivos procedimentais) [...]”. RODO-Ava5: “A ideia de importância geralmente ultrapassa a dimensão conceitual, está mais ligada à dimensão valorativa. Conhecer e compreender as discussões que envolvem cada uma das dimensões por meio das quais a conservação da biodiversidade pode ser justificada, identificando os valores que estão associados a cada dimensão. Esse me parece um objetivo da dimensão atitudinal... (sobre objetivo conceitual).”.
	<u>Verbos</u> (V)	Ava5, Ava7, Ava 10, Ava13, Ava21, Ava22 e Ava24	ROV-Ava7: “O desenvolvimento de atitudes estaria relacionado com tomada de decisão, ações, iniciativas. Caberiam aqui os verbos Refletir e discutir? (sobre objetivos atitudinais).”. ROV-Ava24: “Sugiro que o primeiro objetivo se modificar o verbo: ampliar a compreensão. Já que nessa etapa da escolaridade, ainda não se tem uma

			compreensão desde modo, mas sim fragmentada. (sobre objetivos conceituais).”.
	<u>Ação Sociopolítica (AS)</u>	Ava8, Ava13, Ava23 e Ava24	ROAS-Ava13: “A SD é na área de Ecologia e conservação e a proposta de ação é confecção de panfletos (que irão para o lixo, as vezes sem nem ser lido seu conteúdo), agredindo o meio ambiente. Talvez uma exposição, um workshop, a criação de um blog/página, vídeo, algum tipo de culminância pudesse gerar maior engajamento e ativismo.”. ROAS-Ava24: “Penso que para o nível de escolarização os objetivos atitudinais podem ser mais ousados... incluindo por exemplo, uma amostra fotográfica no espaço acadêmico, elaboração de curtas metragem, etc.”.
<u>Incluir novos Objetivos (IO)</u>	<u>Conceituais (C)</u>	Ava4, Ava6, Ava8, Ava17, Ava22 e Ava23	IOC-Ava4: “É importante também, trazer aspectos da legislação ambiental brasileira sobre crimes ambientais, sobretudo as discussões atuais em torno do “novo” Código Florestal Brasileiro, que retroage em relação ao anterior, em vários pontos relativos à conservação da BD.”. IOC-Ava5: “O conhecimento sobre leis ambientais que mencionam a importância da conservação da biodiversidade poderia ser colocado aqui.”.
	<u>Procedimentais (P)</u>	Ava6, Ava15, Ava22 e Ava24	IOP-Ava15: “Acho importante incluir algo relacionado à argumentação, pois uma questão sociocientífica pressupõe um posicionamento (construção de um argumento – isto vai além da construção de justificativas).”. IOP-Ava24: “Apesar de concordar com os objetivos, sinto falta de SDs que tragam mais aspectos procedimentais dos conhecimentos populares [...]”.
	<u>Atitudinais (A)</u>	Ava5, Ava15, Ava17 e Ava22	IOA-Ava15: “Acho importante incluir algo relacionado à tomada de decisão.”.

Fonte: elaborado pela autora

Como é possível observar no quadro 35, os comentários dos avaliadores sobre os objetivos de aprendizagem vinculados à SD sobre biodiversidade foram organizados em quatro categorias: (1) aspectos gerais; (2) reiterar adequação dos objetivos; (3) reformular objetivo; (4) incluir novos objetivos. A primeira categoria reúne comentários mais gerais sobre a SD sobre biodiversidade, sem focar em nenhuma dimensão do objetivo de aprendizagem especificamente. Nesta categoria foram sugeridas reflexões importantes para a SD, que também apareceram em outros momentos do processo de validação.

Neste contexto, uma reflexão que mereceu destaque foi aquela que sugeriu a inclusão de objetivos de aprendizagem que levassem em consideração uma possível

“dimensão política” do conceito de biodiversidade. Sobre isso, uma avaliadora destacou que: “[...] observei que a dimensão política não é evidenciada como tal... Sabemos que os caminhos políticos via de regra interferem diretamente nas questões ambientais. Sabemos também que as políticas ambientais surgiram historicamente de forma tardia mais precisamente em função dos impactos ambientais e com preocupações relativas ao meio ambiente e foram sendo incorporadas durante o processo de urbanização. Nesse sentido, porque as questões políticas não podem ser compreendidas como uma dimensão – Dimensão política?”. Essa sugestão foi reforçada em outros momentos do processo de validação, como veremos adiante; e concordamos, desde já, que este é um aspecto da SD que merece ser considerado e aprimorado.

A segunda categoria (quadro 35) agrupou os comentários que evidenciaram a adequação dos objetivos de aprendizagem aos princípios de *design*. Estes comentários se referiram ao conjunto de objetivos, de modo geral, e também aos objetivos conceituais, procedimentais ou atitudinais, especificamente. Desse modo, sobre os objetivos conceituais um avaliador comentou que “Os objetivos conceituais estão intimamente relacionados com a amplitude e complexidade do conceito de biodiversidade, bem como com os princípios de *Design* utilizados como pressupostos”. Este mesmo avaliador reiterou a adequação dos objetivos procedimentais e atitudinais, como pode ser visto no trecho a seguir: “Os objetivos procedimentais estão totalmente adequados, uma vez que proporcionam com que o graduando apresente uma tomada de decisões frente a uma situação problema. [...] Os objetivos atitudinais almejados nessa sequência didática estão de acordo com o que se deseja formar num graduando de curso de ciências biológicas, bem como dentro da perspectiva de *Design* adotado nesta pesquisa.”. Outros trechos que foram agrupados nesta segunda categoria podem ser visualizados no quadro 35.

Apesar de a maioria dos avaliadores considerarem os objetivos de aprendizagem totalmente adequados aos princípios de *design*, muitos deles deram sugestões com o intuito de aprimorar estes objetivos. Estas sugestões tinham implícitas duas finalidades principais: ou propor a reformulação de algum objetivo (categoria 3), ou propor a inclusão de algum objetivo (categoria 4).

Ao propor a reformulação de algum objetivo, os avaliadores focaram em três aspectos principais: (1) a dimensão do objetivo; (2) os verbos utilizados para formular o objetivo; (3) a ação sociopolítica relacionada ao objetivo. No âmbito do primeiro item, foi destacado o quarto objetivo conceitual, sobre ele um avaliador comentou: “A ideia de importância geralmente ultrapassa a dimensão conceitual, está mais ligada à dimensão

valorativa. Conhecer e compreender as discussões que envolvem cada uma das dimensões por meio das quais a conservação da biodiversidade pode ser justificada, identificando os valores que estão associados a cada dimensão. Esse me parece um objetivo da dimensão atitudinal, pois se fosse apenas o conhecimento sobre o conceito de valor, a identificação dos aspectos que justificam a conservação da biodiversidade, daí teria ênfase sobre a dimensão conceitual do conteúdo [...]”. Como ficou claro, o avaliador considerou que a dimensão na qual o objetivo estava vinculado não era a que melhor o representava, por isso sugeriu que este objetivo fosse considerado como atitudinal e não como conceitual, como foi proposto inicialmente. Outro avaliador identificou, de forma semelhante, que este quarto objetivo poderia ser mais adequado em outra dimensão que não a conceitual: “Acho que há objetivos que não são conceituais. Objetivo 4.”.

Ainda considerando o item 1 do parágrafo anterior, na dimensão procedimental, se sobressaíram os comentários sobre dois objetivos, a saber: (1) explicar como alguns marcos científicos históricos contribuíram para a construção do conceito de biodiversidade, considerando as várias dimensões e contextos nos quais este conceito pode ser interpretado e discutido; (2) relacionar as formas de relação entre o homem e a natureza (antropocentrismo, biocentrismo e ecocentrismo) (ALMEIDA, 2007) com os valores atribuídos à biodiversidade, as justificativas para necessidade de sua conservação e as dimensões socioculturais do conceito. Sobre estes objetivos um dos avaliadores comentou: “Não entendi por que os objetivos 2 e 4 são procedimentais. De forma semelhante, outro avaliador destacou que “Os objetivos 2, 4 e 5 não são procedimentais e sim conceituais, pois envolvem a aprendizagem e construção conceitual e não de procedimentos.”, este último trecho foi destacado no quadro 35 na subcategoria “Dimensão do objetivo”. Os objetivos de aprendizagem ligados à dimensão atitudinal não foram contemplados nesta subcategoria, para estes objetivos outras sugestões foram apresentadas, como veremos a seguir.

Quando a reformulação dos objetivos sugerida pelos avaliadores envolveu a substituição do verbo utilizado para formular o objetivo, duas sugestões se destacaram. A primeira delas foi acerca do primeiro objetivo conceitual, a saber: reconhecer e compreender cada nível de organização da biodiversidade: diversidade genética, diversidade de espécies (mostrando que este nível de biodiversidade não se restringe à diversidade de plantas e animais) e diversidade de ecossistemas. Sobre este objetivo um avaliador comentou que “[...] quando você sugere ‘Reconhecer’ algo, deve-se considerar se o sujeito já tinha visto ou ouvido falar sobre o objeto. Assim, acredito que seja

‘Conhecer’. Também, dois verbos no infinitivo no mesmo objetivo, não são muito adequados.”. Entendemos o que foi pontuado pelo avaliador, no entanto, a utilização do verbo “reconhecer” é justificada pela análise do conhecimento dos estudantes sobre BD, que mostrou que os estudantes já possuem algum conhecimento sobre os níveis de organização da biodiversidade.

Ainda sobre o primeiro objetivo conceitual, outro avaliador fez um comentário que pareceu sinalizar um modo mais adequado de o estruturar: “Sugiro que o primeiro objetivo se modificar o verbo: ampliar a compreensão. Já que nessa etapa da escolaridade, ainda não se tem uma compreensão desde modo, mas sim fragmentada. Além disso, sugiro que para cada objetivo apenas um verbo.”. Apesar da justificativa para utilização do verbo “reconhecer”, em um futuro processo de reestruturação da SD sobre biodiversidade, seria interessante acatar a sugestão de utilizar “ampliar a compreensão” para tornar o objetivo mais claro para o professor responsável pela implementação da SD.

A segunda sugestão que envolveu a subcategoria “verbos” (quadro 35) foi sobre os verbos “refletir” e “discutir” utilizados na formulação de objetivos atitudinais. Sobre isso uma avaliadora questionou: “O desenvolvimento de atitudes estaria relacionado com a tomada de decisão, ações, iniciativas. Caberiam aqui os verbos ‘Refletir’ e ‘Discutir’?”. De modo semelhante, outra avaliadora comentou: “O verbo ‘discutir’ me parece inapropriado, a menos que a intenção seja que aluno aprenda a discutir, o que não me parece ser.”. Neste caso, a avaliadora estava certa, a intenção não era que os estudantes aprendessem a discutir, mas atribuíssem valor à biodiversidade, percebendo que o modo como são percebidas as relações entre o homem e a natureza exerce influência sobre os valores que são atribuídos à biodiversidade (MIANI, 2017), bem como a importância e necessidade de sua conservação. Como o verbo “discutir” está presente nos segundo e terceiro objetivos atitudinais, identificamos aqui um ponto da SD que merece revisão e aprimoramento. Diante do exposto, uma sugestão nossa para o segundo objetivo atitudinal seria: atribuir valor à biodiversidade, tomando como referência o caso em Mariana e as relações entre o homem e a natureza.

Ainda sobre os verbos utilizados para formular os objetivos atitudinais, uma avaliadora sugeriu a seguinte modificação para o primeiro objetivo desta dimensão: “Trocar refletir criticamente por posicionar criticamente”. Esta sugestão nos pareceu bastante apropriada, ela também poderia ser utilizada para reformular o terceiro objetivo atitudinal, no qual foi utilizado o verbo “discutir”.

Ainda sobre a terceira categoria do quadro 35, faremos agora algumas considerações sobre a subcategoria “Ação sociopolítica”. De modo geral, os comentários desta categoria estavam relacionados ao quarto e último objetivo atitudinal, a saber: realizar iniciativas de educação por meio da construção de panfletos informativos, abordando aspectos científicos e socioculturais da biodiversidade, visando envolver outros cidadãos em ações sociopolíticas relacionadas ao tema. De acordo com a análise de alguns avaliadores a opção pela utilização do panfleto pode ser reconsiderada, o que foi exemplificado no seguinte trecho: “A SD é na área de Ecologia e conservação e a proposta de ação é confecção de panfletos (que irão para o lixo, as vezes sem nem ser lido seu conteúdo), agredindo o meio ambiente. Talvez uma exposição, um workshop, a criação de um blog/página, vídeo, algum tipo de culminância pudesse gerar maior engajamento e ativismo. (atitudinais).”.

A respeito do que foi destacado no parágrafo anterior, outra avaliadora ponderou: “Embora considere a confecção de panfletos com alternativa válida, especialmente se houver restrição financeira, considerando a quantidade de encontros poderia ser executada uma ação que envolvesse de modo ativo e prático aos estudantes e à comunidade, de forma integrada, sensibilizando-os sobre o tema.”. Outra justificativa para utilizar meios mais ousados como ação sociopolítica na SD sobre biodiversidade foi o fato dela ser direcionada para o nível superior de ensino, utilizando desta justificativa uma avaliadora sugeriu a utilização de “[...] amostra fotográfica no espaço acadêmico, elaboração de curtas metragem, etc.”. De fato, foram sugeridas pelos avaliadores ações sociopolíticas que parecem mais adequadas à SD sobre biodiversidade que aquela proposta inicialmente.

Finalizando a discussão do quadro 35, destacaremos algumas considerações sobre a quarta categoria, que reuniu os comentários que sugeriram inclusão de algum objetivo, seja conceitual (subcategoria 1), procedimental (subcategoria 2) ou atitudinal (subcategoria 3). Dentre os comentários que sugeriram inclusão de objetivos conceituais, aqueles que se destacaram foram os que sugeriram a inclusão da dimensão política do conceito de biodiversidade. A inclusão desta dimensão política já tinha sido citada quando foram analisados os comentários agrupados na categoria “Aspectos gerais”. No entanto, na categoria “Incluir novos objetivos” isto foi sugerido de modo mais específico, como um tópico a ser incluído na SD sobre biodiversidade. Isso pode ser observado no trecho: “É importante também, trazer aspectos da legislação ambiental brasileira sobre crimes ambientais, sobretudo as discussões atuais em torno do ‘novo’ Código Florestal

Brasileiro, que retroage em relação ao anterior, em vários pontos relativos à conservação da BD.”. De modo semelhante, outro avaliador sugeriu incluir “O conhecimento sobre leis ambientais que mencionam a importância da conservação da biodiversidade [...]. Conectando com o caso, poderiam ser levantadas as leis ambientais relacionadas com o caso de Mariana.”.

Com efeito, a dimensão política da biodiversidade apareceu de forma muito tímida na SD sobre biodiversidade, talvez isso seja um reflexo da maneira como esta dimensão foi contemplada na clarificação do conteúdo. Assim, fica clara a necessidade de repensar esta dimensão do conceito de biodiversidade de modo mais profundo; não apenas para incluí-la na SD sobre biodiversidade, mas para reconstruir o panorama conceitual da biodiversidade, proposto na primeira etapa desta pesquisa (ver figura 9, 106).

Sobre a inclusão de objetivos procedimentais, duas sugestões se destacaram, uma que envolveu a inclusão de “Aspectos procedimentais dos conhecimentos populares como forma de promover o movimento epistemológico entre diferentes culturas” e a outra que envolveu a inclusão da argumentação, sob a justificativa de que “[...] uma questão sociocientífica pressupõe um posicionamento (construção de um argumento – isto vai além da construção de justificativas)”. Finalmente, sobre os objetivos atitudinais a principal sugestão foi “Incluir algo relacionado à tomada de decisão.”. Esta que já tinha sido citada quando os verbos “discutir” e “refletir” foram evidenciados na análise dos avaliadores. Na figura 14 foram sintetizadas as principais sugestões sobre os objetivos de aprendizagem, que sinalizam aspectos importantes da SD sobre biodiversidade que merecem revisão e aprimoramento, quando o objetivo for sua reestruturação.

Como é possível observar na figura 14, os objetivos que mais despertaram inquietações nos avaliadores foram os objetivos atitudinais. Neles está concentrada grande parte das modificações sugeridas. De fato, este conjunto de objetivos foi o mais difícil de ser formulado; talvez esta dificuldade esteja relacionada com a própria formação da pesquisadora, que foi pautada em discussões predominantemente conceituais dos conteúdos biológicos. De fato, o ensino atual de Biologia ainda é dominado por conteúdos conceituais (CARVALHO; EL-HANI; NUNES-NETO; 2017), de modo que neste contexto as demais dimensões dos conteúdos (procedimental e atitudinal) são muitas vezes abordadas de forma incipiente ou mesmo implícita e pouco refletida (CONRADO & NUNES-NETO, 2015). Quando transposta para a licenciatura em Ciências Biológicas, esta característica do ensino de Biologia pode gerar nos licenciandos dificuldades em lidar com as questões procedimentais e atitudinais dos conteúdos biológicos.

Figura 14 – Principais sugestões provenientes da análise dos objetivos de aprendizagem

<b>MODIFICAÇÕES</b>	Dimensão do objetivo	<b>INCLUSÕES</b>
Objetivo 1: Trocar "Reconhecer" por "Ampliar a compreensão"	<b>CONCEITUAL</b>	Dimensão política do conceito de biodiversidade
Objetivo 4: Reformulá-lo para adequá-lo a dimensão conceitual		
Objetivo 2 e 4: Reformulá-los para adequá-los à dimensão procedimental	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Aspectos procedimentais dos conhecimentos populares Argumentação
Objetivo 1: Trocar "Refletir criticamente" por "Posicionar-se criticamente"	<b>ATITUDINAL</b>	Tomada de decisão
Objetivo 2: Reformular para atribuir valor à biodiversidade, tomando como referência o caso em Mariana e as relações entre o homem e a natureza.		
Objetivo 3: Trocar "Discutir e posicionar-se" por "Posicionar-se criticamente"		
Objetivo 4: Refletir sobre uma ação sociopolítica mais adequada à proposta e ao nível superior de ensino		

Fonte: elaborado pela autora

Na tentativa de contribuir para a superação deste desafio, algumas pesquisas vêm estimulando discussões mais profundas sobre critérios que poderiam ser empregados para selecionar conteúdos conceituais de Biologia (CARVALHO, 2016; CARVALHO *et al.*, 2011; CARVALHO; EL-HANI; NUNES-NETO; 2017). O intuito destas pesquisas foi discutir critérios que auxiliassem a redução de conteúdos conceituais no ensino de Biologia, não só para que eles pudessem ser trabalhados de maneira mais apropriada em sala de aula, mas também para que mais tempo fosse dedicado à reflexão sobre os conteúdos procedimentais e atitudinais.

Ainda sobre os aspectos que foram destacados como inclusões pertinentes aos objetivos procedimentais – aspectos procedimentais dos conhecimentos populares e argumentação – consideramos que ambos foram consideradas bastante pertinentes, o primeiro em especial por considerar de modo mais efetivo a cultura e o conhecimento dos estudantes, não apenas em uma dimensão conceitual – que parece ter sido priorizada ao longo da SD sobre biodiversidade, mas também em uma dimensão procedimental e até atitudinal. Considerar de modo explícito a dimensão procedimental e atitudinal do conhecimento dos estudantes pode favorecer um avanço na compreensão das perspectivas dos estudantes sobre um determinado conteúdo científico. A Análise da Importância Educacional proposto no MRE sugere algumas questões orientadoras que poderiam



incentivar a reflexão sobre estas características (procedimentais e atitudinais) do conhecimento dos estudantes, mas ainda de modo muito sutil. Assim, entendemos que este é um aspecto do MRE que merece maior discussão e aprofundamento. A seguir continuaremos a apresentação das análises referentes ao segundo bloco avaliativo.

### 3.2.3.2. *Análise do segundo bloco avaliativo: adequação dos encontros, das ações didáticas e dos objetivos de aprendizagem*

Neste item são reunidos os resultados e discussões pertinentes ao segundo bloco avaliativo do instrumento avaliativo da SD sobre biodiversidade, que submeteu à avaliação a adequação entre os encontros, as ações didáticas e os objetivos de aprendizagem. A tabela 9 resume as respostas dos avaliadores quanto a estes aspectos.

Tabela 9 – Análise das respostas do segundo bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática sobre biodiversidade

<b>AVALIAÇÃO DO SEGUNDO BLOCO AVALIATIVO</b>							
Itens avaliados	Encontro 1	Encontro 2	Encontro 3	Encontro 4	Encontro 5	Encontro 6	Encontro 7
Questões	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
Totalmente adequadas	10	14	14	17	17	15	16
Parcialmente adequadas	14	9	10	7	7	9	7
Inadequados	0	0	0	0	0	0	0
Não respondeu	0	1	0	0	0	0	1

Fonte: elaborado pela autora

Como pode ser observado, as ações didáticas da maioria dos encontros foram consideradas totalmente adequadas aos objetivos de aprendizagem pré-estabelecidos, exceto no caso do primeiro encontro, cujas ações didáticas foram consideradas parcialmente adequadas aos objetivos propostos. Esses resultados não impediram os avaliadores de fazerem comentários para o aprimoramento dos encontros. Esses comentários foram reunidos em cinco categorias principais: (1) relação tempo x ações didáticas; (2) reiterar adequação das ações didáticas; (3) reelaborar as ações didáticas; (4) reorganizar a metodologia do encontro e (5) (re)elaborar questões norteadoras (tabela 10).

Tabela 10 – Categorias que representam os comentários dos avaliadores sobre o segundo bloco avaliativo do instrumento avaliativo da sequência didática sobre biodiversidade.

CATEGORIAS	ENCONTROS						
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Relação Tempo x Ações Didáticas (RTA)	9	3	2	2	4	3	3
Reiterar Adequação das Ações didáticas (RAA)	4	2	2	4	3	3	3
Reelaborar as Ações Didáticas (RAD)	8	5	4	2	4	7	6
Reorganizar a Metodologia do Encontro (REM)	10	6	8	6	1	0	2
(Re)elaborar Questões Norteadoras (RQN)	1	0	3	1	0	0	0

Fonte: elaborado pela autora

Como foi possível observar, os comentários mais utilizados pelos avaliadores para analisarem os encontros foram aqueles que sugeriam a reorganização da metodologia do encontro, a reelaboração das ações didáticas e a atenção com a relação entre o tempo destinado aos encontros e a quantidade de ações didáticas. Como foi destacado por alguns avaliadores, estes comentários foram feitos no sentido de propor sugestões para o aprimoramento da SD sobre biodiversidade e não de invalidá-la. A categoria “Reiterar adequação das ações didáticas” confirmou o que foi posto anteriormente, já que nela foi possível observar os comentários positivos sobre todos os sete encontros inicialmente planejados.

Outro aspecto que mereceu destaque foi que o primeiro encontro foi aquele que mais causou, nos avaliadores, preocupações com relação ao tempo, uma consequência disso foi que este foi o encontro em que foi possível identificar a maior quantidade de sugestões para o seu aprimoramento. Por fim, é importante ressaltar que na mesma avaliação foram identificados comentários que correspondiam a mais de uma categoria, em razão disso, a somatória da quantidade de categorias contempladas por encontro não corresponde ao total de avaliadores que participaram do processo de validação da SD sobre biodiversidade. A seguir veremos os principais comentários de cada categoria discutidos encontro a encontro. Para iniciar, o quadro 36 apresenta as principais avaliações feitas sobre o primeiro encontro.

Uma das sugestões que mereceu destaque sobre o primeiro encontro diz respeito à adequação entre o tempo e as seis ações didáticas que o compuseram inicialmente. Como pode ser visto no quadro 36, vários avaliadores consideraram o tempo do encontro insuficiente para o desenvolvimento das ações didáticas. Para tornar o tempo mais adequado ao conjunto de ações didáticas, os avaliadores sugeriram, principalmente, reelaborar as ações didáticas e reorganizar a metodologia do encontro. Apesar disso,

outros avaliadores se mostraram otimistas com as ações didáticas propostas para o primeiro encontro, alguns comentários destes avaliadores podem ser vistos no quadro 36 na categoria “Reiterar adequação das ações didáticas”.

Quadro 36 – Unidades de contextos referentes à avaliação do primeiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade

CATEGORIAS	OCORRÊNCIA	UNIDADES DE CONTEXTO
Relação Tempo x Ações Didáticas (RTA)	Ava2; Ava4; Ava5; Ava8; Ava15; Ava20; Ava21; Ava23; Ava24.	RTA-Ava4: “O tempo destinado para os encontros é pouco... Em relação a essa 1ª aula, a situação é mais grave. RTA-Ava20: Acredito que o tempo destinado seja pouco para dar conta do que foi proposto.”.
Reiterar Adequação das Ações didáticas (RAA)	Ava4; Ava6; Ava19; Ava22.	RAA-Ava6: “Penso que os objetivos e as ADs foram pensados de forma sincrônica.”. RAA-Ava19: “A ideia das perguntas norteadoras para o caso de Mariana é excelente para se discutir a biodiversidade de maneira a entender uma situação problema real.”.
Reelaborar as Ações Didáticas (RAD)	Ava5; Ava10, Ava11; Ava13; Ava17; Ava15; Ava20; Ava22.	RAD-Ava5: “[...] se o CRI não for considerado uma forma de avaliação, os estudantes poderão não ter a devida atenção a ele.”. RAD-Ava10: “Eu não orientaria tanto a pesquisa. Diria que é possível procurar em livros e sites de instituições do governo ou de ONGs. Já que são alunos do ensino superior, encontrar informação de forma autônoma é algo que deve ser exercitado neles.”.
Reorganizar a Metodologia do Encontro (REM)	Ava5, Ava8, Ava11; Ava12; Ava14; Ava17; Ava19; Ava20; Ava21; Ava22.	REM-Ava11: “Para um primeiro encontro acredito que as AD4, AD5e AD6 devem ser repensadas... sugiro que para este primeiro encontro, é preciso problematizar o conceito de Biodiversidade. A identificação de conhecimentos prévios dos estudantes demanda um certo tempo de aula. Talvez seria interessante realizar um tipo de atividade para evidenciar os conhecimentos prévios.”. REM-Ava21: “[...] será melhor dividir em dois momentos. 1 e 2 e depois 2, 4, (5 e 6). Estas últimas como é a posterior dá pra fazer nesse outro encontro, junto com 2 e 4.”.
(Re)elaborar Questões Norteadoras (RQN)	Ava15.	RQN-Ava15: “As questões estão adequadas, mas precisam de algumas modificações: Q2 – Tiraria esta parte: Como esse conhecimento foi construído ao longo do tempo? A maneira como a questão 4 está formulada já responde parte da questão 5, quando afirma a existência de uma relação com a biodiversidade. Tente transformá-las em uma única questão ou modifique-as (mantendo as duas), sem que uma responda parte da anterior.”.

Fonte: elaborado pela autora

Com relação as sugestões feitas para o aprimoramento do primeiro encontro, destacamos na categoria “Reelaborar as ações didáticas” os comentários relativos: (1) à AD1, sobre a qual uma avaliadora chamou atenção para considerar o CRI como um instrumento avaliativo desde o primeiro momento da SD sobre biodiversidade (quadro 36); (2) à AD2, sobre a qual um avaliador sugeriu que “[...] a leitura do caso seja

acompanhada de imagens e também de reportagens sobre o tema [...]”; (3) à AD5, sobre a qual um avaliador sugeriu não orientar tanto a pesquisa e outro sugeriu “[...] que a pesquisa seja mais ampla do que avaliar apenas os impactos ou o desastre em si.”; (4) à AD6, sobre a qual um avaliador julgou ser mais interessante responder as questões norteadoras já de forma definitiva, para economizar tempo nos demais encontros.

Ainda sobre o item 3 do parágrafo anterior, vale destacar que a sugestão para ampliar a pesquisa teve a seguinte justificativa: “Entender a própria história da criação daquela barragem de contenção, os impactos que ela causava ao Rio Doce, e como afetava a vida das pessoas do entorno é importante para ter noção do que foi a tragédia anunciada e trabalhar as dimensões dos impactos sociais, ambientais e econômicos.”. Sugerindo modificações que vão neste mesmo viés, uma avaliadora destacou em sua análise a necessidade de “Refletir [...] sobre o antes (os impactos da construção das barragens) e as causas do desastre, não só as consequências (o depois).”. Para isso, foi sugerida “[...] a produção de uma linha do tempo que permita compreender [...] as dimensões citadas anteriormente e outras expostas no objetivo atitudinal 1.”. As dimensões citadas pela avaliadora são aquelas presentes no panorama conceitual da biodiversidade (ver figura 9, p.106).

A respeito das sugestões destacadas nos parágrafos anteriores, não queremos, a princípio, fazer julgamentos acerca de suas pertinências ou não, mas pontuar que algumas delas sugerem a inclusão de novos tópicos, novas discussões e/ou novas abordagens no primeiro encontro. Este que, segundo a análise de grande parte dos avaliadores, foi considerado o mais problemático com relação ao tempo destinado para a implementação das ações didáticas. Desse modo, se a reestruturação a SD sobre biodiversidade procurar atender a todas as sugestões sobre o primeiro encontro destacadas nos parágrafos anteriores, então a questão do tempo relativa a este encontro estaria aprofundada e não solucionada, já que estas sugestões requerem um tempo pedagógico maior do que aquele que foi planejado inicialmente.

A partir das observações anteriores, é possível identificar que o tempo é um desafio importante a ser superado no planejamento do primeiro encontro. Uma alternativa evidenciada pelos próprios avaliadores poderia ser reorganizar a metodologia do encontro. Esta alternativa foi sugerida por uma avaliadora que em seu comentário apresentou, mesmo que de modo geral, como deveriam ser o primeiro e o segundo encontros: “Para um primeiro encontro acredito que as AD4, AD5e AD6 devem ser repensadas. Por considerar que o próprio conceito de Biodiversidade denota

multidimensionalidade [...] sugiro que para este primeiro encontro, é preciso problematizar o conceito de Biodiversidade [...] talvez seria interessante realizar um tipo de atividade para evidenciar os conhecimentos prévios. Uma estratégia poderia ser a confecção de cartazes com recortes de revistas (atividade em sala de aula) previamente organizada pela professora (envelopes com recortes/fotos dados aos grupos). Nesse sentido, a AD4 (indicação de pesquisa) poderia ser somente sobre 'Biodiversidade' (individual), de modo que, em casa os estudantes iriam contrastar suas pesquisas com a atividade realizada no encontro 1. No encontro 2 frente à exposição da 'problemática' sobre o 'caso de Mariana' os estudantes (em grupo) teriam mais suporte conceitual para evidenciar os impactos causados pelo desastre. Esse processo poderia possibilitar que os estudantes compreendam a multidimensionalidade do caso e da necessidade de um suporte conceitual para análise do mesmo.”.

Outros avaliadores também sugeriram a reorganização metodológica do primeiro encontro. Um deles concordou com a sugestão da avaliadora anterior e também propôs que as AD4, AD5 e AD6 fossem repensadas. Outra propôs que a “AD3 deveria vir antes da AD2 para que o levantamento das concepções não seja induzido pelo caso”, o que consideramos bastante pertinente. Em suma, a principal sugestão sobre a organização deste primeiro encontro foi que ele ficasse focado apenas na problematização do conceito de biodiversidade, na identificação das concepções dos estudantes a cerca deste conceito e na leitura do caso, ficando, o restante das ações didáticas deste encontro, para encontros subsequentes, o que parece, realmente, mais adequado.

Por fim, sobre a última categoria apresentada no quadro 36, podemos destacar a sugestão de uma avaliadora de reelaborar a questão norteadora Q2 e fundir as questões Q4 e Q5, conforme trecho apresentado no quadro 36. Sobre a Q2 outra avaliadora faz a seguinte análise: “Veja que a primeira frase, dessa questão 2, parece apenas um pretexto, desvinculado com o caso. Você poderia até descartá-la. Algumas pessoas podem interpretar isso como uma estratégia dentro da categoria 'enxerto CTS'.”. Diante disto, a mesma avaliadora sugeriu problematizar a fala de Letícia no caso de Mariana e então fazer a seguinte modificação na questão norteadora 2: “Sobre a dúvida de Letícia, será que o desastre afetou mesmo a biodiversidade? O que significa esse termo? Em que contexto surge esse termo?”. Consideramos que desse modo a Q2 fica bem mais apropriada. É importante lembrar que a reelaboração das questões norteadoras promove alterações na condução do próprio encontro, já que cada encontro foi organizado com base na resolução de questões norteadoras. Assim finalizamos as considerações sobre o

primeiro encontro. A seguir continuaremos com a apresentação dos principais comentários sobre o segundo encontro, que são condensados no quadro 37, a seguir.

Quadro 37 – Unidades de contextos referentes à avaliação do segundo encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>CATEGORIAS</b>	<b>OCORRÊNCIA</b>	<b>UNIDADES DE CONTEXTO</b>
Relação Tempo x Ações Didáticas (RTA)	Ava4; Ava9; Ava21.	RTA-Ava9: “Aqui penso que o tempo para esta aula esteja curto demais.”.
Reiterar Adequação das Ações didáticas (RAA)	Ava4; Ava14.	RAA-Ava4:” A sequência proposta de ADs é bastante pertinente e rica, já que propõe uma diversidade de estratégias de ensino, contemplando diferentes aspectos da temática e visando diferentes conhecimentos e habilidades nos alunos. RAA-Ava14: Estas atividades potencializam o debate e discussão sobre BD e impactos ambientais, sociais e econômicos.”.
Reelaborar as Ações Didáticas (RAD)	Ava7; Ava10; Ava12; Ava20, Ava22.	RAD-Ava7: Sugiro que a retomada das questões seja feita de forma diferenciada do que foi feito no encontro 1, para que não seja uma ação repetida.”. RAD-Ava20: “Sinto falta de diversidade de ações nas propostas apresentadas, em geral, as atividades se concentram em escrita e fala (discussões). Solicitar que eles tragam imagens para serem exibidas dos seres vivos afetados. A própria produção da linha do tempo que propus no encontro anterior, poderia ter culminância como atividade AD1.”.
Reorganizar a Metodologia do Encontro (REM)	Ava17; Ava19; Ava20; Ava21; Ava22; Ava24.	REM-Ava21: “[...] será melhor dividir em dois momentos. 1, 2 e 3 depois 4 e 5.”. REM-Ava24: “Poderia, por exemplo fazer a discussão sobre o conceito de biodiversidade nesse encontro, a partir da pesquisa sobre Mariana.”.

Fonte: elaborado pela autora

A primeira consideração sobre o segundo encontro diz respeito aos comentários que reiteraram a adequação das ações didáticas, mas demonstraram preocupação com relação ao tempo destinado ao encontro. Essa questão foi descrita por uma avaliadora: “A sequência proposta de ADs é bastante pertinente e rica, já que propõe uma diversidade de estratégias de ensino, contemplando diferentes aspectos da temática e visando diferentes conhecimentos e habilidades nos alunos. Entretanto, de modo geral, o tempo destinado para os encontros é pouco, considerando que em todos eles, se busca uma participação ativa dos alunos.”. A fim de sinalizar algumas alternativas que auxiliassem na superação do desafio do tempo neste segundo encontro, alguns avaliadores sugeriram a reelaboração das ações didáticas e/ou a reorganização da metodologia do encontro.

Na categoria “Reelaborar as ações didáticas”, os principais comentários foram em relação: (1) à AD1 e à AD2, sobre as quais os avaliadores sugeriram modificações nas

estratégias didáticas utilizadas; (2) à AD3, sobre a qual um avaliador fez uma observação sobre o conteúdo científico considerado na ação didática.

Considerando o primeiro item do parágrafo anterior, uma avaliadora comentou sobre a AD1: “Sugiro que a retomada das questões seja feita de forma diferenciada do que foi feito no encontro 1, para que não seja uma ação repetida.”. Considerando a mesma AD, outra avaliadora destacou que sente falta de diversidade de ações nas propostas apresentadas, que “se concentram em atividades de escrita e fala (discussões)”; sob esta justificativa a avaliadora propôs a utilização das seguintes estratégias didáticas: “[...] Solicitar que eles tragam imagens para serem exibidas dos seres vivos afetados. A própria produção da linha do tempo (...) Eles trariam imagens, produziriam cartazes em sala e montariam a linha do tempo na própria parede da sala. E a partir daí os temas poderiam ser discutidos.”.

Sobre a última análise destacada no parágrafo anterior, gostaríamos de fazer duas considerações importantes. A primeira é que consideramos oportuna a alternativa dada à AD1. A segunda é que embora esteja claro que a modalidade didática “atividade oral” tenha ganhado destaque na SD sobre biodiversidade, não concordamos que falta diversidade de ações nas propostas apresentadas. Conforme discussão feita no item 3.2.2, a SD sobre biodiversidade contempla os quatro grupos de modalidades didáticas propostos por Silva (2011). Desse modo, mesmo que a SD sobre biodiversidade tivesse contemplado apenas dois grupos de modalidades didáticas: “atividade oral” e “atividade de escrita”, ainda assim poderia fazer uso de diversas estratégias didáticas que estão associadas a estes grupos, como por exemplo a leitura de imagens.

Continuando a discussão sobre a categoria “Reelaborar as ações didáticas”, os comentários sobre a AD2 sugeriram que “sejam retomados os mapas conceituais e a partir da pesquisa eles reelaborem novos mapas agregando as informações vistas. Pode ser construído um mapa coletivo que seja representativo dos acordos e negociações da turma sobre o conceito. Para isso, sugiro que sejam destinados dois momentos específicos para que tanto a ilustração do caso de Mariana e os conceitos de biodiversidade sejam vistos e problematizados de forma tranquila. E as questões propostas possam ser revisitadas.”. Não ficou claro, no comentário da avaliadora, se os dois momentos propostos seriam concretizados na forma de duas ações didáticas distintas ou se em dois encontros. Entretanto, alguns avaliadores propuseram a reorganização deste segundo encontro a partir da realocação de algumas ADs, isto pode ser observado no seguinte trecho: “As

ações 4 e 5 podem ficar para uma aula seguinte a fim de que se garanta a qualidade das discussões propostas pelas ações didáticas de 1 a 3.”.

Os comentários sobre a AD3 trouxeram considerações relevantes sobre aspectos conceituais do conteúdo científico considerado na ação didática. A esse respeito um avaliador comentou que: “[...] Os estudantes devem ser alertados que espécies não compõem ecossistemas, e sim os organismos que representam tais espécies.”. Como é possível observar, a natureza deste comentário difere daquela da maioria dos comentários destacados até aqui, pois este tem natureza teórica e não metodológica, como os demais. Isto pode revelar uma maior intimidade do avaliador com o conceito de biodiversidade. Além disso, o que foi destacado pelo avaliador é de fundamental relevância no contexto da SD sobre biodiversidade, pois na primeira fase deste estudo foi identificado que os termos “organismo” e “espécie” eram importantes para o entendimento do nível de diversidade de espécies.

Alguns aspectos da categoria “Reorganizar da metodologia do encontro” já foram evidenciados ao longo do texto, mas de forma resumida a principal sugestão sobre o segundo encontro foi dele focar na discussão sobre o conceito de biodiversidade. Isto diverge do que foi sugerido no encontro anterior: que o primeiro encontro problematizasse o conceito de biodiversidade e o segundo apresentasse o caso de Mariana. Apesar disso, parece que os avaliadores concordaram que são necessários encontros distintos para abordar a problematização do conceito de biodiversidade e a apresentação e discussão do caso e das questões norteadoras. Isto pode ser observado no comentário seguinte: “Sugiro que sejam vistos em encontros separados o caso de Mariana e a temática da biodiversidade, claro que eles estão correlacionados e o caso de Mariana é emblemático para entender a questão da biodiversidade, mas acredito que eles em momentos distintos permitirão que sejam vistos em maior profundidade.”. Desse modo, se o aprimoramento da SD for feito por meio da reorganização da metodologia dos primeiro e segundo encontros, torna-se necessário refletir sobre que discussões devem ser abordadas primeiro, se aquelas referentes ao conceito de biodiversidade ou aquelas referentes ao caso de Mariana. Continuando a discussão pertinente à esta seção, seguiremos com a apresentação dos principais comentários sobre o terceiro encontro, que será auxiliada pelo quadro 38.



Quadro 38 – Unidades de contextos referentes à avaliação do terceiro encontro da sequência didática sobre biodiversidade

CATEGORIAS	OCORRÊNCIA	UNIDADES DE CONTEXTO
Relação Tempo x Ações Didáticas (RTA)	Ava4; Ava21.	RTA-Ava21: “Muitas atividades para apenas 2h/aulas.”.
Reiterar Adequação das Ações didáticas (RAA)	Ava4; Ava22.	RAA-Ava22: Muito importante, pois faz um resgate de temáticas discutidas anteriormente e sintetiza a construção, portanto o que não foi construído anteriormente pode ser socializado e contemplando através de uma releitura, a questões referentes aos marcos históricos com a mediação do professor.”.
Reelaborar as Ações Didáticas (RAD)	Ava6; Ava10; Ava17; Ava19	RAD-Ava10: “Se a AD2 focar no procedimento de análise das formas de apresentação de informação, isso deve constar nos objetivos procedimentais. Na AD4, a discussão sobre endemismo aparece de forma muito solta. Seria interessante ancorar melhor esse ponto, talvez incluindo algo no texto do caso. E deve ficar mais claro, na descrição da SD, porque este conceito é importante quando se fala de biodiversidade.”. RAD-Ava19: “A AD1 ficou desconexa do restante da proposta da sequência didática, uma vez que pode levar mais tempo do que o necessário para abordá-la e talvez não apresente um ganho substancial no tocante ao fornecimento de subsídios para que os estudantes pensem a respeito do caso de Mariana.”.
Reorganizar a Metodologia do Encontro (REM)	Ava2; Ava6; Ava7; Ava12; Ava14; Ava19; Ava20; Ava21.	REM-Ava19: “Minha sugestão é que a partir da AD2, que trata dos dados fornecidos pelo laudo técnico, o docente responsável pela disciplina apresente aspectos relacionados a maneira pela qual os biólogos e demais cientistas produziram esses dados sobre o local: como é a coleta de dados, quais técnicas se utiliza, quais grupos de pesquisa participam, quais as hipóteses dos cientistas. Para isso, o docente pode convidar pesquisadores da universidade que trabalham com esse tipo de análise para que a aula fique mais completa e os estudantes possam dialogar com os pesquisadores para entender sobre a natureza da ciência. Essa proposição não aborda os aspectos delineados a priori (história da ciência), mas abrange uma etapa importante do fazer científico para a formação de graduandos, a natureza da ciência.”.
(Re)elaborar Questões Norteadoras (RQN)	Ava7; Ava10; Ava15.	RQN-Ava10: “Q2 está muito aberta, melhor ser reformulada para deixar mais clara a conexão com a construção do conhecimento científico mencionada na AD1.”. RQN-Ava15: “Q7 - Essa questão também pode ser respondida na questão 6. Uma sugestão é deixar uma questão só para abordar os biomas. Q8 - Acho que seria importante relacionar as espécies endêmicas com a área afetada. Quais espécies são endêmicas da área atingida pelo desastre? É importante conservá-las? Por quê?”.

Fonte: elaborado pela autora

Como é possível observar no quadro 38, o tempo destinado ao encontro continuou sendo uma preocupação dos avaliadores, mas neste terceiro encontro isso aconteceu de modo mais atenuado, pois que apenas dois avaliadores fizeram este tipo de comentário (ver tabela 10, p.186). Dentre os que consideraram as ações didáticas do terceiro encontro

adequadas aos objetivos de aprendizagem propostos, um comentou que este terceiro encontro era muito importante, “pois faz um resgate de temáticas discutidas anteriormente e sintetiza a construção, portanto o que não foi construído anteriormente pode ser socializado e contemplando através de uma releitura, a questões referentes aos marcos históricos com a mediação do professor.”. Foi principalmente para possibilitar estes momentos de sintetização que foi proposto ao longo da SD sobre biodiversidade a permanente revisão e reconstrução das respostas das questões norteadoras. Embora alguns avaliadores tenham apontado que estas questões poderiam ser respondidas de forma definitiva, reiteramos que é importante promover momentos de síntese, nos quais as construções já feitas possam ser revisadas e reconstruídas. Acreditamos que estes momentos de reconstruções podem ser entendidos como mais um ponto em que o MRE subsidia a construção da SD.

Nos comentários que evidenciaram a necessidade de reelaboração das ações didáticas do terceiro encontro, se destacaram comentários relativos: (1) à AD1, que foi considerada desconexa do restante da sequência didática; (2) à AD4, sobre a qual um avaliador teceu comentários de natureza teórica. Sobre o primeiro item, entendemos que a reelaboração da questão norteadora 2, conforme foi sugerido nos comentários do segundo encontro, pode ser uma alternativa para justificar a necessidade da utilização da história da ciência na SD sobre biodiversidade. Sobre a AD4, um avaliador destacou em sua análise que “a discussão sobre endemismo aparece de forma muito solta”, sendo “interessante ancorar melhor esse ponto” na SD. Outra avaliadora, em seus comentários sobre esta AD, sugeriu algo que parece tornar a discussão sobre espécies endêmicas mais amarrada no âmbito da SD sobre biodiversidade, que foi “relacionar as espécies endêmicas com a área afetada”. De todo modo, pela importância que tem na SD sobre biodiversidade, esta discussão sobre espécie endêmica merece uma atenção importante quando o objetivo for o aprimoramento da SD sobre biodiversidade, pois a partir dela devem ser promovidas condições para que os estudantes reflitam sobre (e compreendam) o nível genético da biodiversidade.

Ainda sobre o quadro 38, na categoria “Reorganizar a metodologia do encontro” foi destacado um comentário em que o avaliador propôs uma modificação nos objetivos do terceiro encontro. De acordo com este avaliador o terceiro encontro deve focar em aspectos da natureza da ciência, evidenciando o fazer científico próprio do biólogo; e não em aspectos da história da ciência, como proposto inicialmente. Ambos os aspectos são de fundamental importância para o ensino de biodiversidade, quanto a isso não restam

dúvidas. No entanto, como foi visto na primeira etapa desta pesquisa, a utilização de aspectos da história da ciência foi identificada como uma estratégia metodológica pertinente para abordar o conceito de biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica.

Por outro lado, no MRE é considerado importante utilizar aspectos da natureza da ciência quando se pretende planejar o ensino e a aprendizagem de conteúdos científicos (DUIT et.al, 2012). Desse modo, no contexto do MRE, a alternativa sugerida pelo avaliador para o terceiro encontro pode contribuir para que os estudantes percebam o conhecimento científico como uma construção humana. Assim, identificamos mais um ponto de revisão necessário à SD sobre biodiversidade, no qual cabem reflexões sobre que abordagem, se a da natureza da ciência e/ou a da história da ciência, contribuem de modo mais efetivo para os objetivos de aprendizagem previamente definidos para a SD sobre biodiversidade.

Finalizando a discussão do quadro 38, destacamos os comentários que sugeriram a modificação de alguma questão norteadora. A esse respeito foram citadas as questões Q2 (que já havia sido mencionada na análise do primeiro encontro), Q7 e Q8. Os comentários sobre estas questões foram destacados no quadro abaixo. A (re)elaboração das questões norteadoras é outro ponto da SD sobre biodiversidade que merece ser repensado. A seguir continuaremos com as considerações pertinentes à avaliação do quarto encontro desta SD (quadro 39).

Quadro 39 – Unidades de contextos referentes à avaliação do quarto encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>CATEGORIAS</b>	<b>OCORRÊNCIA</b>	<b>UNIDADES DE CONTEXTO</b>
Relação Tempo x Ações Didáticas (RTA)	Ava4; Ava21.	RTA-Ava4: “O tempo destinado para os encontros é pouco.”. RTA-Ava21: “Muitas atividades para apenas 2h/aulas.”.
Reiterar Adequação as Ações didáticas (RAA)	Ava4; Ava12; Ava14; Ava19.	RAA-Ava12: “Trata-se de uma etapa diagnóstico para iniciar o trabalho de diálogo, reflexão e formação de consciência crítica da abordagem multidimensional e polissêmica de biodiversidade.”. RAA-Ava19: “Achei muito importante esse ponto de controle proposto pela AD1. Como a temática é complexa e difícil, é fundamental que os estudantes tenham esse tempo para compartilhar as dificuldades uns com os outros.”.
Reelaborar as Ações Didáticas (RAD)	Ava11; Ava18.	RAD-Ava11: “Sobre a AD5: não seria interessante como atividade de pesquisa que os estudantes elaborem em grupo um plano estratégico de conservação para implantação de uma Mineradora? Deste modo, os estudantes poderiam compreender quais os trâmites, as entidades envolvidas, os técnicos, etc.”. RAD-Ava18: “Os vídeos ou algum outro recurso trata das dimensões culturais? Tem discussões políticas, sobre nosso

		sistema político econômico? Isso é importante para os objetivos atitudinais.”.
Reorganizar a Metodologia do Encontro (REM)	Ava6; Ava15; Ava17; Ava18; Ava19; Ava20.	REM-Ava6: “Onde estão as discussões e contexto de vida dos pescadores? Seria possível delinear um pouco mais o contexto sociocultural dos atingidos pelo desastre?...Creio que trazer essa discussão facilita pensar o conceito pelo viés de outra epistemologia ou cosmovisão diferente da científica e que justifique o trabalho de convencimento que será feito com o pescador.” REM-Ava15: “Incluir algo relacionado à argumentação, pois uma questão sociocientífica pressupõe um posicionamento (construção de um argumento – isto vai além da construção de justificativas) ... Incluir algo relacionado à tomada de decisão.” REM-Ava19: “É importante que os estudantes tomem conhecimento sobre a legislação ambiental que está por trás dos processos de conservação e/ou preservação da biodiversidade, bem como as ideologias que permeiam essas tomadas de decisão.” REM-Ava20: “Sugiro que sejam tratadas questões sobre (...) diferença entre medidas preventivas e mitigatórias, resgatando, por exemplo, como a Vale e a Samarco vinham agindo em relação a estas medidas (...)”
(Re)elaborar Questões Norteadoras (RQN)	Ava18.	RQN-Ava15: “Q9 - Talvez seja interessante mesclar a questão 9 com a 10, atendo-se ao caso de Mariana. Eu também tiraria esta parte: “Como a importância desta conservação se tornou (...)?” RQN-Ava18: “De qualquer forma poderia ser interessante colocar questões norteadoras políticas e culturais.”.

Fonte: elaborado pela autora

No quarto encontro, o tempo destinado à implementação das ações didáticas propostas permaneceu entre as preocupações dos avaliadores com a SD sobre biodiversidade. Entretanto, neste quarto encontro isso aconteceu de forma modesta, se compararmos este ou primeiro encontro (ver tabela 10, p.186). Já os comentários da segunda categoria “Reitera adequação das ações didáticas” foram mais enfáticos, demonstrando que os avaliadores consideraram importante o que foi proposto para este quarto encontro. Os comentários destacados no quadro 39 sobre esta segunda categoria exemplificaram as principais avaliações positivas sobre o quarto encontro, além dessas outra mereceu destaque: “a sequência das ADs está adequada aos objetivos de aprendizagem e permitem um avanço na construção de novos conhecimentos sobre a temática.”.

Na categoria “Reelaborar as ações didáticas” foram citadas a AD2 e a AD5. Sobre a AD2 uma avaliadora fez o seguinte questionamento: “Os vídeos ou algum outro recurso trata das dimensões culturais? Tem discussões políticas, sobre o nosso sistema político econômico?”. Com base nesses questionamentos a avaliadora sugeriu “colocar questões norteadoras políticas e culturais.”. Este último comentário propôs a elaboração de uma

nova questão norteadora, por isso representa comentários agrupados na categoria “(Re)elaboração de questões norteadoras” do quadro 39. A respeito destes comentários, é importante lembrar que não é a primeira vez que a dimensão política sobre biodiversidade foi convocada pelos avaliadores. Isto já tinha acontecido, por exemplo, na análise do primeiro bloco avaliativo. Entretanto, como o quarto encontro objetivou iniciar as discussões socioculturais do conceito de BD, nele estes comentários sobre a dimensão política deste conceito se intensificaram. Outros comentários que citaram a importância da presença desta dimensão na SD sobre biodiversidade podem ser visto no quadro 39.

Sobre a AD5 uma avaliadora questionou: “[...] não seria interessante como atividade de pesquisa que os estudantes elaborem em grupo um plano estratégico de conservação para implantação de uma mineradora?”. Após expor seu questionamento, a avaliadora explicou: “Deste modo, os estudantes poderiam compreender quais os trâmites, as entidades envolvidas, os técnicos, etc.”. Este último comentário parece sugerir, mais uma vez, que os estudantes tivessem acesso aos procedimentos realizados no âmbito do trabalho de um biólogo. Esse mesmo tipo de sugestão também esteve presente na categoria “Reorganização da metodologia do encontro”, como pode ser observado no comentário a seguir: “Onde estão as discussões e contexto de vida dos pescadores? Seria possível delinear um pouco mais o contexto sociocultural dos atingidos pelo desastre? Não é assim que um biólogo@ trabalha quando atua na mitigação dos impactos ambientais? Creio que trazer essa discussão facilita pensar o conceito pelo viés de outra epistemologia ou cosmovisão diferente da científica e que justifique o trabalho de convencimento que será feito com o pescador.”. Trazer a metodologia de trabalho do biólogo para a SD sobre biodiversidade já tinha sido sugerido por outros avaliadores em outros momentos deste processo de validação. Continuando a apresentação deste processo, seguiremos agora com as considerações sobre o quinto encontro da SD sobre biodiversidade, auxiliada pelo quadro 40.

Quadro 40 – Unidades de contextos referentes à avaliação do quinto encontro da sequência didática sobre biodiversidade

<b>CATEGORIAS</b>	<b>OCORRÊNCIA</b>	<b>UNIDADES DE CONTEXTO</b>
Relação Tempo x Ações Didáticas (RTA)	Ava4; Ava8; Ava11; Ava21.	RTA-Ava8: “Considerando o tempo necessário à leitura do texto e as possíveis discussões pelo quadro de Richetti (2016), achei que o tempo poderá ser insuficiente para a quantidade de ações.”. RTA-Ava11: “O tempo de 2h seria suficiente para as duas socializações (AD1 e AD4)? Seria interessante que você pudesse indicar ao professor o tempo máximo de cada AD.”.

Reiterar Adequação das Ações didáticas (RAA)	Ava4; Ava14; Ava19.	RAA-Ava14: “Estas AD atendem aos objetivos. Merece destaque a apresentação do quadro de Richetti (2016) que sistematiza as relações de forma clara.”. RAA-Ava19: “O quadro de Richetti é muito interessante para subsidiar as discussões almejadas sobre CTSA.”.
Reelaborar as Ações Didáticas (RAD)	Ava8; Ava11; Ava19; Ava20.	RAD-Ava19: “Na AD3 ao invés de começar apresentando os valores atribuídos à biodiversidade, o docente pode começar a aula pedindo para que os estudantes avaliem determinadas situações e que “valorem-nas”. Nesse sentido, o professor poderá dividir a sala em grupos, sendo cada grupo representando determinado interesse social: economistas, políticos, ambientalistas e etc. Com isso, o docente terá vários setores da sociedade para refletir sobre determinada questão ambiental e, assim, os estudantes deverão “valorar” a biodiversidade a partir da perspectiva (grupo social) dada a eles. A partir dos valores atribuídos pelos próprios estudantes, o docente sistematiza o conhecimento sobre os valores, trazendo para a discussão os valores do texto de Pirmack e Rodrigues.”. RAD-Ava20: “Sugiro duas dinâmicas para este tópico, a primeira envolveria uma estratégia de psicodrama, na qual os estudantes assumiriam o lugar dos agentes envolvidos no caso de Mariana e se posicionariam. É uma estratégia interessante para lidar com dimensões éticas e morais que QSC envolvem. Seria para tratar o item AD2 [...] A outra dinâmica é a da teia e sugiro para tratar o que foi proposto na AD5.”.
Reorganizar a Metodologia do Encontro (REM)	Ava19.	REM-Ava19: “Talvez as AD5 e AD6 fiquem demasiadas para esta aula, uma vez que a discussão sobre os valores leva um tempo para ser sedimentada pelos estudantes.”.

Fonte: elaborado pela autora

O quinto encontro pareceu ter sido aquele que menos causou inquietações entre os avaliadores. Dentre os comentários feitos sobre este encontro se destacaram aqueles que citaram a relação entre o tempo e o desenvolvimento das ações didáticas. Neste caso, uma avaliadora utilizou aspectos metodológicos do encontro para justificar sua análise, como pode ser visto no trecho a seguir: “Considerando o tempo necessário à leitura do texto e as possíveis discussões pelo quadro de Richetti (2016), achei que o tempo poderá ser insuficiente para a quantidade de ações.”. O quadro de Richetti, citado anteriormente, também foi considerado nos comentários de avaliadores que buscaram reiterar a adequação das ações didáticas aos objetivos de aprendizagem, como pode ser visto nos comentários destacados no quadro 40.

Na categoria “Reelaboração das ações didáticas” três ADs do quinto encontro foram citadas nos comentários dos avaliadores: a AD2, a AD3 e a AD5. Sobre estas ADs os avaliadores sugeriram métodos alternativos aqueles que tinham sido propostos inicialmente, mas, como pode ser visto nos trechos destacados no quadro 40, não houveram comentários que propusessem a mudança de objetivo das ADs. Sobre a última

categoria evidenciada no quadro 40, o único comentário feito foi aquele no qual um avaliador recomendou que as ADs 5 e 6 fossem excluídas do encontro. Com este comentário, foi identificado um conflito nos comentários dos avaliadores sobre o quinto encontro, pois foi na AD5 que o quadro de Richetti, avaliado positivamente por alguns avaliadores, foi sugerido. Desse modo, uma alternativa plausível para a superação deste conflito talvez seja utilizar este quadro em outro momento da SD sobre biodiversidade, sem o excluir. Continuaremos agora com as considerações acerca da avaliação do sexto encontro (quadro 41).

Quadro 41 – Unidades de contextos referentes à avaliação do sexto encontro da sequência didática sobre biodiversidade

CATEGORIAS	OCORRÊNCIA	UNIDADES DE CONTEXTO
Relação Tempo x Ações Didáticas (RTA)	Ava4; Ava19; Ava21.	RTA-Ava19: “As ADS estão adequadas aos objetivos da aula, contudo eu penso que, novamente, a aula tem pouco tempo para a discussão de aspectos muito importantes.”.
Reiterar Adequação das Ações didáticas (RAA)	Ava4; Ava12; Ava19.	RAA-Ava19: “As ADS estão adequadas aos objetivos da aula.”.
Reelaborar as Ações Didáticas (RAD)	Ava8; Ava11; Ava13; Ava18; Ava19; Ava20; Ava23.	RAD-Ava8: “Tendo em vista a quantidade de aulas destinadas às ações didáticas, entendo que a confecção do panfleto seja uma ação factível; no entanto, considero que ações mais práticas e inseridas no âmbito da sociedade e realizadas com a sociedade (ex. ligada a preservação de rios locais; ou estudar como a urbanização afeta os corpos d’água etc...) pudessem ser mais significativos em termos de aprendizagem e para a promoção de engajamento.”. RAD-Ava23: “Sugiro a utilização de outras linguagens, mídias, ferramentas tecnológicas, redes sociais, etc. para a AD5. Acredito que seja possível alcançar mais pessoas e atuar na perspectiva da sensibilização ambiental utilizando outras estratégias.”.

Fonte: elaborado pela autora

Como é possível observar no quadro anterior, os comentários sobre o sexto encontro da SD sobre biodiversidade contemplaram apenas três, das cinco, categorias identificadas. Desse modo, foram feitos comentários evidenciando a adequação das ações didáticas propostas, destacando a questão de o tempo destinado ao encontro ser insuficiente para a implementação das ações didáticas e sugerindo alternativas para que a questão do tempo seja superada. Estas alternativas foram focadas na reelaboração das ações didáticas, de modo que nenhum avaliador sugeriu que a metodologia do sexto encontro fosse reorganizada.



Sobre a categoria “Reelaborar as ações didáticas”, os comentários dos avaliadores citaram a AD2 e a AD5. A sugestão sobre a AD2 foi motivada pela inadequação do tempo para promover discussões de aspectos muito importantes, para superar este desafio um avaliador sugeriu que: “[...] o docente dividisse os estudantes em grupo e cada grupo respondesse a uma questão apresentada na AD2 e, ao final da aula, os grupos socializasse esse conhecimento construídos juntos.”. As sugestões sobre a AD5 foram todas motivadas pela proposta de confecção do panfleto. As inquietações dos avaliadores sobre a utilização do panfleto na SD sobre biodiversidade já haviam sido sinalizadas nas avaliações do primeiro bloco avaliativo e foram retomadas na avaliação do sexto encontro.

Das justificativas utilizadas para propor as modificações necessárias à AD5, três se destacaram: (1) uma que alertou sobre a inadequação de se trabalhar com panfletos em uma SD que aborda aspectos da conservação e preservação da biodiversidade; (2) outra que chamou atenção para a possibilidade de se trabalhar com métodos mais ousados no ensino superior; (3) e uma última que sugeriu práticas sociais mais efetivas. Diante destas justificativas, foram propostas alternativas para a ação sociopolítica que seria mais adequada à SD sobre biodiversidade. Algumas destas sugestões podem ser vistas nos comentários destacados no quadro 41 e, de fato, parecem mais adequadas ao contexto e ao que se pretende ensinar a partir da SD sobre biodiversidade. Finalmente, encerrando as considerações pertinentes à validação do segundo bloco avaliativo, serão apresentados a seguir os principais comentários acerca do sétimo e último encontro da SD (quadro 42).

Quadro 42 – Unidades de contextos referentes à avaliação do sétimo encontro da sequência didática sobre biodiversidade

CATEGORIAS	OCORRÊNCIA	UNIDADES DE CONTEXTO
Relação Tempo x Ações Didáticas (RTA)	Ava1; Ava4; Ava12.	RTA-Ava1: “Minha maior preocupação é com a extensão da SD (7 encontros) e o volume de atividades/encontro.”.
Reiterar Adequação das Ações didáticas (RAA)	Ava4; Ava14; Ava19.	RAA-Ava14: “Estas atividades avaliativas são compatíveis com os objetivos propostos.”. RAA-Ava19: “O momento de avaliação final da sd é muito importante e se adequa à proposta da aula [...]”.
Reelaborar as Ações Didáticas (RAD)	Ava2; Ava8; Ava17; Ava19; Ava22; Ava 24.	RAD-Ava18: “Sugiro considerar uma ação realizada em parceria com a sociedade, levando em conta as possibilidades reais de execução [...]”. RAD-Ava22: “Poderia ter um encerramento no formato seminário, para a escola e demais estudantes, considerando a relevância do tema e a construção de valores.”.



Reorganizar a Metodologia do Encontro (REM)	Ava6; Ava21.	REM-Ava6: “Reitero os pontos relativos ao estabelecimento da controvérsia por parte dos estudantes, a partir das interações verbais que envolvem os diferentes discursos. Os conhecimentos populares que envolvem o contexto sociocultural do pescador citado. A relação entre o conceito científico, os conhecimentos populares, e a controvérsia que se busca instaurar. Estes elementos colocariam o conceito que quer verificar como meio e não como fim em si mesmo.”. REM-Ava22: “Não seria interessante diminuir a quantidade de atividades e conseqüentemente os encontros?”.
---	--------------	--

Fonte: elaborado pela autora

O quadro 42 apresenta alguns comentários dos avaliadores feitos nos espaços destinados à avaliação proposta no sétimo encontro. Neste quadro é possível observar que neste encontro, em algumas categorias, apareceram comentários que abordaram a SD sobre biodiversidade de maneira geral e não exatamente com aspectos peculiares do sétimo encontro. Isso aconteceu nas categorias “Relação tempo x ações didáticas” e “Reorganizar a metodologia do encontro”, conforme pode ser exemplificado nos comentários destacados no quadro 42. Nesta última categoria, uma avaliadora reitera análises que ele já tinha feito ao longo da avaliação dos demais encontros, como a introdução de aspectos procedimentais de conhecimentos populares, dentre outros. Além disso, outro avaliador propôs reestruturar a SD como um todo, sugerindo que a SD seja reorganizada em apenas cinco encontros.

Nas demais categorias – “Reiterar adequação das ações didáticas” e “Reelaborar as ações didáticas” – os comentários evidenciaram aspectos específicos do sétimo encontro. Em seus comentários, um avaliador fez uma análise sobre a avaliação proposta no sétimo encontro: “O momento de avaliação final da SD é muito importante e se adequa à proposta da aula. A produção de novos mapas conceituais e a reflexão sobre eles é fundamental para que os estudantes visualizem o que construíram de conhecimento a respeito da biodiversidade, bem como refletirem sobre o que propuseram de solução para o caso de Mariana.”. Outra avaliadora propôs modificações na AD2: “Sugiro considerar uma ação realizada em parceria com a sociedade, levando em conta as possibilidades reais de execução [...]”. Esta AD2 do sétimo encontro trata da exposição e da apresentação do panfleto. Como o panfleto já vinha sendo um aspecto questionado no âmbito da SD sobre biodiversidade, todos os comentários sobre o sétimo encontro que sugeriram reelaboração das ações didáticas estavam voltados para a AD2. Isso pode ser observado no quadro 42.

Para finalizar este item, resumiremos, na figura 15, as principais reivindicações dos avaliadores com relação à validação dos encontros da SD sobre biodiversidade.

Figura 15 – Sumário das reivindicações feitas pelos avaliadores no segundo bloco avaliativo do processo de validação da SD sobre biodiversidade

MANTER AS AÇÕES DIDÁTICAS	ENCONTROS	REESTRUTURAR O ENCONTRO
<p>AD1: considerar o Caderno de Registro Individual como um instrumento avaliativo desde o início;            AD2: leitura do caso ser acompanhada por imagens e repostagens relacionadas;            AD3: vir antes da AD2;            AD4: modificar questão norteadora 2;            AD5: deixar a pesquisa mais livre            AD6: responder as questões norteadoras de forma definitiva.</p>	<b>ENCONTRO 1</b>	<p>Opção 1:            Problematizar o conceito de biodiversidade;            Evidenciar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre biodiversidade por meio das discussões sobre o conteúdo;            Pesquisa sobre o conceito de biodiversidade.</p> <p>Opção 2:            Apresentação e discussão do caso de Mariana e das questões norteadoras;            Evidenciar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre biodiversidade por meio das discussões sobre o caso.</p>
<p>AD1: retomada das questões norteadoras de modo diferente daquele proposto inicialmente - Utilização de imagens para construção de uma linha do tempo;            AD2: retomar os mapas conceituais e reconstruí-los de modo coletivo, agregando as informações vistas;            AD3: fazer alerta sobre a presença/ausência de espécies e organismos nos ecossistemas;            AD4 e AD5: sem sugestões.</p>	<b>ENCONTRO 2</b>	<p>Opção 1:            Focar na discussão sobre o conceito de biodiversidade - problematização do conceito.</p> <p>Opção 2:            Apresentação do caso e de algumas questões norteadoras;            Análise dos impactos e do contexto da tragédia em Mariana            Resposta definitiva das questões norteadoras, que devem ser discutidas em grupo.</p>
<p>AD1: reorganizar a abordagem desta AD para que fique mais sintonizada com os objetivos da SD proposta;            AD2 e AD3: sem sugestões;            AD4: valorizar a discussão sobre endemismo na SD proposta;            AD5: repensar as questões norteadoras 7 e 8.</p>	<b>ENCONTRO 3</b>	<p>A partir de AD2, que propõe a análise do laudo técnico do Ibama, focar em aspectos da natureza da ciência, evidenciando o fazer científico próprio do biólogo, que permite obter as informações presentes no laudo;            Propor atividades em pequenos grupos e posterior discussão geral.</p>
<p>AD1: sem sugestões;            AD2: inserir questões norteadoras sobre aspectos políticos e culturais;            AD3: modificar questão norteadora 9;            AD4: sem sugestões;            AD5: propor atividade em que os estudantes elaborem um plano estratégico de conservação para implantação de uma mineradora.</p>	<b>ENCONTRO 4</b>	<p>Trabalhar o caso a partir de discussões que envolvam o conhecimento populares que envolvem o contexto sociocultural dos pescadores, pensando o conceito de biodiversidade pelo viés de outra epistemologia diferente da científica;            Propor atividades que envolvam argumentação e não apenas justificativas;            Propor atividades que requeram tomada de decisão dos estudantes;            Conhecer as ideologias que permeiam a legislação ambiental que está por trás dos processos de conservação e/ou preservação ambiental;            Tratar diferença entre medidas preventivas e mitigatórias frente às questões de conservação e/ou preservação da biodiversidade.</p>
<p>AD1: sem sugestões;            AD2: utilizar psicodrama;            AD3: Apresentar situações nas quais os estudantes possam atribuir valor à biodiversidade;            AD4: evidenciar que a socialização das atividades é referente àquelas realizadas em sala de aula para diferenciar da AD1;            AD5: Utilizar dinâmica da teia;            AD6: sem sugestões.</p>	<b>ENCONTRO 5</b>	<p>Focar em discussões sobre os valores atribuídos à biodiversidade, deixando aspectos da relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) para outra oportunidade.</p>
<p>AD1: sem sugestões;            AD2: responsabilizar grupos distintos pela resposta de questões norteadoras distintas e promover socialização das respostas;            AD3 e AD4: sem sugestões;            AD5: modificar estratégia para propor ação sociopolítica - mostra de vídeo, fotografias, infográficos, etc. Alertar que se trata de uma atividade extraclasse;            AD6: Alertar que se trata de uma atividade extraclasse</p>	<b>ENCONTRO 6</b>	<p>Sem sugestões.</p>
<p>AD1: sem sugestões;            AD2: encerramento no formato de seminário no espaço acadêmico.            AD3: sem sugestões</p>	<b>ENCONTRO 7</b>	<p>Promover discussões sobre a relação entre o conceito científico, os conhecimentos populares e a controvérsia que se buscou instaurar.</p>

Fonte: elaborado pela autora

Assim, considerando a figura anterior, é importante deixar claro que ela não representa uma proposta de reestruturação da SD sobre biodiversidade, com base na análise do processo de validação. Mas um sumário da maioria das sugestões feitas pelos avaliadores, que podem elucidar uma futura reestruturação da SD sobre biodiversidade. Desse modo, o nosso intuito ao longo de toda a discussão referente a este segundo bloco avaliativo foi evidenciar pontos da SD sobre biodiversidade que despertaram inquietações nos avaliadores e, por isso, podem representar aspectos da SD que merecem ser repensados, revisados e aprimorados quando o objetivo for a sua reestruturação. Esta que pode ser feita a partir da manutenção das ações didáticas, considerando, com isso, que o encontro deve ter o mesmo objetivo proposto inicialmente; ou a partir da reestruturação do encontro. Neste último caso, o encontro deve ter um objetivo diferente daquele proposto inicialmente. Finalizando a apresentação dos resultados provenientes do processo de validação do segundo bloco avaliativo, o próximo item foi dedicado à apresentação da avaliação do terceiro bloco avaliativo.

#### *3.2.3.3. Análise do terceiro bloco avaliativo: aspectos gerais da SD*

O terceiro bloco avaliativo teve o objetivo de submeter à avaliação quatro aspectos gerais da SD sobre biodiversidade: (1) papel do conhecimento científico no processo ensino e aprendizagem proposto; (2) papel dos estudantes neste processo; (3) papel dos professores neste processo e a (4) adequação da avaliação de aprendizagem sugerida para este processo. No caso do terceiro bloco avaliativo, estas categorias não emergiram da análise de conteúdo, mas foram pré-estabelecidas com base em aspectos defendidos no quadro construtivista da reconstrução educacional.

Para a avaliação da categoria “conteúdo científico”, os avaliadores foram convidados a analisar as seguintes afirmações: (1) a compreensão sobre o conceito de biodiversidade defendida neste estudo pode ser considerada adequada para abordá-lo em uma perspectiva integral e polissêmica; (2) a SD proposta tem potencial para promover experiências de ensino e aprendizagem nas quais o conceito de biodiversidade seja discutido, e ampliando, no contexto científico; (3) a SD proposta tem potencial para promover experiências de ensino e aprendizagem nas quais as relações existentes entre o contexto científico e o sociocultural da biodiversidade sejam estabelecidas e/ou consolidadas; (4) a SD proposta tem potencial para possibilitar que as várias dimensões e contextos do conceito de biodiversidade tenham espaço em sala de aula e (5) a SD

proposta tem potencial para promover experiências de ensino e aprendizagem nas quais o conceito de biodiversidade seja tratado de maneira contextualizada.

Na segunda categoria “Estudantes” os avaliadores analisaram as seguintes afirmações: (1) a SD proposta tem potencial para promover experiências de ensino e aprendizagem nas quais os estudantes possam participar de forma ativa das atividades propostas; (2) a SD proposta tem potencial para garantir que os conhecimentos dos estudantes sejam considerados importantes no processo de ensino e aprendizagem; (3) a SD proposta tem potencial para despertar o interesse e a motivação dos estudantes frente aos conteúdos abordados e (4) a SD proposta tem potencial para desenvolver nos estudantes postura crítica frente as questões que envolvem a conservação da biodiversidade. Desse modo, resumidamente, nesta categoria os critérios de avaliação foram o potencial da SD promover a participação e a valorização dos conhecimentos dos estudantes, bem como sua a motivação e seu posicionamento crítico.

A terceira categoria considerada na avaliação do terceiro bloco avaliativo foi a categoria “Professor”. Nesta o avaliador analisou o potencial da SD sobre biodiversidade promover um ambiente de ensino e aprendizagem, no qual o professor assumisse o papel de mediador. A categoria “Avaliação” foi a última a ser analisada no terceiro bloco avaliativo. Nesta categoria os avaliadores analisaram se a avaliação de ensino e aprendizagem sugerida poderia ser considerada adequada para analisar se os objetivos de aprendizagem seriam alcançados com a implementação da SD sobre biodiversidade em sala de aula. Assim, para cada afirmação os avaliadores julgaram se concordavam totalmente, concordavam parcialmente ou discordavam. Além disso, foram destinados espaços para justificativas e/ou sugestões. As respostas dos avaliadores acerca destas onze afirmações são sistematizadas na tabela 11.

Como pode ser observado na tabela 11, a maioria dos avaliadores concordaram totalmente com as afirmações sobre a SD proposta. No entanto, como este não foi o único critério considerado para validar a SD, apresentaremos a seguir os principais comentários feitos pelos avaliadores acerca de cada uma das categorias consideradas na avaliação do terceiro bloco. Antes disso, porém, cabe salientar que alguns comentários feitos neste bloco voltaram a evidenciar aspectos que já tinham sido citados em blocos anteriores. Desse modo, foram evidenciados apenas os comentários que trouxeram novas contribuições para a avaliação da SD sobre biodiversidade.

Tabela 11 – Sistematização das respostas dos avaliadores referentes ao terceiro bloco avaliativo do instrumento avaliativo da SD sobre biodiversidade

<b>AVALIAÇÃO DO TERCEIRO BLOCO AVALIATIVO</b>											
Itens avaliados Afirmarções	Conhecimento científico					Estudantes				Professor	Avaliação
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
Concordo totalmente	19	22	18	19	21	17	20	18	18	21	18
Concordo parcialmente	5	2	6	4	2	7	3	6	6	2	5
Discordo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Não respondeu	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0

Fonte: elaborado pela autora

Na categoria “Conhecimento científico”, os avaliadores sugeriram a inclusão de alguns tópicos que consideraram necessários para tornar as discussões científicas e/ou socioculturais do conceito de biodiversidade mais completas. Nesse sentido, foram evidenciadas as necessidades de: (1) “ampliar as discussões sobre a dimensão política” do conceito de biodiversidade; (2) enfatizar as análises sobre as relações entre o homem e a natureza; e de (3) abordar de modo mais efetivo a diversidade genética. Além disso, um avaliador chamou atenção para a importância do uso de imagens no contexto da SD sobre biodiversidade, pois, segundo ele, elas podem “demonstrar como era o local antes do desastre e com isso possibilitar melhor compreensão dos alunos”, isto é, podem permitir uma contextualização mais adequada do caso de Mariana.

Esse aspecto da contextualização do ensino, citado anteriormente, foi tratado na afirmação cinco da categoria “Conteúdo científico” e sobre ele uma avaliadora comentou: “Avalio que a SD caminha para uma amplitude do tema, um ensino mais contextualizado, a experiência de uma análise de caso faz com que percebamos maior interação [...]”. Outra avaliação positiva a esse respeito pode ser observada no seguinte trecho: “Ao abordar a biodiversidade numa situação contextualizada, a SD promove relações íntimas entre os elementos CTSA.”. De forma semelhante, outro avaliador comentou: “A situação-contexto selecionada é um ótimo exemplo da realidade brasileira para a questão.”. Com isso, foi possível inferir que os avaliadores consideraram a escolha do caso adequada para promover a contextualização necessária para o ensino de biodiversidade no âmbito da SD proposta.

Outro aspecto evidenciado no processo de validação que mereceu destaque foi o fato da diversidade genética, mesmo tendo sido identificada como uma dificuldade de aprendizagem dos estudantes na primeira fase desta pesquisa, não ter sido contemplada, segundo alguns avaliadores, de modo satisfatório na SD sobre biodiversidade. Nesta, as

discussões sobre o nível genético da BD foram planejadas a partir das discussões sobre espécies endêmicas, que deveria subsidiar conhecimentos sobre variabilidade genética. No entanto, conforme comentou um avaliador: “a discussão sobre endemismo aparece de forma muito solta. Seria interessante ancorar melhor esse ponto [...]”. Assim, o que foi apontado pelo avaliador parece ser uma justificativa possível para explicar a fragilidade na abordagem do nível genético da BD na SD planejada. Com isso, se a sugestão do avaliador for aceita, possivelmente este nível da BD será abordado de forma mais adequada na SD planejada.

Além disso, uma fragilidade na formação da pesquisadora também pode ser uma justificativa plausível para que a diversidade genética não tenha sido contemplada de forma adequada, já que sua formação inicial foi pautada em abordagens predominantemente biológicas da BD. Isso demonstra a importância do desenvolvimento de ambientes de ensino e aprendizagem de modo colaborativo, pois estas parcerias podem minimizar os ecos de processos de formação inicial pautados em abordagens fragmentadas e descontextualizadas dos conteúdos biológicos.

Sobre o potencial da SD promover a participação e a valorização dos conhecimentos dos estudantes, aspecto avaliado na categoria “Estudantes”, foi destacado pelos avaliadores que muito deste potencial depende da forma como o professor conduzirá o processo de ensino e aprendizagem planejado. Desse modo, mesmo que a SD tenha requisitado em vários momentos a voz do estudante para contribuir na construção do conhecimento em sala de aula, isto não garante a sua participação e nem que os seus conhecimentos sejam, de fato, valorizados ao longo da SD. Isto foi descrito com clareza na análise de uma avaliadora: “A SD tem potencial para estimular os estudantes a serem protagonistas da construção do seu conhecimento de forma crítica e contextualizada. Porém, somente ela não é suficiente. Esse potencial ocorrerá a partir das interações que se estabelecem durante as aulas (aluno-aluno e professor-aluno). Por isso, a postura de mediador, intrínseca ao professor, é extremamente importante, assim como a apropriação/compreensão dos objetivos da SD por parte do docente.”. E sobre a importância dos conhecimentos prévios dos estudantes, ela continua: “Para isso, o professor precisa compreender esta importância e saber como valorizar o saber dos alunos no processo de ensino e aprendizagem. Por exemplo, o professor pode investigar os conhecimentos prévios dos estudantes no início da SD, mas depois ele deixa de abordá-los em todos os outros momentos.”. De todo modo, foi possível perceber que, embora a SD sozinha não garanta a participação dos estudantes, ela tem o potencial de estimular os

estudantes a seres sujeitos ativos. Esta é uma característica da SD sobre biodiversidade influenciada pelos pressupostos do MRE.

Ainda sobre o potencial da participação e valorização dos conhecimentos dos estudantes, outra avaliadora destacou que “Em função do dimensionamento do tempo, pode haver prejuízo em relação à participação ativa dos alunos.”. E, por fim, a esse respeito, um avaliador considerou importante que “seja ressaltado no material para o professor que as atividades devem ser trabalhadas em grupo, e não em caráter apenas de sugestão. Isso reforça a proposta metodológica de trabalho da SD.”. Sobre este último comentário é válido ressaltar que no âmbito do MRE é importante promover no processo ensino e aprendizagem tanto atividades que sejam desenvolvidas em grupo, como aquelas que sejam desenvolvidas individualmente. Logo, seria mais adequado aos referenciais por meio dos quais a SD sobre biodiversidade foi planejada que fosse explicitado aos professores a necessidade de promover atividades individuais e em grupo ao longo da SD.

Sobre a questão da motivação, os avaliadores destacaram novamente a importância do professor para que ela seja promovida ao longo da SD. Além disso, a esse respeito sugeriram a “inclusão de questão local”, considerando que ela “motiva e engaja muito. Sem falar que pode ajudar muito o contexto local”. A ajuda citada pela avaliadora parece ser em relação ao desenvolvimento de ações sociopolíticas que permitam transformações positivas da realidade local. Outro avaliador considerou que “a SD poderia propor atividades em sala que vão além de leitura e exposição de ideias a fim de engajar ainda mais os estudantes.”. Para tal, recomendou a: “produção de vídeo sobre o caso de Mariana, júri simulado, trabalho de campo, coleta de dados, etc.”. De fato, outros tipos de atividades podem ser pensados para compor a SD sobre biodiversidade.

Finalmente, sobre a questão da postura crítica, uma avaliadora faz a seguinte observação: “Diferencio postura de consciência, postura significa um engajamento na organização de proteção ambiental e consciência está voltada para a compreensão do processo e que pode ou não intervir politicamente... Neste primeiro momento acredito que ainda está num nível de consciência o que poderá leva-lo à uma postura frente as questões ambientais.”. A esse respeito, alguns avaliadores sugeriram deixar mais explícito como esta postura pode ser alcançada com a implementação da SD. Outros avaliadores, no entanto, fizeram uma avaliação positiva sobre este aspecto da postura crítica: “a SD caminha por um percurso em que a biodiversidade é tratada de maneira central no caso de Mariana de maneira que o estudante precisa de uma postura ética e crítica para responder ao problema proposto.”. Acreditamos que a proposição de

atividades que presumam a tomada de decisão, como foi sugerido anteriormente, pode contribuir para que os estudantes assumam uma postura crítica, de modo mais explícito e efetivo, ao longo da SD sobre biodiversidade.

Os resultados da avaliação da categoria “Professor” mostraram que os avaliadores consideraram que o papel mediador do professor depende muito mais: (1) da sua formação acadêmica; (2) da sua experiência com o processo de mediação; (3) e da sua compreensão sobre os objetivos do processo de ensino e aprendizagem. Sobre os primeiro e segundo itens, uma avaliadora explicitou: “O processo de mediação depende da formação e experiências anteriores do professor.”. Sobre o terceiro item, outra avaliadora ponderou: “Por mais que a SD esteja bem formulada, ela por si só não garante que o professor assuma o papel de mediador, por mais que ela reforce a importância da orientação dos estudos dos alunos. Se o professor não tiver, de fato, os mesmos objetivos que você, pesquisadora, ele pode transformar a sua SD em um conjunto de aulas tradicionais.”. Apesar disso, fica claro que embora a SD sobre biodiversidade não possa garantir que o papel de professor mediador seja assumido em sala de aula, ela propõe atividades aos professores que os estimulam a exercer este papel. Esta é mais uma característica da SD sobre biodiversidade subsidiada pelos pressupostos do MRE.

Os resultados da categoria “Avaliação” mostraram que alguns avaliadores fizeram análises positivas sobre a avaliação sugerida, destacando que “ela apresenta aspectos palpáveis para os estudantes refletirem sobre seu processo de ensino e aprendizagem”. Instrumentos de avaliação como CRI e os mapas conceituais também foram avaliados positivamente pelos professores e/ou pesquisadores do ensino de Biologia. É importante destacar que estes instrumentos permitem o acompanhamento dos percursos individuais dos estudantes, permitindo, como mencionou a avaliadora, que eles reflitam sobre seu processo de ensino e aprendizagem. Isto está em sintonia com a visão que o MRE utiliza para olhar o processo de ensino e aprendizagem da ciência, como proposto no quadro construtivista da reconstrução educacional.

Além dos instrumentos citados anteriormente, uma avaliadora ressaltou que a mediação entre os pares poderia ser considerada como um outro veículo de avaliação, já que “existe a possibilidade de o próprio estudante desconstruir e reconstruir novas compreensões a partir da mediação entre os pares.”. Outros avaliadores, porém, fizeram uma ressalva em torno do quadro que apresentava sugestões de critérios para avaliação da aprendizagem cognitiva. A esse respeito uma avaliadora explicitou: “Ficou desbalanceado fazer um quadro detalhado para a dimensão C e deixar outras de um modo

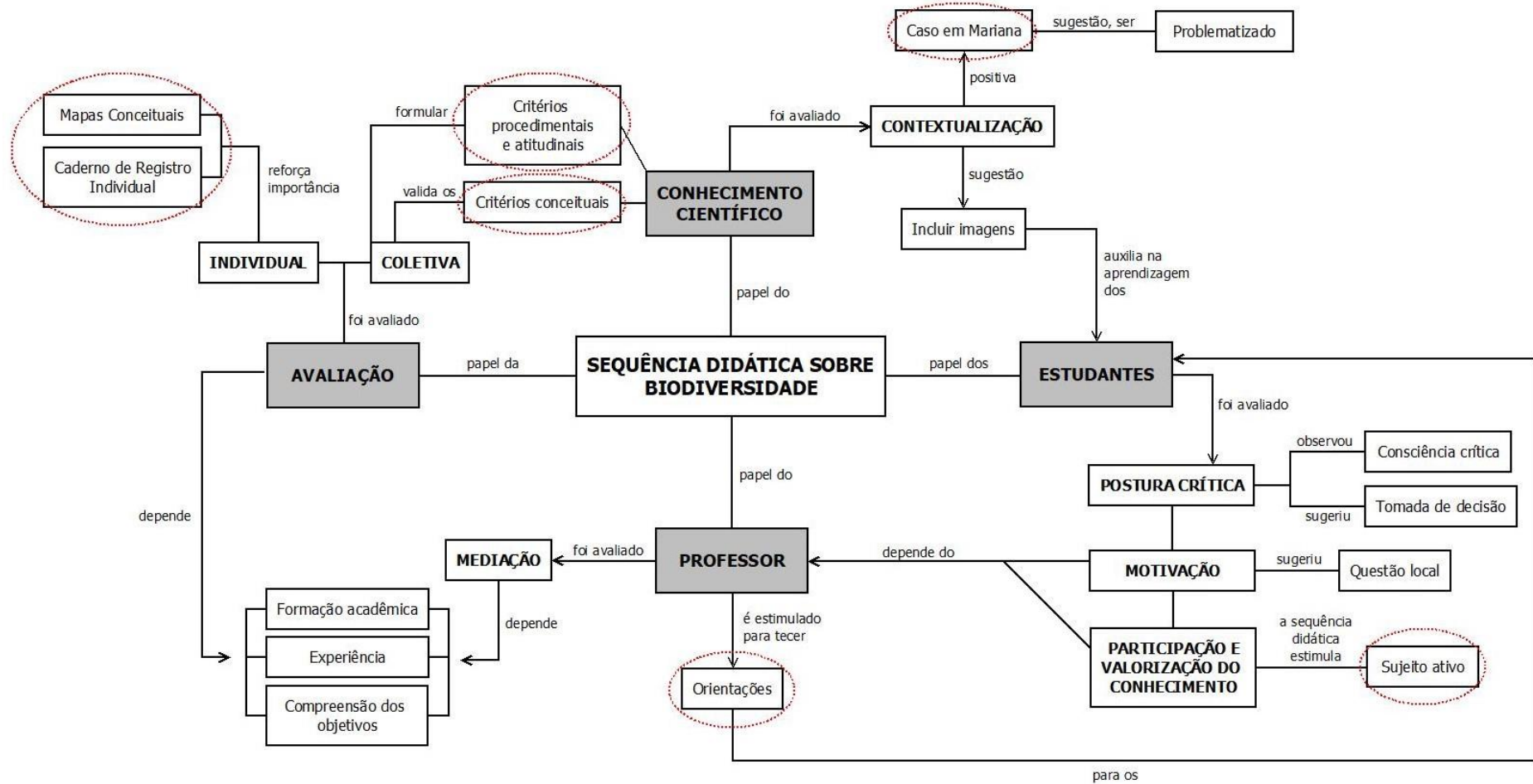


geral, sem detalhes nem especificações, critérios, etc.”. A dimensão C destacada pela avaliadora se refere a dimensão conceitual do conteúdo. Realmente, concordamos plenamente com a questão da necessidade de definir e detalhar os critérios para avaliação da aprendizagem procedimental e atitudinal, muito embora o quadro com os critérios para avaliação cognitiva e conceitual tenha sido feito como forma de sugestão para avaliação.

É importante destacar ainda que estes critérios conceituais emergiram do processo de *design* descrito pelo MRE, por isso a facilidade em os propor. Assim, identificamos um desafio que pode ser enfrentado em outras propostas de investigação, que é a investigação sobre critérios que orientem a avaliação da aprendizagem procedimental e atitudinal do conceito de biodiversidade em uma perspectiva integral e polissêmica no ensino superior de Biologia. Este desafio se estende a discussões que também auxiliem na formulação de objetivos procedimentais e atitudinais referentes ao conceito de biodiversidade, que, como vimos, também inspira dificuldades no trabalho docente de planejar ambientes de ensino e aprendizagem.

Finalizando a apresentação dos resultados provenientes da análise do terceiro bloco avaliativo, discutiremos agora comentários sobre o caso e sobre o instrumento avaliativo. Estes comentários foram feitos na seção “Outros aspectos” do terceiro bloco avaliativo, na qual os avaliadores puderam tecer comentários sobre quaisquer aspectos da SD sobre biodiversidade. Assim, sobre o caso foram feitas as seguintes sugestões: (1) reformular alguns diálogos entre as personagens, trazendo falas com mais problematizações que afirmações; (2) deixar a controvérsia ainda mais clara; (3) dar ao pescador uma voz ao longo dos diálogos estabelecidos no caso, de modo que, um dos personagens defendam a posição dos pescadores e o outro a refute; (4) reformular o parágrafo final, colocando um problema para que os estudantes possam investigar em grupo. Para exemplificar esta última sugestão uma avaliadora sugeriu terminar o caso com o seguinte questionamento: “Como entender o desastre em Marina de forma a identificar soluções que levem em consideração fatores sociais, econômicos e ambientes para diminuir os impactos causados?”. A respeito destas sugestões foi possível perceber que elas se complementam e sendo aceitas, permitem que o caso seja estruturado de maneira mais apropriada. A figura 16 sistematiza os resultados da avaliação do terceiro bloco avaliativo.

Figura 16 – Sistematização dos resultados da avaliação do terceiro bloco avaliativo



Fonte: Elaborado pela autora

Legenda: Aspectos circulados representam influência dos pressupostos do Modelo de Reconstrução Educacional

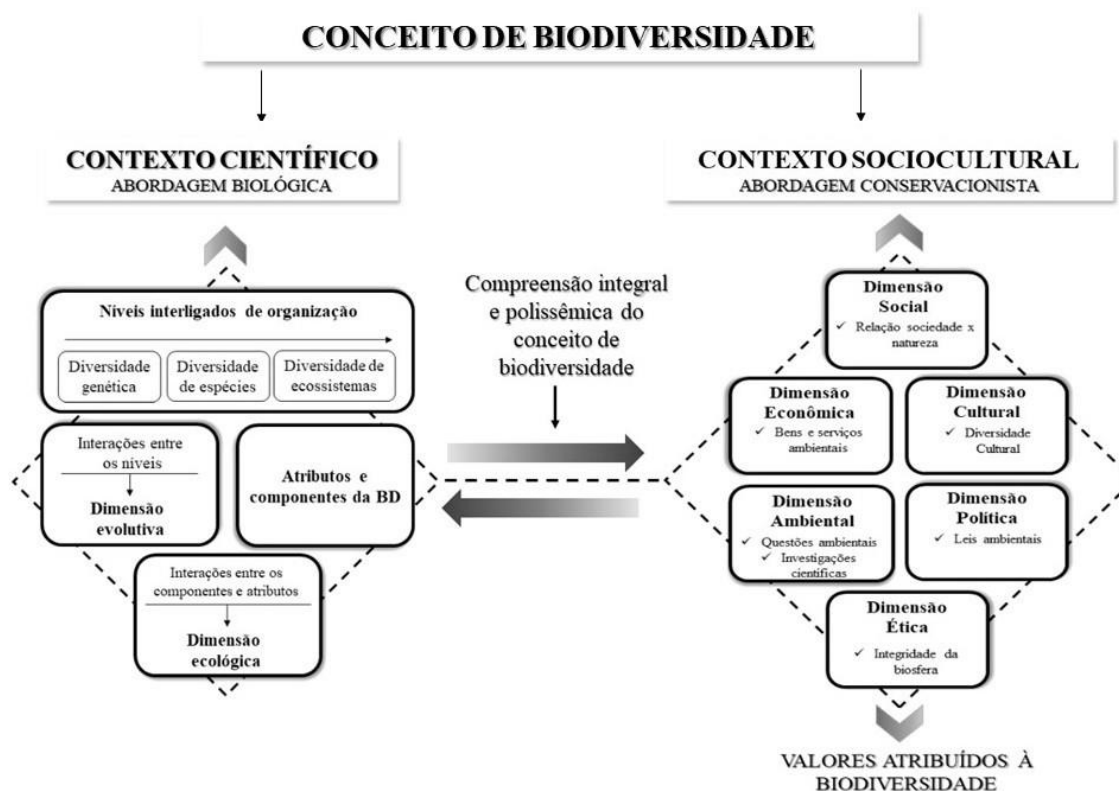
Por fim, sobre o instrumento avaliativo da SD sobre biodiversidade, foram feitas avaliações positivas, mas algumas ponderações como: “Com relação ao instrumento de avaliação, embora muito bem elaborado, algumas partes ficaram confusas, precisando recorrer a todo tempo a descrição da SD para melhor compreender a proposta da avaliação [...] achei que ele poderia ser mais objetivo.”. De modo semelhante outra avaliadora analisou: “O instrumento de avaliação desta SD é longo [...] em outros trabalhos, sugiro um instrumento mais conciso.”. Apesar de concordar que um instrumento avaliativo mais conciso permitiria uma melhor avaliação da SD, no nosso caso, foi difícil construir um instrumento com estas características pois tínhamos o objetivo de, além de validar a SD sobre biodiversidade, validar o quadro construtivista da reconstrução educacional. Esta última validação foi feita a partir de critérios que nos permitiram observar como o MRE subsidiou o da SD sobre biodiversidade proposta. Estes critérios foram ressaltados no terceiro bloco avaliativo do instrumento. Assim, concluímos a apresentação dos resultados provenientes do processo de validação da SD. A seguir faremos algumas considerações necessárias para a finalização deste capítulo 3.

\*

Como previsto no MRE, o processo de validação da SD sobre biodiversidade nos daria a possibilidade de rever aspectos das concepções científicas e das concepções dos estudantes sobre BD. De fato, essa possibilidade foi alcançada com a validação por pares, pois nela conseguimos perceber, dentre outras coisas, que as questões políticas relativas ao conceito de BD merecem ocupar uma dimensão em particular. Considerando a inclusão desta dimensão, o panorama conceitual da biodiversidade poderia ser reconstruído da seguinte forma (figura 17).

De acordo com o processo de validação, a dimensão política do conceito de biodiversidade está relacionada com questões que envolvem as leis ambientais que determinam sobre o uso e a distribuição dos bens e serviços da BD. Outro aspecto desta dimensão inclui discussões sobre o contexto de surgimento e de modificações destas leis ambientais, levando a reflexões sobre que interesses são atendidos sempre que as leis ambientais progridem ou retroagem. E, ainda, que valores atribuídos a BD estão relacionados às leis ambientais que regem as instituições públicas e/ou particulares. Estas são discussões da dimensão política que podem suscitar a formulação de objetivos de aprendizagem conceituais, procedimentais e/ou atitudinais.

Figura 17 – Panorama conceitual da biodiversidade reconstruído a partir do processo de validação da SD sobre biodiversidade



Fonte: elaborado pela autora

No entanto, a inclusão da dimensão política no panorama conceitual de BD não implica apenas na inclusão de um conteúdo científico, mas também na necessidade de conhecer as perspectivas dos estudantes a respeito dele. No conjunto de documentos utilizados para conhecer as concepções dos estudantes sobre BD não foram mencionados aspectos que nos levassem a entender como os estudantes percebem (ou se percebem) esta dimensão política do conceito. Com isso, são necessários estudos sistematizados para entender o que os estudantes conhecem sobre a dimensão política do conceito de BD. De antemão, o conhecimento sobre esta dimensão parece ser uma necessidade de aprendizagem dos estudantes. Esta necessidade, por sua vez, implica no estudo de métodos que permitam abordar a dimensão política da BD de forma adequada. Então, não é simplesmente adicionar uma dimensão ao conceito, mas investigar aspectos teóricos e metodológicos relativos a ela.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para iniciar as considerações cabíveis a esta seção, retomaremos os questionamentos que orientaram este estudo: Como se estrutura o quadro teórico intermediário do MRE? E, como este modelo subsidia o *design* de uma SD sobre biodiversidade, que visa abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas?

Considerando o primeiro questionamento, chegamos por meio desta pesquisa à proposição do quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional. Este quadro tem como grandes teorias as bases construtivistas, a tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik* e a Pesquisa Baseada em *Design* (PBD, do inglês *Design Based Research*). Cada grande teoria desta contribuiu com elementos teóricos que foram reorganizados no quadro intermediário do MRE. De forma sintética, a reconstrução educacional foi inspirada no conceito de mudança conceitual oriundo das bases construtivistas; a análise da importância educacional, a interação fundamental entre os componentes do modelo e o processo de clarificação do conteúdo foram inspirados nos seguintes aspectos da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*, respectivamente: conceito de análise didática, interação fundamental das variáveis instrucionais e o conceito de elementarização; e, por fim, as características e fases da pesquisa fundamentada no MRE foram inspiradas nas características e fases da PBD. Todos esses aspectos fundamentam teoricamente o processo de *design* descrito no MRE.

Considerando o segundo questionamento, foi possível perceber que o MRE subsidiou o *design* de uma SD sobre biodiversidade, que visou abordar este conceito em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas tanto teórica como metodologicamente. Teoricamente, o MRE importou das bases construtivistas para o processo de *design* a perspectiva por meio da qual a aprendizagem da ciência é vista a partir deste modelo. Com isso, ficaram claros os papéis que o estudante, o professor, o conhecimento científico, o mundo material e a própria avaliação deveriam assumir no contexto dos ambientes de ensino e aprendizagem desenhados à luz do MRE. Estes ambientes devem possuir, basicamente, as seguintes características: (1) Os conceitos científicos e as concepções dos estudantes devem assumir papel de igual importância no planejamento, na construção, no desenvolvimento e na avaliação da instrução; (2) O conteúdo científico deve ser entendido a partir de três dimensões – conceitual, procedimental e atitudinal; (3) O estudante deve participar de forma ativa nas

atividades propostas na instrução; (4) O professor deve ser mediador no processo de ensino e aprendizagem, estimulando as construções dos estudantes por meio das atividades propostas na intervenção; (5) A intervenção deve promover diversos contextos de tratamento do fenômeno a ser estudado, para oportunizar a ampliação do repertório de experiência dos estudantes com o fenômeno; (6) A avaliação deve envolver critérios cognitivos e afetivos relativos à aprendizagem dos estudantes.

Da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*, o MRE trouxe os pressupostos que fundamentam os passos necessários ao *design* de ambientes de ensino e aprendizagem: o MRE assegura que a definição dos objetivos de aprendizagem e as intenções de ensino são o primeiro passo para o planejamento de ambientes de ensino e aprendizagem; em seguida vem o planejamento metodológico da intervenção, que deve ser feito com base nas respostas das quatro questões fundamentais que moldam o processo de planejamento instrucional: Por quê? O quê? Como? Por qual? Além disso, a ideia que fundamenta o processo de clarificação do conteúdo, elemento presente no quadro intermediário do MRE, é inspirada em pensamento chave da tradição alemã de *Bildung* e *Didaktik*: o processo de elementarização. A PBD tem nas suas características e fases da pesquisa a inspiração para as características e fases da pesquisa desenvolvida no âmbito do MRE. Desse modo, a pesquisa que utiliza o MRE como base teórica e metodológica tem as seguintes características: intervencionista, colaborativa, “fundamentalmente responsiva”, “teoricamente orientada” e iterativa; e fases: clarificação (preliminar) do conteúdo e *design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem.

Metodologicamente, o MRE subsidia o processo de *design* de ambientes de ensino e aprendizagem por meio do desenvolvimento de seus três componentes: (1) Análise da estrutura do conteúdo; (2) Investigações sobre as perspectivas dos estudantes; e (3) *Design* e avaliação de ambientes de ensino e aprendizagem. Estes três componentes, bem como suas interações, trouxeram para o *design* da SD sobre biodiversidade uma riqueza de orientações sobre o conteúdo de viés científico e educacional. Estas orientações permitiram elucidar necessidades e desafios para abordar o conceito de BD em uma perspectiva integral e polissêmica na licenciatura em Ciências Biológicas. Desse modo, a identificação deste conjunto estruturado de orientações talvez tenha sido a principal contribuição metodológica que o MRE importou para o *design* da SD pretendida. Veremos a seguir, como isso aconteceu ao longo de todo o processo de *design* aqui desenvolvido.

O primeiro passo deste estudo foi análise das concepções científicas sobre BD. A partir desta análise foi possível construir um panorama conceitual da BD, no qual este conceito foi apresentado por meio de dois contextos de discussão – científico e sociocultural. Cada contexto deste, sugeriu que a BD fosse interpretada por meio de diferentes dimensões, como a ecológica, a evolutiva, a ambiental, a social, a cultural, dentre outras. Esses resultados permitiram que a estrutura do conteúdo científico sobre BD fosse clarificada, mesmo que de forma preliminar, e, então, transformada em uma estrutura do conteúdo para o ensino. Isto se deu efetivamente, por meio da construção de oito orientações educacionais sobre o conceito de BD. Estas orientações educacionais, pautadas no panorama conceitual da BD, representaram as primeiras contribuições do MRE para o *design* da SD sobre biodiversidade.

Outras contribuições, porém, surgiram da análise das concepções dos estudantes sobre BD. Com esta análise, foi possível identificar as perspectivas dos estudantes frente a este conteúdo científico. Com isso, de modo geral, foi observado que os estudantes possuem uma visão pouco sofisticada do conceito de BD e que esta visão os acompanha até o nível superior do ensino de Biologia. Por “uma visão pouco sofisticada do conceito de BD” entendeu-se, neste caso, uma compreensão que desconsidera a amplitude deste conceito no contexto científico e/ou no sociocultural. Isto imprimiu ao *design* da SD sobre biodiversidade o desafio de construir ambientes de ensino e aprendizagem, nos quais esta visão dos estudantes pudesse ser reconstruída, ressignificada e ampliada. Além disso, ao final da análise das concepções dos estudantes sobre BD foi possível identificar outra orientação educacional para o ensino e aprendizagem deste conteúdo. Esta orientação tinha caráter mais metodológico que teórico, ao contrário do que aconteceu com as orientações educacionais provindas das análises das concepções científicas. Assim, ao final da primeira e da segunda etapa desta pesquisa, já era possível contar com nove orientações educacionais que traziam contribuições para o *design* da SD sobre biodiversidade.

No entanto, o MRE não sugere que as concepções científicas e as dos estudantes sobre um dado conteúdo científico sejam apenas conhecidas, mas confrontadas e relacionadas. Para isto, no MRE é sugerido estabelecer um diálogo entre as concepções científicas e as dos estudantes, que permita identificar o potencial pedagógico destas concepções para o ensino e aprendizagem do conteúdo científico em questão, por meio da identificação de aproximações e distanciamentos entre estas concepções. De fato, esta característica do MRE permitiu enxergar o ensino e aprendizagem do conceito de BD de

um prisma educacional bastante rebuscado. Isso se deu porque do diálogo estabelecido entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre BD emergiram potencialidades pedagógicas, que sinalizaram, de forma detalhada, aspectos necessários ao ensino e aprendizagem de BD, pensado em uma perspectiva integral e polissêmica para a licenciatura em Ciências Biológicas.

O conhecimento sobre o papel destas potencialidades pedagógicas no processo de *design* descrito no MRE foi aprofundado e reconstruído à medida que este modelo foi sendo implementado para alcançar os objetivos desta pesquisa. Assim, percebemos que as potencialidades pedagógicas foram traduzidas, no contexto deste trabalho, em necessidades e dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre BD; bem como em estratégias metodológicas de ensino, que apontaram caminhos teóricos e metodológicos para o ensino e aprendizagem da BD no nível superior do ensino de Biologia. Como estas potencialidades emergiram do distanciamento e/ou das aproximações entre as concepções científicas e as dos estudantes sobre BD, foi possível perceber que com elas a clarificação preliminar do conteúdo e a análise das perspectivas dos estudantes sobre BD se tornaram, efetivamente, uma ferramenta para o *design* da SD sobre biodiversidade. Este conhecimento sobre as potencialidades pedagógicas surgiu no contexto particular deste estudo, mas acreditamos que ele pode ser útil para outros contextos de pesquisa e para aprofundar o conhecimento sobre o processo de *design* descrito no MRE.

Sobre as potencialidades pedagógicas identificadas nesta pesquisa acerca do conceito de BD, algumas merecem destaque. A primeira delas revela a necessidade que os estudantes têm de entender o conceito de BD a partir de seus três níveis de organização. Outra trata da dificuldade dos estudantes de entender o nível genético do conceito de BD. Outra, ainda, recomenda como estratégia metodológica para o ensino de BD, que ele seja pautado em situações e contextos que suscitem diversas formas de pensar este conceito. Por fim, outra potencialidade pedagógica sugere, como necessidade de aprendizagem, que o conceito de BD seja compreendido de forma ampla, a partir de seus contextos de discussão e das dimensões por meio das quais ele pode ser interpretado. Como pode ser observado, as potencialidades pedagógicas foram capazes de subsidiar o *design* da SD sobre biodiversidade de forma clara e precisa. A nosso ver, elas auxiliaram na identificação de características teóricas e metodológicas do ensino e aprendizagem da BD, no contexto pretendido.

Diante do exposto, ao final da primeira fase deste estudo, denominada “Clarificação preliminar do conteúdo”, foi possível estar de posse de uma riqueza de



orientações – orientações educacionais, potencialidades pedagógicas, características teóricas e metodológica do conteúdo – que deixou claro como o conceito de BD deveria ser visto de uma perspectiva educacional. Esta riqueza de orientações abrangeu tantos aspectos do conceito de BD, que não foi possível reunir todas elas em uma única SD. Assim, apenas algumas orientações foram utilizadas para dar suporte à formulação dos princípios de *design* e dos objetivos de aprendizagem que guiaram o planejamento da SD aqui pretendida.

Assim, em suma, o desenvolvimento dos três componentes do MRE importou para o *design* da SD sobre biodiversidade aspectos que elucidaram sobre o conteúdo que deveria ser abordado, a forma como os estudantes percebiam este conteúdo, suas necessidades e dificuldades de aprendizagem frente a este conteúdo, a forma como os conteúdos poderiam ser abordados em sala de aula e alguns recursos que poderiam ser utilizados. Com isso, foram planejados sete encontros que focaram na compreensão sobre os três níveis de organização da biodiversidade e sobre aspectos de sua conservação. Estes encontros foram planejados para atender a algumas necessidades de aprendizagem dos estudantes identificadas, como entender que a diversidade de espécies vai além da diversidade de plantas e animais.

Após ser construída, a SD sobre biodiversidade passou por um processo de validação por pares. Este processo foi pensado para que o desafio de fazer o *design* da SD sobre biodiversidade por meio de um trabalho colaborativo entre professores da licenciatura em Ciências Biológicas e pesquisadores do ensino de Biologia fosse superado. Desse modo, um dos desafios que o MRE importou ao *design* da SD sobre biodiversidade foi, justamente, fazer este *design* por meio de um trabalho colaborativo. Além disso, outra contribuição do processo de validação foi submeter à avaliação os objetivos de aprendizagem, as ações didáticas que compuseram cada encontro e o próprio quadro intermediário da reconstrução educacional. Esta última validação se deu, principalmente, por meio da análise de critérios como o conhecimento científico, o estudante, o professor e a avaliação, que compuseram o terceiro bloco avaliativo do processo de validação.

Além do que foi posto, por meio do processo de validação foi possível perceber que embora o processo de *design* descrito no MRE tenha tornado clara a estrutura do conteúdo científico a ser ensinado, no nosso caso, isso se deu predominantemente numa perspectiva conceitual que procedimental e/ou atitudinal. Uma evidência disso foi que conseguimos construir, com certa facilidade, critérios para avaliação cognitiva/conceitual

dos estudantes, mas deixamos a desejar na construção de critérios que envolvessem aspectos procedimentais, atitudinais e afetivos. De fato, outras pesquisas já haviam sinalizado que o MRE importa para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem o desafio de considerar e avaliar os aspectos afetivos dos estudantes. Neste estudo, tentamos superar parte deste desafio mostrando como os aspectos afetivos estão presentes ao longo de todo o processo de *design*, por exemplo na identificação das potencialidades pedagógicas, mas ainda são necessárias mais investigações que esclareçam como estes aspectos podem ser avaliados nos ambientes de ensino e aprendizagem construídos à luz do MRE.

Ainda sobre o que foi destacado no parágrafo anterior, cabe evidenciar que os poucos aspectos procedimentais e atitudinais identificados ao longo deste estudo estavam relacionados à cultura científica. Se o conhecimento cotidiano for colocado em evidência (ou outra cultura diferente da científica), então serão necessárias investigações que elucidem como o MRE pode subsidiar, de modo mais efetivo, a identificação de aspectos procedimentais e atitudinais referentes a esta cultura. No nosso caso particular, são necessárias investigações que tornem claras e aprofundem as discussões sobre os aspectos procedimentais e atitudinais relativos ao conceito de BD tanto na cultura científica, como na popular.

No entanto, não queremos dizer com isso que o MRE não dá suporte à identificação destes aspectos, mas esses aspectos são mais difíceis de serem identificados que aqueles conceituais. Ainda sobre isso, é importante destacar que a Análise da Importância Educacional proposta no MRE sinaliza caminhos para a identificação de aspectos procedimentais e atitudinais do conteúdo científico, por exemplo quando sugere questionamentos sobre: Que implicações éticas e sociais estão associadas aos conceitos científicos? Que posições científicas e epistemológicas estão implícitas? Que fenômenos, leis, problemas, métodos, técnicas ou atitudes podem ser compreendidos pelos estudantes por meio deste conteúdo/tema? Desse modo, esta dificuldade encontrada por nós pode ser proveniente da nossa pouca experiência em utilizar o MRE para planejar ambientes de ensino e aprendizagem; ou, ainda, de um eco advindo da nossa formação inicial, que foi pautada em abordagens predominantemente conceituais dos conteúdos biológicos.

Assim, com base no que foi exposto até aqui foi possível chegar às seguintes conclusões: (1) como um modelo teórico, o MRE subsidia o processo de *design* por meio do quadro intermediário construtivista da reconstrução educacional; (2) como um modelo metodológico, o MRE subsidia o processo de *design* por meio dos seus três componentes

e das relações existentes entre eles; assim, (3) o MRE é um modelo teórico e metodológico para o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem da ciência, que favorece uma compreensão aprofundada do conteúdo a ser ensinado, tornando visíveis aspectos científicos e educacionais deste conteúdo, que agregam as concepções científicas sobre ele, as perspectivas dos estudantes a seu respeito e os objetivos de seu ensino e aprendizagem. Isto favorece a identificação de um conjunto requintado de orientações que conduzem, de modo efetivo, o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem de conceitos científicos que devem ser abordados em uma perspectiva integral e polissêmica.

Para finalizar, gostaríamos de resumir algumas contribuições para a pesquisa em ensino de Biologia e para o ensino de Biodiversidade no nível superior que são provenientes deste estudo. Foi possível perceber que este estudo contribuiu não apenas para a construção de ambientes de ensino e aprendizagem sobre biodiversidade, mas também para aprofundar o conhecimento sobre o MRE. Isto foi feito por meio da proposição do quadro construtivista da reconstrução educacional e também da elucidação do papel das potencialidades pedagógicas no âmbito do MRE. Esta última, levou ao esclarecimento de como os componentes do MRE podem interagir efetivamente entre si, subsidiando à identificação de um conjunto requintado de orientações que fundamentam o *design* de ambientes de ensino e aprendizagem da ciência. Além do mais, tentou-se mostrar como os aspectos afetivos dos estudantes são levados em consideração ao longo de todo o processo descrito de *design* descrito no MRE.

Outra contribuição que consideramos importante, refere-se aos encaminhamentos dados no processo de validação por pares. As categorias de análises que emergiram neste processo, embora tenham esta pesquisa como contexto particular, podem ser úteis para outros contextos de pesquisa. Com isso, tivemos o cuidado de descrever os pormenores deste processo de validação, pois que no início desta pesquisa foi um desafio para nós entender como estes processos poderiam ser concretizados.

Assim, concluimos o texto desta pesquisa, na certeza de que com ela muitas possibilidades de pesquisa se abrem, como as que se dedicarão à implementação da SD sobre biodiversidade que foi desenhada e validada neste estudo. Desejamos aos que nos sucederem que tenham força para resistir a um governo que desqualifica toda a energia empregada para o desenvolvimento da pesquisa científica e de uma educação crítica, libertária, pública e de qualidade no Brasil. É lamentável que mesmo antes de concluir este trabalho, já tenham acontecidos tragédias anunciadas no nosso país, que tomaram

proporções muito maiores do que aquela que foi abordada no caso utilizado na SD sobre biodiversidade proposta neste estudo. Em meio a tudo isso, enveredar pela educação e por discussões que suscitem reflexões sobre a conservação da biodiversidade, e da vida humana como parte dela, é, sem dúvidas, uma forma de resistir. Esta tese, foi a minha forma de resistir!

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. R.; EL-HANI, C. N. A atribuição de função à biodiversidade segundo a visão do ‘ papel causal ’: uma análise epistemológica do discurso ecológico das últimas duas décadas. **Filosofia e História da Biologia**, v. 1, p. 21–39, 2006.

ANDERSON, T.; SHATTUCK, J. *Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research?* **Educational Researcher**, v. 41, n. 1, p. 16–25, 1 jan. 2012.

BARDIN, Laurence.. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. 280 p.

BERMUDEZ, G. M. A. *et al.* **El reconocimiento de componentes y atributos del concepto de diversidad biológica en estudiantes de escuela media en Córdoba , Argentina**. X Jornadas Nacionales V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. **Anais...**Córdoba, Argentina: 2012

BITTENCOURT, L. P.; STRUCHINER, M. A articulação da temática da doação de sangue e o ensino de Biologia no Ensino Médio: uma pesquisa baseada em *design*. **Ciência & Educação (Bauru)**, p. 159–176, 2015.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K.. **Qualitative research methods for education**. Boston: Allyn and Bacon, Inc.,1982.

BRANDÃO, C. R. F.. A pesquisa em biodiversidade. In: MARANDINO, M.; MONACO, L. M.; OLIVEIRA, A. D. de. **Olhares sobre diferentes contextos da biodiversidade: pesquisa, divulgação e educação**. São Paulo: GEENF, FEUSP, INCTTOX, 2010, p. 08-12.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais (5ª a 8ª séries)**. Secretaria de educação fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>> Acesso em: 29 jul. 2011

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pgf>> Acesso em: 29 jul. 2011

BRASIL. 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**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de educação básica. Brasília: MEC/SEB, 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)> Acesso em: 29 jul. 2011

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Base nacional comum curricular**. Brasília: MEC/Semtec, 2017. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>> Acesso em: 29 nov. 2017

BROWN, A. L. *Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings*. *The Journal of the Learning Sciences*, Madison, v. 2, n. 2, p. 141-178, 1992.

CARDOSO-SILVA, C. B.; OLIVEIRA, A. C. DE. Como os livros didáticos de Biologia abordam as diferentes formas de estimar a biodiversidade? **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 169–180, 2013.

CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2012. 255 p.

CARVALHO, I. N.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como selecionar conteúdos de Biologia para o ensino médio? **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 1, n. 1, p. 67–100, 2011.

CARVALHO, I.N. **Uma proposta de critérios para selecionar conteúdos conceituais para o ensino médio de biologia**. dissertação (Mestrado - Programa de pós-graduação em ensino, filosofia e história das ciências) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física, 2016.. 2016.

CARVALHO, I.N.; EL-HANI, C. N.; NUNES-NETO, N. F. Conteúdos conceituais: reduzindo e reestruturando o currículo de Biologia para o ensino médio. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC: Abrapec, 2017.

CASTRO, R. G. DE; MOTOKANE, M. T.; KATO, D. S. As concepções de biodiversidade apresentadas por monitores de projeto envolvendo atividades de trabalho de campo. **Revista da SBEnBio**, n. 7, p. 6234–6244, 2014.

CAZAROTTI, A. C.; MOTOKANE, M. T. **Concepção de professores sobre Biodiversidade e Alfabetização Científica Literacy**. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...**Águas de Lindoia/SP: Abrapec, 2013

CHEVALLARD, Y.. Nouveaux objets, nouveaux problèmes en didactique des mathématiques. In: M. Artigue, R. Gras, C. Laborde, & P. Tavignot, Eds., **Vingt ans de didactique des mathématiques en France** (pp. 313–320). Grenoble: La Pensée Sauvage, 1994.

CLÉMENT, P.. **Didactic Transposition and KVP Model: Conceptions as Interactions Between Scientific knowledge, Values and Social Practices**. Braga: ESERA Summer School, 2006.

COLLECTIVE, T. D.-B. R. *Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry*. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 5–8, 2003.

COLLINS, A.; JOSEPH, D.; BIELACZYK, K. *Design Research: Theoretical and Methodological Issues*. **Journal of the Learning Sciences**, v. 13, n. August 2014, p. 15–42, 2009.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Dimensões do conteúdo em questões sociocientíficas no ensino de ecologia. In: **Atas do XVI Encontro Nacional de Educação em Ciências**. Lisboa: APEDUC, 2015, p. 432-435.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, Nei. **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. 2018.

CONRADO, D. M. *et al.* Ensino de Biologia a partir de questões sociocientíficas: uma experiência com ingressantes em curso de licenciatura. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, 2016.

COUTINHO, C.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Estimulando o “pensamento em árvore” em alunos de ensino médio: potencial de contribuição dos livros didáticos de Biologia. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 326–336, 2014.

DUIT, R. La investigación sobre enseñanza de las ciencias. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 11, p. 741–770, 2006a.

DUIT, R. **Science Education Research—An Indispensable prerequisite for improving instructional practice**. ESERA Summer School, Braga. **Anais...2006b** Disponível em: <<http://www.esera.org/media/summerschool/esera2006/DUITBR.pdf>>

DUIT, R. *et al.* The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. In: JORDE, D.; DILLON, J. (Eds.). **Science Education Research and Practice in Europe: Restorative and Prospective**. [s.l.] Sense Publishers, 2012. p. 13–38.

DUIT, R.; TREAGUST, D. F. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. **International Journal of Science Education INT. J. SCI. EDUC**, v. 25, n. 6, p. 671–688, 2003.

DUIT, R.; TREAGUST, D. F.; WIDODO, A.. **Teaching Science for Conceptual Change from:** International Handbook of Research on Conceptual Change Routledge, 2013. Disponível em: <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9780203154472.ch25> Acesso em: 05 set. 2017

EL-HANI, C.; BIZZO, N. V. **Formas de construtivismo: Teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...2002** Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewArticle/47>>

FELZMANN, D. Using Metaphorical Models for Describing Glaciers. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 16, p. 2795–2824, 2014.

FIORAVANTE, D. L. C. *et al.* Concepções sobre biodiversidade dos alunos do 6º ano do ensino fundamental. **Revista da SBEnBio**, n. 7, p. 1613–1620, 2014.

FISCHLER, H. *Didaktik Didaktik* —An Appropriate Framework for the Professional Work of Science Teachers SCIENCE TEACHERS ? In: **The Professional Knowledge Base of Science Teaching**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2011. p. 31–50.

GRANDI, L. A. *et al.* Concepções de monitores e alunos sobre o conceito de biodiversidade em uma atividade de trabalho de campo. **Cadernos CIMEAC**, v. 4, n. 1, p. 5–21, 2014.

GRANDI, L. A. **Indicadores de alfabetização científica: abordando a biodiversidade em uma sequência didática investigativa.** [s.l.] Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, 2016.

GRUSCHE, S. Students' ideas about prismatic images: teaching experiments for an image-based approach. **International Journal of Science Education**, v. 39, n. 8, p. 981–1007, 2017.

HODSON, D. **Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas.** In.: CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei. *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas.* 2018.

HORA, N. N. DA; FONSECA, M. DE J. DA C. F.; SODRÉ, M. DE N. DOS R. Biodiversidade e conservação: um olhar sobre a formação dos licenciados de Biologia. **Revista brasileira de educação ambiental**, v. 10, n. 1, p. 56–74, 2015.

HOWE, K. R.; BERV, J. Constructing Constructivism, Epistemological and Pedagogical. In: PHILLIPS, D. C. (Ed.). **Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues.** Chicago: National Society for the Study of Education, 2000. p. 19–40.

KATTMANN, U. *et al.* **Educational Reconstruction – Bringing Together Issues of Scientific Clarification and Students' Conceptions.** Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST). **Anais...**1996

KATTMANN, U. Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In: **Theorien in der biologiedidaktischen Forschung.** Berlin: Springer Netherlands, 2007. p. 93–104.

KELLY, Anthony E. Research as *design*, **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 3-4, 2003

KERSTING, M. *et al.* General relativity in upper secondary school: *design* and evaluation of an online learning environment using the model of educational reconstruction. **Physical Review Physics Education Research**, v. 14, n. accepted for publication, p. accepted for publication, 2018.

KLAFKI, W. Didactic analysis as the core of preparation of instruction (Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung). **Journal of Curriculum Studies**, v. 27, n. 1, p. 13–30, 1995.

KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. a Pesquisa Baseada Em *Design*: Visão Geral E Contribuições Para O Ensino De Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 01, 2017.

KRASILCHIK, M. P. **Prática de ensino de Biologia.** 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.



KOMOREK, M.; KATTMANN, U.. The model of educational reconstruction. In: MIKELSKIS-SEIFERT, Silke; RINGELBAND, Ute; BRÜCKMANN, Maja (Ed.). **Four decades of research in science education: from curriculum development to quality improvement**. Münster/newyork/münchen/berlin: Waxmann, 2008. p. 171-188.

LABUDDE, P.. The role of constructivism in science education: yesterday, today and tomorrow. In: MIKELSKIS-SEIFERT, Silke; RINGELBAND, Ute; BRÜCKMANN, Maja (Ed.). **Four decades of research in science education: from curriculum development to quality improvement**. Münster/newyork/münchen/berlin: Waxmann, 2008. p. 171-188.

LAMIM-GUEDES, V. Conservação da Biodiversidade: interação escola-Museu em Ouro Preto, Minas Gerais. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 37, n. 10, p. 1–6, 2011.

LAMIM-GUEDES, V.; SOARES, N. C. U. Conceito de biodiversidade: educação ambiental e percepção de saberes. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, p. 1–3, 2007.

LÉVÊQUE, C.. **A biodiversidade**. São Paulo: Edusc, 1999. 245 p.

LIMA, M. B.; SANTOS NETO, R.; STRUCHINER, M. Narrativa de *Design* sobre a Integração de Questões Sociocientíficas no Ensino de Genética: Desenvolvimento e Implementação do Modelo e-CRIA. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 609-640, 2018.

MACIEL, M. S.; SANTOS, V. J. B.; SILVA, L. DAS G. S. DA. Usos e apropriações de multimídias na educação para a biodiversidade em escolas de Belém / PA. **Eccom**, v. 7, n. 13, p. 147–160, 2016.

MARÍN, Y. A. O. **Relação escola - território no ensino do conceito biodiversidade. O que os alunos de um contexto rural colombiano sabem sobre a biodiversidade que os rodeia?** X Simpósio Linguagens e Identidade da/na Amaônia Sul-Occidental. **Anais...2010**

MARÍN, Y. A. O. O ensino da biodiversidade: tendências e desafios nas experiências pedagógicas. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 173–185, 2017.

MARTINS, C.; OLIVEIRA, H. T. DE. Biodiversidade no contexto escolar: concepções e práticas em uma perspectiva de educação ambiental crítica. **Rev. Bras. de Educação Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 127–145, 2015.

MASETTO, Marcos Tarciso. **Competência pedagógica do professor universitário**. Summus editorial, 2012.

MATTA, A. E. R.; SILVA, F. DE P. S. DA; BOAVENTURA, E. M. *Design-based* research ou pesquisa de aplicada de inovação em educação do século xxi. **Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade**, v. 23, n. 42, p. 23–36, 2014.

MAYR, E.. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Brasília: Editora Unb, 1998.

- MAYR, E.. **Isto é Biologia: a ciência do mundo vivo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- MCKENNEY, S. E.; REEVES, T. C. **Conducting Educational Design Research**. Abingdon, Oxon: Routledge, 2012.
- MCKENNEY, S.; REEVES, T. C. Systematic Review of *Design*-Based Research Progress: Is a Little Knowledge a Dangerous Thing? **Educational Researcher**, v. 42, n. 2, p. 97–100, 2013.
- MCKENNEY, S.; REEVES, T. C. Educational *design* research. In: SPECTOR, J. M. *et al.* (Eds.). . **Handbook of research on educational communications and technology**. 4. ed. [s.l.] Springer Netherlands, 2014. p. 1005.
- MCKENNEY, S.; VAN DEN AKKER, J. Computer-based support for curriculum *designers*: a case of developmental research. **Educational Technology Research & Development**, Berlin, v. 53, n. 2, p. 41-66, Mar./Dez. 2005.
- MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 515–535, 2004.
- MIANI, C. S. **Ensino de biodiversidade: análise do conceito em manuais didáticos e proposição de jogo digital educativo**. 2013. 101 f. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências de Bauru, 2013.
- MIANI, C. S. **Um estudo sobre a conservação da biodiversidade com futuros professores de Biologia**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2017.
- MOTOKANE, M. T. Sequências Didáticas Investigativas E Argumentação No Ensino De Ecologia. **Revista Ensaio**, p. 115–137, 2015.
- MOTOKANE, M. T.; KAWASAKI, C. S.; OLIVEIRA, L. B.. Por que a biodiversidade pode ser um tema para o ensino de ciências? In: MARANDINO, Martha. **Olhar sobre os diferentes contextos da biodiversidade: pesquisa, divulgação e educação**. São Paulo: Geenf/feusp/incttox, 2010. p. 30-60.
- NEVES, R. F. **Abordagem do conceito célula: uma investigação a partir das contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE)**. [s.l.] UFRPE, 2015.
- NEWMAN, D. Opportunities for research on the organizational impact of school computers. **Educational Researcher**, Washington, v. 19, n. 3, p. 8-13, Abr. 1990.
- NIEBERT, K.; GROPPENGIEBER, H. Understanding the Greenhouse Effect by Embodiment - Analysing and Using Students' and Scientists' Conceptual Resources. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 2, p. 277–303, 2014.
- NIEBERT, K.; GROPPENGIESSER, H. The Model of Educational Reconstruction : A framework for the *Design* of Theory-based Content Specific Interventions . The example

of Climate Change. In: **Educational design research – Part B: Illustrative cases**. Enschede, the Netherlands: SLO, 2013. p. 511–531.

OLIVEIRA, L. B. **As Concepções de Biodiversidade: do professor-formador ao professor de Biologia em serviço**. 2005. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da USP, São Paulo, 2005

OLIVEIRA, A. D. DE; MARANDINO, M. A biodiversidade no saber sábio: investigando concepções de biodiversidade na literatura e entre pesquisadores. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 1, n. 1, p. 51–66, 2011.

OLIVEIRA, C. DE; GUIMARÃES, C. R. P. O que sabem os alunos de escolas estaduais em Aracaju/Se a respeito dos conceitos de preservação e biodiversidade? **Scientia Plena**, v. 12, n. 10, p. 1–6, 2016.

OLIVEIRA, D. DE; GIROLDO, D.; MARANDINO, M. Perspectivas de Comunicação Pública da Ciência em Editais e Chamadas Públicas sobre Biodiversidade no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 1, p. 299–326, 2017.

ONÓRIO, H. A.; OLIVEIRA, L. B. DE; KAWASAKI, C. S. A sequência didática como instrumento de ensino e de pesquisa na investigação das concepções de biodiversidade em alunos do Ensino. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais... Águas de Lindoia/SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013.

PAIVA, A. S.; *et al.* Validação de uma sequência didática sobre mitose e câncer articulada com discussões éticas e sociopolíticas. VIII Encontro Regional de Ensino de Biologia RJ/ES. **Anais... Rio de Janeiro, RJ: UNIRIO/UFRJ/IBC**, 2017.

PEREIRA, A. P. Um Panorama da Pesquisa Internacional sobre Mudança Conceitual A Landscape of the International Research on Conceptual Change. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 1, p. 215–242, 2017.

PERRENOUD, P. **La transposition didactique à partir de pratiques**: des savoirs aux compétences. *Revue des sciences de l'éducation*, 24, 487–514, 1998.

PHILLIPS, C. D. Constructivism in Education: Opinions and Second Opinions on Controversial Issues. **Ninety-Ninth Yearbook of the National Society for the Study of Education**, p. 340, 2000.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PINTRICH, P. R., Marx, R. W., Boyle, R. A. **Beyond cold conceptual change**: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167–199, 1993.

PLOMP, T. Educational design research: an introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Eds.). **An introduction to educational design research**. Shanghai: Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University, 2007. p. 130.

- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W., & GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211–227, 1982.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Editora Planta, 2001.
- PUTNAM, H.. **Realism with a Human Face**. Cambridge-MA: Harvard University Press, 1990
- QUEIROZ, G. R. P. C.; BARBOSA-LIMA, M. DA C. A. Conhecimento Científico, seu Ensino e Aprendizagem: atualidade do construtivismo. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 273–291, 2007.
- RAMOS, P.; GIANNELLA, T. R.; STRUCHINER, M. A Pesquisa Baseada em *Design* em Artigos Científicos Sobre o Uso de Ambientes de Aprendizagem Mediados Pelas Tecnologias da Informação e da Comunicação no Ensino de Ciências. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 77–102, 2010.
- REEVES, T. C.; HERRINGTON, J.; OLIVER, R. *Design* research: a socially responsible approach to instructional technology research in higher education. **Journal of Computing in Higher Education**, Berlin, v. 16, n. 2, p. 97- 116, Set. 2004 /Mar. 2005.
- REINFRIED, S. *et al.* The model of educational reconstruction - a powerful strategy to teach for conceptual development in physical geography: the case of water springs. **International research in geographical and environmental education**, v. 24, n. 3, p. 237–257, 2015.
- REINFRIED, S.; MATHIS, C.; KATTMANN, U. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. v. 27, n. 3, p. 404–414, 2009.
- REIS, M. A.; SILVA, S. DO N. Análise de conteúdo sobre biodiversidade em livros didáticos de Biologia do ensino médio. **Revista da SBEnBio**, n. 7, p. 5861–5872, 2014.
- RICKFLES, R. E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 546 p.
- RIEMEIER, T.; GROPPENGIEBER, H. On the roots of difficulties in learning about cell division: Process-based analysis of students’ conceptual development in teaching experiments. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 7, p. 923–939, 2008.
- RÔÇAS, G.; SIQUEIRA-BATISTA, R. O Debate teórico em torno do conceito de espécie : um ‘ transdisciplinar ’ relato de experiência. **Ciência em Tela**, v. 1, n. 2, p. 1–9, 2008.
- RUTHVEN, K. *et al.* *Design* tools in didactical research: instrumenting the epistemological and cognitive aspects of the *design* of teaching sequences. **Educational Researcher**, v. 38, n. 5, p. 329–342, 2009.
- SAM, A. *et al.* the Model of Educational Reconstruction: Scientists’ and Students’ Conceptual Balances To Improve Teaching of Coordination Chemistry in Higher

Education. **International Journal of Academic research and reflection**, v. 3, n. 7, p. 1–11, 2015.

SANDER, E.; JELEMENSKÁ, P.; KATTMANN, U. Towards a better understanding of ecology, **Journal of Biological Education**, 40:3, 119-123, 2006, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2006.9656028> Acesso em: 21 nov. 2017

SANTOS, D. B. DOS *et al.* **Representações gráficas sobre a biodiversidade: perspectivas atuais e futuras de estudantes da educação básica**. II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciências. **Anais...**Campina Grande: 2017

SARMENTO, A. C. DE H. *et al.* Investigando princípios de *Design* de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 3, p. 573–598, 2013.

SARMENTO, A. C. D. H. **Como ensinar citologia e promover uma visão informada da ciência no nível médio de escolaridade** **Como ensinar citologia e promover uma visão informada da ciência no nível médio de escolaridade**. [s.l.] Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, 2016.

SHATTUCK, J.; ANDERSON, T. Using a *Design*-Based Research Study to Identify Principles for Training Instructors to Teach Online. **International Review of Research in Open and Distance Learning**, v. 14, n. 5, p. 186–210, 2013.

SILVA, Michelle Garcia da *et al.* **A pesquisa em ensino de Biologia no programa de pós-graduação em ensino de ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco: características e contribuições no período de 2003 a 2009**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVA, D. K. *et al.* O contexto cultural como tema controverso sociocientífico para a construção da dimensão ecossistêmica do conceito de biodiversidade. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...** Águas de Lindóia, SP, 2015

SILVA, L. C.; SILVA, R. L. F. Articulação entre biodiversidade e a cultura científica – um estudo com alunos do ensino médio. **Revista da SBEnBio**, n. 7, p. 4758–4768, 2014.

STAVROU, D. **Educational reconstruction of nonlinear systems : transforming the science content into a content for instruction**. ESERA. **Anais...**2015

TEIXEIRA, P. M. M.; MEGID NETO, J. A Produção Acadêmica em Ensino de Biologia no Brasil – 40 anos ( 1972 – 2011 ): Base Institucional e Tendências Temáticas e Metodológicas Research Trends in Biology Teaching from 1972 to 2011 : Analysis of Dissertations and Thesis. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 521–549, 2017.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 16. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 136 p.

TOMIO, D. *et al.* As imagens no ensino de ciências: o que dizem os estudantes sobre elas? **Caderno Pedagógico, Lajeado**, v. 10, n. 1, p. 25–40, 2013.

VAN DEN AKKER, J. **Design Approaches and Tools in Education and Training**.

Dordrecht: Springer Netherlands, 1999.

VAN DEN AKKER, J. *et al.* **An Introduction to Educational Design Research**. Enschede, the Netherlands: SLO, 2009.

VAN DIJK, E. M.; KATTMANN, U. A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. **Teaching and Teacher Education**, v. 23, n. 6, p. 885–897, 2007.

VIIRI, J.; SAVINAINEN, A. Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational reconstruction. **Lat. Am. J. Phys. Educ.**, v. 2, n. 2, p. 80–86, 2008.

VILCHES, A. M. *et al.* Conocimiento y valoración de la biodiversidad en estudiantes del último año de profesorado de biología y geografía de Argentina Knowledge and Assessment of Biodiversity of Future Biology and Geography Teachers in Argentina Resumen Introducción. **Revista de educación en biología**, v. 18, n. 2, p. 46–58, 2015.

WERNECK, V. R. Sobre o processo de construção do conhecimento: O papel do ensino e da pesquisa. **Ensaio Aval Pol Públ Educ**, v. 14, n. 51, p. 173–96, 2006.

WICKMAN, P. O. Teaching learning progressions. **Handbook of reaserach in science education**, v. 2, p. 145-163, 2014.

WILSON, E.O. **Diversidade da vida**. São Paulo: Companhia das Letras. 1992.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

## APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Referências bibliográficas dos documentos utilizados como corpus de pesquisa para desenvolver a etapa de análise qualitativa das concepções científicas sobre o conceito de biodiversidade

TIPO	Nº	REFERÊNCIA
Artigo	D1	FONSECA, M. DE J. DA C. F.. A biodiversidade e o desenvolvimento sustentável nas escolas do ensino médio de Belém (PA), Brasil. <b>Educação e Pesquisa, São Paulo, v.33, n.1</b> , p. 63–79, 2007.
Artigo	D2	CARDOSO-SILVA, C. B.; OLIVEIRA, A. C.. Como os livros didáticos de Biologia abordam as diferentes formas de estimar a biodiversidade? <b>Ciência &amp; Educação, v. 19, n. 1</b> , p. 169–180, 2013
Artigo	D3	LAMIM-GUEDES, V.. Conservação da Biodiversidade: interação escola-Museu em Ouro Preto, Minas Gerais. <b>Revista Educação Ambiental em Ação, v. 37, n. 10</b> , p. 1–6, 2011.
Artigo	D4	GRANDI, L. A. <i>et al.</i> . Concepções de monitores e alunos sobre o conceito de biodiversidade em uma atividade de trabalho de campo. <b>Cadernos CIMEAC, v. 4, n. 1</b> , p. 5–21, 2014.
Artigo	D5	FIORAVANTE, D. L. C. <i>et al.</i> . Concepções sobre biodiversidade dos alunos do 6º ano do ensino fundamental. <b>Revista da SBEnBio, n. 7</b> , p. 1613–1620, 2014.
Artigo	D6	REIS, M. A.; SILVA, S. DO N.. Análise de conteúdo sobre biodiversidade em livros didáticos de Biologia do ensino médio. <b>Revista da SBEnBio, n. 7</b> , p. 5861–5872, 2014
Artigo	D7	ONÓRIO, H. A.; OLIVEIRA, L. B. DE; KAWASAKI, C. S.. <b>A sequência didática como instrumento de ensino e de pesquisa na investigação das concepções de biodiversidade em alunos do Ensino</b> . IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. <b>Anais...Águas de Lindoia/SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013.</b>
Artigo	D8	CAZAROTTI, A. C.; MOTOKANE, M. T.. <b>Concepção de professores sobre Biodiversidade e Alfabetização Científica Literacy</b> . IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. <b>Anais...Águas de Lindoia/SP: Abrapec, 2013.</b>
Artigo	D9	COUTINHO, C.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L.. Estimulando o “pensamento em árvore” em alunos de ensino médio: potencial de contribuição dos livros didáticos de Biologia. <b>Ciência e Natura, v. 36, n. 3</b> , p. 326–336, 2014.
Artigo	D10	LAMIM-GUEDES, V.. Conservação da Biodiversidade: interação escola-Museu em Ouro Preto, Minas Gerais. <b>Revista Educação Ambiental em Ação, v. 37, n. 10</b> , p. 1–6, 2011.
Artigo	D11	SILVA, L. C.; SILVA, R. L. F.. Articulação entre biodiversidade e a cultura científica – um estudo com alunos do ensino médio. <b>Revista da SBEnBio, n. 7</b> , p. 4758–4768, 2014.
Artigo	D12	HORA, N. N.; FONSECA, M. DE J. C. F.; SODRÉ, M. N. DOS R.. Biodiversidade e conservação: um olhar sobre a formação dos licenciados de Biologia. <b>Revista brasileira de educação ambiental, v. 10, n. 1</b> , p. 56–74, 2015.
Artigo	D13	SANTOS, D. B. DOS <i>et al.</i> . <b>Representações gráficas sobre a biodiversidade: perspectivas atuais e futuras de estudantes da educação básica</b> . II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciências. <b>Anais...Campina Grande: 2017</b>
Artigo	D14	OLIVEIRA, C. DE; GUIMARÃES, C. R. P.. O que sabem os alunos de escolas estaduais em Aracaju/Se a respeito dos conceitos de preservação e biodiversidade? <b>Scientia Plena, v. 12, n. 10</b> , p. 1–6, 2016.
Artigo	D15	MACIEL, M. S.; SANTOS, V. J. B.; SILVA, L. DAS G. S.. Usos e apropriações de multimídias na educação para a biodiversidade em escolas de Belém / PA. <b>Eccom, v. 7, n. 13</b> , p. 147–160, 2016.

Artigo	D16	OLIVEIRA, A. D. DE; MARANDINO, M.. A biodiversidade no saber sábio : investigando concepções de biodiversidade na literatura e entre pesquisadores. <b>Revista de Educação, Ciências e Matemática</b> , v. 1, n. 1, p. 51–66, 2011.
Artigo	D17	MARTINS, C.; OLIVEIRA, H. T.. Biodiversidade No Contexto Escolar : Concepções E Práticas Em Uma Perspectiva De Educação Ambiental Crítica. <b>Revista Brasileira de Educação Ambiental</b> , v. 10, n. 1, p. 127–145, 2015.
Artigo	D18	CASTRO, R. G. DE; MOTOKANE, M. T.; KATO, D. S.. As concepções de biodiversidade apresentadas por monitores de projeto envolvendo atividades de trabalho de campo. <b>Revist da SBEnBio</b> , n. 7, p. 6234–6244, 2014.
Artigo	D19	BERMUDEZ, G. M. A. <i>et al.</i> . <b>El reconocimiento de componentes y atributos del concepto de diversidad biológica en estudiantes de escuela media en Córdoba , Argentina</b> . X Jornadas Nacionales V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. <b>Anais...Córdoba, Argentina: 2012</b>
Artigo	D20	FONSECA, G.. El Conocimiento Didáctico del Contenido del concepto de biodiversidad en profesores en formación de biología. Un estudio de caso desde el diseño de una unidad didáctica. p. 401–412, 2017
Artigo	D21	SAMPAIO, M. R.. A educação ambiental e a mudança de percepção sobre a biodiversidade do semiárido nordestino. <b>Anais: II congresso nacional de pesquisa e ensino de ciências</b> . V. 1, 2017.
Artigo	D22	MARÍN, Y. A. O.. Relação escola-território no ensino do conceito biodiversidade. O que os alunos de um contexto rural colombiano sabem sobre a biodiversidade que os rodeia?. <b>Anais do Simpósio Linguagens e Identidades da/na Amazônia Sul-Occidental</b> , n. 1, 2017.
Artigo	D23	LOUZADA-SILVA, D.; CARNEIRO, M. H. S.. Fotografia e diversidade biológica em livros didáticos de Biologia. <b>Enseñanza de las Ciencias</b> , n. Extra, p. 02018-2023, 2013.
Artigo	D24	VILCHES, A. M. <i>et al.</i> . Conocimiento y valoración sobre biodiversidad en futuros profesores de biología y geografía. <b>Revista de Educación en Biología</b> , v. 18, n. 2, p. (pp. 46-58), 2015.
Documento Oficial	D25	BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. <b>Convenção sobre diversidade biológica: Conferência para adoção do texto acordado da CDB – Ato Final de Nairobi</b> . Brasília: MMA/SBF, 1992.
Livro	D26	LÉVÊQUE, Christian.. <b>A biodiversidade</b> . São Paulo: Edusc, 1999. 245 p.
Livro	D27	PRIMACK, R. B.; RODRIGUES. E.. <b>Biologia da Conservação</b> . Londrina: Editora Planta, 2001.
Livro	D28	RICKLEFS, Robert E.. <b>A economia da natureza</b> . 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 546 p.
Livro	D29	WILSON, E.O.. <b>Diversidade da vida</b> . São Paulo: Companhia das Letras. 1992.
Livro	D30	WILSON, E. O.. Introduction. <i>In</i> : REAKA-KUDLA, M. L.; WILSON, D. E. & WILSON, E. O.. (org.). <b>Biodiversity II: understanding and protecting our biological resources</b> . Washington, D. C.: Joseph Henri Press. Chapter 01: p.1-3, 1997



## APÊNDICE 2 – INSTRUMENTO AVALIATIVO UTILIZADO NA VALIDAÇÃO POR PARES

### INTRUMENTO AVALIATIVO

Este instrumento é dividido em três blocos avaliativos: 1) relação entre os princípios de *design* e os objetivos de ensino-aprendizagem; 2) adequação dos encontros, das ações didáticas e dos objetivos de ensino-aprendizagem; 3) aspectos gerais da sequência didática. Cada bloco avaliativo apresentará instruções que orientam a avaliação que deve ser nele realizada, esta que só será possível com o auxílio do documento 2 (enviado em anexo), no qual está descrito, de forma detalhada, todos os elementos que deverão ser avaliados neste processo de validação: os princípios de *design* (PD), os objetivos de ensino-aprendizagem (OEA), o caso proposto (C), as questões norteadoras (QN), a descrição dos encontros (E), com suas respectivas ações didáticas (AD) e a avaliação de ensino-aprendizagem (AEA). Em suma, é com a leitura do documento 2 que a avaliação da SD poderá ser realizada. Após os blocos avaliativos, existe um espaço para o perfil do avaliador(a).

Feitas estas considerações, desejamos a todos/todas uma excelente experiência avaliativa, reiteramos a nossa gratidão pelo apoio prestado e nos colocamos à disposição para quaisquer dúvidas!

### BLOCOS AVALIATIVOS

#### \* PRIMEIRO BLOCO AVALIATIVO \*

Relação entre os princípios de *design* e os objetivos de ensino-aprendizagem

**Instruções para avaliação:** Neste bloco deve ser avaliado se os objetivos de ensino-aprendizagem – conceituais, procedimentais e atitudinais (item 2 do documento 2) – são coerentes com os princípios de *design* (item 1 do mesmo documento 2) formulados para orientar a construção da SD. Em outras palavras, deve ser analisado se os objetivos de ensino-aprendizagem auxiliam na validação dos princípios de *design* da SD. Para isso, o/a avaliador(a) deve escolher na coluna A, do quadro abaixo, a alternativa que melhor representa a sua análise sobre a coerência entre os objetivos de ensino-aprendizagem e os princípios de *design* e na coluna B deve justificar sua escolha, bem como sugerir a retirada, a modificação, a reconstrução e/ou o acréscimo de objetivos de ensino-aprendizagem se considerar necessário. Caso precise fazer mais observações sobre os objetivos de ensino-aprendizagem, o/a avaliador(a) pode utilizar o espaço reservado na última coluna do quadro abaixo.

OBJETIVOS DE ENSINO- APRENDIZAGEM	A	B
	ADEQUAÇÃO DOS OBJETIVOS COM OS PRINCÍPIOS DE <i>DESIGN</i>	JUSTIFICATIVAS E/OU SUGESTÕES
Objetivos conceituais	a) Totalmente adequados b) Parcialmente adequados c) Inadequados	
Objetivos procedimentais	a) Totalmente adequados b) Parcialmente adequados c) Inadequados	
Objetivos atitudinais	a) Totalmente adequados b) Parcialmente adequados c) Inadequados	
Espaço para quaisquer comentários sobre os objetivos de ensino-aprendizagem da SD, sem limite de espaço.		

\* SEGUNDO BLOCO AVALIATIVO \*

Adequação dos encontros, das ações didáticas e dos objetivos de ensino-aprendizagem

**Instruções para avaliação:** Neste bloco deve ser avaliado se os encontros representam estratégias de ensino-aprendizagem adequadas para viabilizar o cumprimento dos objetivos de ensino-aprendizagem correspondentes a eles (aos encontros). Desse modo, o quadro abaixo apresenta os objetivos de ensino-aprendizagem que guiaram o planejamento de determinados encontros, a síntese das ações didáticas correspondentes a cada encontro e o espaço para a avaliação. Esta que deve julgar a adequação das ações didáticas aos objetivos dos encontros, a partir dos seguintes indicadores: a) totalmente adequadas, b) parcialmente adequadas ou c) inadequadas. Posteriormente, o/a avaliador(a) deve justificar a sua escolha e, sendo necessário, fazer sugestões. As sugestões podem considerar a ordem das ações didáticas de cada encontro, suas pertinências e quaisquer aspectos referentes a cada encontro, conforme necessidade do(a) avaliador(a). Com isso, pode ser sugerido novas organizações das ações didáticas ao longo dos encontros, aprimoramentos e/ou exclusões das ações didáticas, inclusões de novas ações didáticas, adequação da quantidade de ações didáticas em detrimento do tempo disponibilizado para cada encontro, dentre outros. A descrição detalhada de cada encontro está no documento 2.

**Objetivos de ensino-aprendizagem**

Conceituais:

- Reconhecer e compreender cada nível de organização da biodiversidade: diversidade genética, diversidade de espécies (mostrando que este nível de biodiversidade não se restringe à diversidade de plantas e animais) e diversidade de ecossistemas.
- Entender e aprimorar o conhecimento sobre: espécie endêmica, organismo, espécie, funcionamento dos ecossistemas, biomas, *habitats*, preservação e conservação da biodiversidade.
- Entender que a espécie humana é componente importante dos sistemas ecológicos, sendo altamente dependente da biodiversidade por diversas razões.

Procedimentais:

- Levantar material bibliográfico sobre o conceito de biodiversidade, analisando que componentes da biodiversidade são destacados em cada material; e construindo uma síntese das definições encontradas que melhor caracterize a biodiversidade.
- Explicar como alguns marcos científicos históricos contribuíram para a construção do conceito de biodiversidade, considerando as várias dimensões e contextos e no qual este conceito pode ser interpretado e discutido.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisar sobre o caso de Mariana, identificando: os componentes da biodiversidade afetados pelo desastre, direta ou indiretamente; as relações estabelecidas entre estes componentes; as relações estabelecidas entre a biodiversidade e os impactos causados pelo desastre; e as estratégias de conservação utilizadas como forma de reparo aos impactos causados pelo desastre.</li> </ul> <p>Atitudinais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Refletir criticamente sobre as principais consequências do desastre de Mariana, levando em consideração aspectos ambientais, socioeconômicos, culturais, éticos e estéticos relativos à biodiversidade.</li> </ul>	
<p><b>Encontro 1: 2horas/aula</b></p> <p>Ações Didáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AD1. Apresentação da metodologia de ensino necessária para o uso de questões sociocientíficas.</li> <li>• AD2. Leitura do caso (QSC) “Uma QSC sobre biodiversidade: o caso de Mariana”.</li> <li>• AD3. Identificação dos conhecimentos prévios sobre “biodiversidade”, “níveis de organização da biodiversidade”, “espécies endêmicas”, “conservação da biodiversidade”, “valores atribuídos à biodiversidade”, “impacto ambiental” a partir da descrição do caso.</li> <li>• AD4. Apresentação e discussão das seguintes questões norteadoras: Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 e Q6.</li> <li>• AD5. Solicitação de atividade de pesquisa sobre “o caso de Mariana” e sobre “o conceito de biodiversidade”.</li> <li>• AD6. Solicitação de atividade de resolução das questões norteadoras com os conhecimentos que os estudantes possuem (atividade extraclasse).</li> </ul>	
Adequação das ADs com os objetivos de ensino-aprendizagem	Justificativas e/ou sugestões
a) Totalmente adequadas b) Parcialmente adequadas c) Inadequadas	Espaço para justificativas e/ou sugestões. Aqui podem ser considerados aspectos como a quantidade de ações de didáticas em relação ao tempo destinado ao encontro, a sequência das ações didáticas, a pertinência delas para o encontro em avaliação e/ou qualquer outro aspecto que o/a avaliador(a) considere importante. Sem limite de espaço.
<p><b>Encontro 2: 2horas/aula</b></p> <p>Ações Didáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AD1. Socialização e discussão das atividades solicitadas no encontro anterior sobre o caso de Mariana.</li> <li>• AD2. Socialização e discussão das atividades solicitadas no encontro anterior sobre o conceito de biodiversidade.</li> <li>• AD3. Identificação dos seres vivos afetados pelo desastre de Mariana.</li> <li>• AD4. Continuação das reflexões sobre a relação entre a biodiversidade e os impactos do desastre de Mariana, focando na identificação dos impactos sofridos pela população.</li> <li>• AD5. Sistematização das reflexões promovidas na AD anterior, releitura do caso e retomada das discussões sobre as questões norteadoras já apresentadas (Q1-Q6).</li> </ul>	
Adequação das AD com os objetivos de ensino-aprendizagem	Justificativas e/ou sugestões
a) Totalmente adequadas b) Parcialmente adequadas c) Inadequadas	Espaço para justificativas e/ou sugestões. Aqui podem ser considerados aspectos como a quantidade de ações de didáticas em relação ao tempo destinado ao encontro, a sequência das ações didáticas, a pertinência delas para o encontro em avaliação e/ou qualquer outro aspecto que o/a avaliador(a) considere importante. Sem limite de espaço.
<p><b>Encontro 3: 2horas/aula</b></p> <p>Ações Didáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AD1. Revisão dos pontos principais do encontro anterior com a participação dos estudantes, focando no conceito de biodiversidade e nos seus níveis de organização.</li> <li>• AD2. Continuação da discussão sobre os impactos do desastre de Mariana à biodiversidade.</li> <li>• AD3. Socialização da atividade proposta na AD anterior.</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• AD4. Releitura do caso e das questões norteadoras já apresentadas (Q1-Q6) e apresentação das questões Q7 e Q8.</li> <li>• AD5. Solicitação de atividade de resolução das questões norteadoras (Q1-Q8, atividade extraclasse).</li> </ul>	
Adequação das ADs com os objetivos de ensino-aprendizagem	Justificativas e/ou sugestões
a) Totalmente adequadas b) Parcialmente adequadas c) Inadequadas	Espaço para justificativas e/ou sugestões. Aqui podem ser considerados aspectos como a quantidade de ações de didáticas em relação ao tempo destinado ao encontro, a sequência das ações didáticas, a pertinência delas para o encontro em avaliação e/ou qualquer outro aspecto que o/a avaliador(a) considere importante. Sem limite de espaço.
<b>Objetivos de ensino-aprendizagem</b> Conceituais: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender e aprimorar o conhecimento sobre: espécie endêmica, organismo, espécie, funcionamento dos ecossistemas, biomas, <i>habitats</i>, preservação e conservação da biodiversidade e biodiversidade.</li> <li>• Entender que a espécie humana é componente importante dos sistemas ecológicos, sendo altamente dependente da biodiversidade por diversas razões.</li> <li>• Conhecer e compreender as discussões que envolvem cada uma das dimensões por meio das quais a conservação da biodiversidade pode ser justificada, identificando os valores que estão associados a cada dimensão.</li> </ul> Procedimentais: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionar as formas de relação entre o homem e a natureza (antropocentrismo, biocentrismo e ecocentrismo) (ALMEIDA, 2007) com os valores atribuídos à biodiversidade, as justificativas para necessidade de sua conservação e as dimensões socioculturais do conceito.</li> <li>• Elaborar justificativas para a conservação da biodiversidade, a partir das várias dimensões associadas a este conceito no contexto sociocultural.</li> </ul> Atitudinais: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir e refletir criticamente sobre: os valores atribuídos a biodiversidade, a importância e serventia da biodiversidade e os responsáveis pela conservação da biodiversidade, tomando como referência o caso em Mariana.</li> <li>• Discutir e posicionar-se em relação aos valores atribuídos à biodiversidade: valores diretos, indiretos e intrínseco, justificando a importância e necessidade de sua conservação.</li> <li>• Realizar iniciativas de educação por meio da construção de panfletos informativos, abordando aspectos científicos e socioculturais da biodiversidade, visando envolver outros cidadãos em ações sociopolíticas relacionadas ao tema.</li> </ul>	
<b>Encontro 4: 2horas/aula</b> Ações Didáticas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• AD1. Socialização das dificuldades apontadas pelos estudantes para responderem/aprimorarem as questões já apresentadas.</li> <li>• AD2. Exibição de pequenos vídeos, que apresentam de forma resumida as características de cada bioma afetado pelo desastre em Mariana.</li> <li>• AD3. Identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre “preservação e conservação da biodiversidade”, “uso e valorização da biodiversidade”.</li> <li>• AD4. Explicação dialogada sobre a biologia da conservação, mostrando o surgimento desta área e suas principais preocupações.</li> <li>• AD5. Solicitação de atividade de pesquisa sobre estratégias de conservação de espécies e de <i>habitats</i> existentes em sua região.</li> </ul>	
Adequação das ADs com os objetivos de ensino-aprendizagem	Justificativas e/ou sugestões
a) Totalmente adequadas b) Parcialmente adequadas c) Inadequadas	Espaço para justificativas e/ou sugestões. Aqui podem ser considerados aspectos como a quantidade de ações de didáticas em relação ao tempo destinado ao encontro, a sequência das ações didáticas, a pertinência delas para o encontro em avaliação e/ou qualquer outro aspecto que o/a avaliador(a) considere importante. Sem limite de espaço.
<b>Encontro 5: 2horas/aula</b>	

<p>Ações Didáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AD1. Socialização da pesquisa solicitada no encontro anterior.</li> <li>• AD2. Continuação das discussões sobre a conservação da biodiversidade.</li> <li>• AD3. Leitura sobre os valores atribuídos à biodiversidade, a partir do texto de Primack e Rodrigues (2001).</li> <li>• AD4. Socialização das atividades realizadas pelos grupos.</li> <li>• AD5. Apresentação do quadro retirado de Richetti (2016) sobre aspectos do acidente da barragem de Mariana.</li> <li>• AD6. Solicitação para que os estudantes revejam as questões já respondidas no CRI e aprimorem suas respostas com base em todos os encontros até então realizados.</li> </ul>	
Adequação das ADs com os objetivos de ensino-aprendizagem	Justificativas e/ou sugestões
<p>a) Totalmente adequadas b) Parcialmente adequadas c) Inadequadas</p>	<p>Espaço para justificativas e/ou sugestões. Aqui podem ser considerados aspectos como a quantidade de ações de didáticas em relação ao tempo destinado ao encontro, a sequência das ações didáticas, a pertinência delas para o encontro em avaliação e/ou qualquer outro aspecto que o/a avaliador(a) considere importante. Sem limite de espaço.</p>
<p><b>Encontro 6: 2horas/aula</b></p> <p>Ações Didáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AD1. Socialização das atividades sugeridas no final do encontro anterior</li> <li>• AD2. Discussão e resolução da questão norteadora Q14.</li> <li>• AD3. Leitura de notícias que mostrem soluções alternativas para situações semelhantes àquelas vivenciadas pelos pescadores afetados pelo desastre de Mariana.</li> <li>• AD4. Sistematização e socialização da análise proposta nas AD2 e AD3.</li> <li>• AD5. Solicitação para que os estudantes construam um panfleto informativo, direcionado para os pescadores, que mostre a necessidade e a importância da conservação da biodiversidade, bem como da interrupção da pescaria na região do Rio Doce.</li> <li>• AD6. Solicitação para que os estudantes concluam a resolução das questões norteadoras.</li> </ul>	
Adequação das ADs com os objetivos de ensino-aprendizagem	Justificativas e/ou sugestões
<p>a) Totalmente adequadas b) Parcialmente adequadas c) Inadequadas</p>	<p>Espaço para justificativas e/ou sugestões. Aqui podem ser considerados aspectos como a quantidade de ações de didáticas em relação ao tempo destinado ao encontro, a sequência das ações didáticas, a pertinência delas para o encontro em avaliação e/ou qualquer outro aspecto que o/a avaliador(a) considere importante. Sem limite de espaço.</p>
<p><b>Encontro 7: 2horas/aula</b></p> <p>Ações Didáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AD1. Socialização, discussão e síntese das soluções encontradas para questões norteadoras do caso estudado.</li> <li>• AD2. Exposição e apresentação dos panfletos elaborados pelos grupos e entrega dos CRI.</li> <li>• AD3. Avaliação da SD pelos estudantes, autoavaliação e avaliação mútua.</li> </ul>	
Adequação das ADs com os objetivos de ensino-aprendizagem	Justificativas e/ou sugestões
<p>a) Totalmente adequadas b) Parcialmente adequadas c) Inadequadas</p>	<p>Espaço para justificativas e/ou sugestões. Aqui podem ser considerados aspectos como a quantidade de ações de didáticas em relação ao tempo destinado ao encontro, a sequência das ações didáticas, a pertinência delas para o encontro em avaliação e/ou qualquer outro aspecto que o/a avaliador(a) considere importante. Sem limite de espaço.</p>

\* TERCEIRO BLOCO AVALIATIVO \*

Aspectos gerais da sequência didática

**Instruções para avaliação:** Neste bloco devem ser avaliados questões relativas ao conteúdo científico, aos estudantes, aos professores e à avaliação sugerida na SD. Outros aspectos podem ser avaliados como o tempo destinado à implementação da SD; a lógica do desenvolvimento dos encontros; o caso e as questões norteadoras; e/ou qualquer outro aspecto que o/a avaliador(a) considerar importante. A avaliação segue o padrão dos blocos anteriores, de maneira que é orientada pelos itens apresentados na segunda coluna do quadro abaixo, que trazem afirmações que devem ser analisadas com os seguintes indicadores: a) concordo totalmente, b) concordo parcialmente, c) discordo. O/A avaliador(a) deve escolher a alternativa que corresponde a sua avaliação sobre o item em análise, em seguida deverá justificar sua escolha e por fim, se considerar necessário, fazer sugestões e/ou apontamentos sobre os itens avaliados. No final do quadro abaixo existe um espaço reservado para que sejam feitas observações/considerações sobre quaisquer aspectos da sequência didática, conforme necessidade do(da) avaliador(a).

CRITÉRIOS	ITENS PARA AVALIAÇÃO	AVALIAÇÃO	JUSTIFICATIVAS E/OU SUGESTÕES
CONTEÚDO CIENTÍFICO	A compreensão sobre o conceito de biodiversidade defendida neste estudo pode ser considerada adequada para abordá-lo em uma perspectiva integral e polissêmica.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
	A SD proposta tem potencial para promover experiências de ensino-aprendizagem nas quais o conceito de biodiversidade seja discutido, e ampliado, no contexto científico.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
	A SD proposta tem potencial para promover experiências de ensino-aprendizagem nas quais as relações existentes entre o contexto científico e o sociocultural da biodiversidade sejam estabelecidas e/ou consolidadas.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
	A SD proposta tem potencial para possibilitar que as várias dimensões e contextos do conceito de biodiversidade tenham espaço em sala de aula.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
	A SD proposta tem potencial para promover experiências de ensino-aprendizagem nas quais o conceito de biodiversidade seja tratado de maneira contextualizada.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
ESTUDANTES	A SD proposta tem potencial para promover experiências de ensino-aprendizagem nas quais os estudantes possam participar de forma ativa das atividades propostas.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
	A SD proposta tem potencial para garantir que os conhecimentos dos estudantes sejam considerados importantes no processo de ensino-aprendizagem.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	

	A SD proposta tem potencial para despertar o interesse e a motivação dos estudantes frente aos conteúdos abordados.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
	A SD proposta tem potencial para desenvolver nos estudantes postura crítica frente as questões que envolvem a conservação da biodiversidade.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
PROFESSOR	A SD proposta tem potencial de promover um ambiente de ensino-aprendizagem no qual o professor assume um papel de mediador, de orientador do processo de ensino-aprendizagem.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
AValiação	A avaliação de ensino-aprendizagem sugerida pode ser considerada adequada para analisar se os objetivos de ensino-aprendizagem foram alcançados com o desenvolvimento da SD proposta.	a) Concordo totalmente b) Concordo parcialmente c) Discordo	
OUTROS ASPECTOS	Neste espaço o/a avaliador(a) poderá fazer comentários sobre quaisquer aspectos da SD, como a adequação do caso e das questões norteadoras; a adequação da quantidade de encontros e de sua lógica de desenvolvimento, ou seja, a adequação da sequência de encontros; a adequação do tempo destinado a implementação da SD e/ou qualquer outro aspecto que o/a avaliador(a) considerar importante. Além disso, aspectos sobre o próprio instrumento avaliativo podem ser considerados neste espaço. Sem limite de espaço.		

### PERFIL DO AVALIADOR(A)

Caso as duas alternativas abaixo caracterizem de forma mais eficiente o/a avaliador(a), ambas podem ser preenchidas.

( ) Professor da licenciatura em Biologia/Ciências Biológicas

Disciplina(s) que leciona/lecionou:

Universidade que atua/atuou:

Tempo de experiência docente:

( ) Pesquisador da área de Ensino de Biologia

Linha(s) de pesquisa que atua:

Universidade que atua:

Tempo de experiência com a pesquisa em ensino:

Muito obrigada por seu empenho em nos ajudar com esta avaliação!



## ANEXOS

ANEXO 1 – Quadro de Richetti (2016) utilizado na sequência didática sobre biodiversidade proposta. Referência: RICHETTI, G. P. O Rompimento da Barragem da Mineradora Samarco: Um Tema Sociocientífico na Formação Inicial de Professores de Química. **Jornada Latino-Americanas de Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia–ESOCITE**, v. 11, 2016.

Aspectos de CTS	Esclarecimentos
Efeitos da Ciência sobre a Tecnologia	Necessidade de desenvolver estudos científicos para minimizar os impactos causados pela “lama”, por exemplo, remoção e destinação do solo contaminado. Necessidade de desenvolver tecnologia apropriada para o tratamento da água, diferente do tratamento convencional.
Efeitos da Ciência sobre a Sociedade	A Ciência pode propor formas de remediação do solo para restabelecer a agricultura na localidade e priorizar o tratamento de água para moradores da região, afetados pela contaminação da água com rejeitos da mineração.
Efeitos da Sociedade sobre a Ciência	O Grupo Independente da Avaliação de Impacto Ambiental (GIAIA) é composto por cientista de diversas áreas, mobilizadas por perceberem a inércia da SAMARCO e do poder público na divulgação dos impactos reais da tragédia. O grupo começou a produzir uma pesquisa independente sobre o impacto ambiental na região atingida, na qual a população contribuiu coletando dados e imagens.
Efeitos da Sociedade sobre a Tecnologia	Nenhum morador havia recebido treinamento para escapar de um possível rompimento da barragem. Também não havia sirenes para alertar sobre o rompimento. O aviso foi feito por telefone e muitas pessoas pensaram que era um trote. Após a tragédia, sistemas sonoros foram instalados em diversos pontos.
Efeitos da Tecnologia sobre a Sociedade	Encontrar um único culpado para a tragédia não é possível, pois todos têm sua parcela de culpa. Uma possível resposta pode ser atribuída à confiança cega que as pessoas depositam na tecnologia, achando que não haverá falhas e não tomando as devidas providências para maior segurança de todos.
Efeitos da Tecnologia sobre a Ciência	O acidente não pôde ser evitado, e agora o que podemos fazer é associar as tecnologias que temos ao conhecimento científico para solucionarmos os problemas causados. É necessário pensar no que pode ser feito para minimizar as perdas e acelerar a recuperação do Rio Doce.
<p>Quadro 2 – Aspectos do acidente da barragem de Mariana com abordagem CTS Fonte: Richetti, 2016</p>	