

**KAMILLA ZABOTTI GIUFFRIDA**

**ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: ARTICULAÇÕES ENTRE  
EPISTEMOLOGIA, HISTÓRIA E DIDÁTICA EM UM GRUPO  
COLABORATIVO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA**

**CASCVEL-PR  
2022**

**KAMILLA ZABOTTI GIUFFRIDA**

**ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: ARTICULAÇÕES ENTRE  
EPISTEMOLOGIA, HISTÓRIA E DIDÁTICA EM UM GRUPO  
COLABORATIVO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática – PPGECEM da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Unioeste – Campus de Cascavel, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação em Ciências e Educação Matemática.

**Orientadora:** Profa. Dra. Lourdes Aparecida Della Justina.

**CASCADEL-PR  
2022**

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

Zabotti, Kamilla Giuffrida  
ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: ARTICULAÇÕES ENTRE  
EPISTEMOLOGIA, HISTÓRIA E DIDÁTICA EM UM GRUPO COLABORATIVO  
DE PROFESSORES DE BIOLOGIA / Kamilla Giuffrida Zabotti;  
orientadora Lourdes Aparecida Della Justina. -- Cascavel,  
2023.  
181 p.

Tese (Doutorado Campus de Cascavel) -- Universidade  
Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e  
Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências  
e Educação Matemática, 2023.

1. Formação de Professores. 2. Ensino de Biologia. 3.  
Ensino de Evolução Biológica. 4. Síntese Estendida da Evolução.  
I. Justina, Lourdes Aparecida Della , orient. II. Título.



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



### KAMILLA ZABOTTI GIUFFRIDA

Ensino de evolução biológica: articulações entre epistemologia, história e didática em um grupo colaborativo de professores de biologia

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Educação em Ciências e Educação Matemática, área de concentração Educação em Ciências e Educação Matemática, linha de pesquisa Educação em ciências, APROVADA pela seguinte banca examinadora:

Orientadora - Lourdes Aparecida Della Justina

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Marcia Borin da Cunha

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Luciana Borowski Pietricoski

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Eduarda Maria Schneider

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Ana Maria de Andrade Caldeira

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

## DEDICATÓRIA

*Para você e por você meu pai, Antonio Zabotti  
(In memoriam)*

Pai, a metade desse doutorado foi com você em hospitais, na sua árdua luta pela vida. E você sempre falava “*não vai desistir do doutorado*” então, ele é seu!

## AGREDECIMENTOS

Agradecer o bem que recebemos é retribuir um pouco do bem que nos foi feito. Sendo assim, sou grata a todos que fizeram desse percurso sinuoso, um caminho mais leve a ser trilhado.

Agradeço primeiramente a Deus, ao Universo, por me dar as condições necessárias de realização e criação.

À minha base, minha família que, apesar das muitas dificuldades tiveram como certo o caminho da educação. Obrigada mãe e pai, por me darem a vida e as condições necessárias para buscar meus objetivos, por me incentivarem e me apoiarem. Minha gratidão por vocês é eterna. Pai queria que estivesse aqui vendo essa conquista, que eu sei que lhe traria muito orgulho. Enquanto não nos encontrarmos, sigo na vida, honrando-a.

Agradeço ao meu esposo, Marco Antonio, que com muita resiliência me deu esteio, acolhimento e segurança para passar por cada etapa dessa conquista. Saiba que ela é nossa, pois sem seu suporte e apoio não seria possível.

Agradeço as minhas irmãs, Evellyn e Caroline, que sempre foram um espelho para mim sobre conquista e realização profissional.

Agradeço a todos os meus amigos que tiveram comigo na pior e melhor fase, me apoiando e incentivando. Os amigos nos conhecem em momentos de fartura, mas conhecemos os amigos nos momentos de dificuldade. Portanto, gratidão eterna Janaine e Heluiza.

Agradeço a Sandra, que me deu assistência e suporte psicológico, essencial durante esse processo de desenvolvimento profissional, acadêmico, e acima de tudo pessoal, obrigada!

Gratidão em especial a minha orientadora, Lourdes, que trilhou comigo cada etapa da construção desse estudo, teve muita paciência e acolhimento com as dificuldades durante o processo – Serei eternamente grata por tudo!

Por fim, agradeço ao programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) bem como a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade, apoio e confiança para a realização e concretização deste estudo.

*Slow down you crazy child  
You're so ambitious for a juvenile  
But then if you're so smart tell me  
Why are you still so afraid?*

*Where's the fire, what's the hurry about?  
You better cool it off before you burn it out  
You got so much to do and only  
So many hours in a day*

*But you know that when the truth is told  
That you can get what you want  
Or you can just get old  
You're gonna kick off before you even get halfway through  
When will you realize, Vienna waits for you?*

*Slow down you're doing fine  
You can't be everything you want to be before your time  
Although it's so romantic on the borderline tonight*

*Too bad, but it's the life you lead  
You're so ahead of yourself that you forgot what you need  
Though you can see when you're wrong  
You know you can't always see when you're right [...]*

*Vienna - Billy Joel (1977).*

ZABOTTI, K. G. **ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: ARTICULAÇÕES ENTRE EPISTEMOLOGIA, HISTÓRIA E DIDÁTICA EM UM GRUPO COLABORATIVO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA**. 181f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Educação Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Cascavel, 2023.

## RESUMO

A epistemologia da Biologia e a história da ciência, ao refletir sobre o status do conhecimento, possibilita uma abordagem contextualizada da produção dos conceitos, especialmente o evolutivo, permitindo assim situar alguns pressupostos didáticos, colocando-o como conceito central e organizador do conhecimento biológico. Nesse contexto, esse estudo tem como objetivo principal, compreender a articulação das dimensões epistemológica, histórica e didática do conhecimento evolutivo, como base formadora de um Grupo Colaborativo de professores de Biologia. Dessa forma, dada a organização *multipaper*, este estudo é dividido em duas etapas, sendo que na primeira se trata de estudo teórico e epistemológico, ao qual antecedeu a construção e organização do Grupo Colaborativo, sendo este a segunda etapa. A primeira etapa resultou em dois artigos. No primeiro discutimos a história da ciência por meio de um episódio histórico – as contribuições do geneticista evolucionista Theodosius Dobzhansky – e seu papel essencial para construção dos principais conceitos da Teoria Sintética da Evolução. De forma complementar, realizamos uma discussão teórica em correlação com a epistemologia de Lakatos, a respeito das principais mudanças da Teoria Sintética da Evolução e da Síntese Estendida da Evolução, ao qual se constitui como as preposições atuais da Biologia evolutiva. A segunda etapa da pesquisa, de caráter empírico, resultou do desenvolvimento de um Grupo Colaborativo com professores de Biologia. No terceiro artigo teorizamos as compreensões emergentes do discurso de professores sobre formação continuada, onde inicialmente prevaleceu a formação continuada a partir do modelo da racionalidade técnica, mas com o desenvolvimento do Grupo Colaborativo, reconstruções emergiram nas reflexões coletivas mediante trocas de experiências, vivências, entre outros aspectos. No quarto e último artigo, com base nas compreensões emergentes no discurso de professores, teorizamos acerca da articulação entre epistemologia, história e didática visando o ensino de Biologia em torno do eixo evolutivo. O aprofundamento no fenômeno estudado, mostrou a integração e mobilização de diferentes saberes docentes, vinculados as dimensões epistêmica, histórica e didática, fundamental para superar a fragmentação dos conteúdos biológicos e almejando assim, um ensino mais holístico da Biologia.

**Palavras-chave:** Formação de Professores; Ensino de Biologia; Ensino de Evolução Biológica; Teoria Sintética; Síntese Estendida da Evolução.

ZABOTTI, K. G. **TEACHING BIOLOGICAL EVOLUTION: ARTICULATIONS BETWEEN EPISTEMOLOGY, HISTORY AND DIDACTIC IN A COLLABORATIVE GROUP OF BIOLOGY TEACHERS.** 181f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Educação Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Cascavel, 2023.

### **ABSTRACT**

The epistemology of Biology and the history of science, when reflecting on the status of knowledge, allows a contextualized approach to the production of concepts, especially the evolutionary one, thus allowing to place some didactic assumptions, placing it as a central concept and organizer of biological knowledge. In this context, this study's main objective is to understand the articulation of the epistemological, historical and didactic dimensions of evolutionary knowledge, as the basis for forming a Collaborative Group of Biology teachers. Thus, given the multipaper organization, this study is divided into two stages, the first of which is a theoretical and epistemological study, which preceded the construction and organization of the Collaborative Group, which is the second stage. The first stage resulted in two articles. In the first one, we discuss the history of science through a historical episode – the contributions of the evolutionary geneticist Theodosius Dobzhansky – and his essential role in the construction of the main concepts of the Synthetic Theory of Evolution. Complementarily, we carried out a theoretical discussion in correlation with Lakatos' epistemology, regarding the main changes in the Synthetic Theory of Evolution and the Extended Synthesis of Evolution, which constitutes the current prepositions of Evolutionary Biology. The second stage of the research, of an empirical nature, resulted from the development of a Collaborative Group with Biology teachers. In the third article, we theorize the emerging understandings of the teachers' discourse on continuing education, where continuing education initially prevailed based on the technical rationality model, but with the development of the Collaborative Group, reconstructions emerged in collective reflections through exchanges of experiences, among other aspects. In the fourth and last article, based on the emerging understandings in the teachers' discourse, we theorize about the articulation between epistemology, history and didactics aiming at the teaching of Biology around the evolutionary axis. The deepening of the phenomenon studied, showed the integration and mobilization of different teaching knowledge, linked to the epistemic, historical and didactic dimensions, fundamental to overcome the fragmentation of biological contents and thus aiming for a more holistic teaching of Biology.

**Keywords:** Teacher training; Biology Teaching; Teaching of Biological Evolution; Synthetic Theory; Extended Synthesis of Evolution.

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1:</b> Conceitos abordados por Dobzhansky em sua obra “Genética e Origem das Espécies” de 1937. ....	62
<b>Quadro 2:</b> Quadro Síntese – compreensões dos professores sobre eixo evolutivo. ....	140
<b>Quadro 3:</b> Síntese das compreensões dos professores sobre história da ciência no ensino e aprendizagem da Evolução Biológica. ....	144

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Processo de categorização das compreensões emergentes dos discursos dos professores participantes da pesquisa sobre Formação Continuada. Fonte: Informações da pesquisa (2022). .....	104
<b>Figura 2:</b> Processo de categorização das compreensões emergentes dos discursos dos professores participantes da pesquisa sobre Formação Continuada. Fonte: Informações da pesquisa (2022). .....	105
<b>Figura 3:</b> Categorias intermediárias (CIN1, CIN2, CIN3) e Categoria final (CF1). Fonte: Informações da pesquisa (2022). .....	133
<b>Figura 4:</b> Categorias intermediárias (CIN4 e CIN5) e Categoria final (CF2). Fonte: Informações da pesquisa (2022). .....	133
<b>Figura 5:</b> Fluxograma das compreensões emergentes dos professores participantes da pesquisa e suas relações com os saberes docentes. Fonte: Informações da pesquisa (2022). .....	153

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos, questões de pesquisa e a organização da tese <i>multipaper</i> .....	15
1.2 PERCURSO METODOLÓGICO .....	17
1.2.1 Primeira etapa da pesquisa: estudo histórico e epistemológico .....	17
1.2.2 Segunda etapa: Grupo Colaborativo como espaço de pesquisa e formação.....	18
1.3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA PESQUISA .....	27
1.3.1 A articulação da História da Ciência, Epistemologia e Didática na Formação de Professores .....	27
1.3.2 A Epistemologia da Ciência como aliada aos processos educacionais da Evolução Biológica .....	33
<b>CAPÍTULO I: AS CONTRIBUIÇÕES DE THEODOSIUS DOBZHANSKY PARA A CONSTRUÇÃO DA TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO .....</b>	<b>46</b>
1. INTRODUÇÃO .....	46
2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA: A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA no final do século XIX e início do século XX .....	47
3. A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NA PERSPECTIVA DE THEODOSIUS DOBZHANSKY .....	53
4. REFLEXÕES FINAIS:.....	73
<b>CAPÍTULO II: EPISTEMOLOGIA DE LAKATOS E AS PROPOSIÇÕES ATUAIS DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA .....</b>	<b>76</b>
1. INTRODUÇÃO .....	76
2. PROGRAMAS DE PESQUISA DE LAKATOS .....	78
3. BIOLOGIA EVOLUTIVA: DA TEORIA SINTÉTICA À SÍNTESE ESTENDIDA .....	80
4. MECANISMOS EVOLUTIVOS DA SÍNTESE ESTENDIDA DA EVOLUÇÃO: Sistema de Herança Epigenética, Plasticidade Fenotípica e Construção de Nicho.....	84
5. REFLEXÕES FINAIS .....	88

<b>CAPÍTULO III: FORMAÇÃO CONTINUADA NA PERSPECTIVA DE UM GRUPO COLABORATIVO: COMPREENSÕES EMERGENTES NO DISCURSO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA .....</b>	<b>91</b>
1. INTRODUÇÃO .....	91
2. FORMAÇÃO CONTINUADA: DESAFIOS E LIMITAÇÕES.....	92
2.1 Formação Continuada: a busca de uma nova cultura formadora .....	94
2.2 A proposição de Grupos de Pesquisa Colaborativas como modelo alternativo de Formação Continuada.....	97
3. PERCURSO METODOLÓGICO .....	100
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	105
5. REFLEXÕES FINAIS .....	118
<b>CAPÍTULO IV: COMPREENSÕES EMERGENTES NO DISCURSO DE PROFESSORES RELATIVAS À HISTÓRIA, EPISTEMOLOGIA E DIDÁTICA DA BIOLOGIA: SABERES DOCENTES PARA O ENSINO NO EIXO EVOLUTIVO .....</b>	<b>123</b>
1. INTRODUÇÃO.....	123
2. AS DIMENSÕES EPISTEMOLÓGICA, HISTÓRICA E DIDÁTICA DO CONHECIMENTO BIOLÓGICO E EVOLUTIVO.....	124
3. PERCURSO METODOLÓGICO .....	129
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	134
5. REFLEXÕES FINAIS .....	156
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>161</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>165</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>178</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Não é à toa a famosa frase de que “os fins justificam os meios”, já que a mesma pode ser explanada em minha trajetória pessoal e acadêmica, que culminou na concretização deste trabalho.

Os caminhos traçados por escolhas e motivações pessoais não podem ser apagados em detrimento de uma rigidez, muitas vezes intrínseca à vida acadêmica. Sendo assim, esta introdução é organizada em duas partes. A primeira, uma narrativa da minha trajetória acadêmica e pessoal que culminaram na motivação e escolha da temática de pesquisa. A segunda parte trata dos objetivos, problema e questão de pesquisa.

Minha trajetória se inicia no âmbito familiar. Tive a graça de ter excelentes pais, que embora não tiveram a oportunidade de estudar, sempre incentivaram e fizeram o possível (e o impossível) para que eu e minhas irmãs seguíssemos o caminho que a vida os impediu de seguir. Sou filha de zeladora e motorista que ingressou na universidade pública, em um doutorado, graças ao incentivo e orientações dessa base familiar.

Minha história com a Biologia iniciou no Ensino Médio, onde surgiu minha admiração e paixão pela Ciência da Vida, inspirada por uma incrível professora. Esse apreço me fez escolher o curso de Ciências Biológicas Licenciatura da Unioeste. Confesso que, de início, a licenciatura não foi a principal escolha, e sim o horário do curso que era noturno (alunos trabalhadores, por vezes, acabam escolhendo curso noturno por esse motivo, que foi meu caso). Mas novamente tive a estima de ter incríveis professores, que nesse caso, me fizeram amar a licenciatura.

O apreço pela licenciatura me fez enxergar, ainda na graduação, a dificuldade que tinha na aprendizagem mecânica dos conteúdos biológicos de forma memorística e fragmentada. A Biologia fazia muito mais sentido quando eu a entendia de forma ampla e unificada.

Nesse tempo, ingressei no incrível programa PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência) no qual pude vivenciar na prática o ensino de Ciências e Biologia. Novamente, a inquietação de como os

conteúdos biológicos eram organizados, e naquele momento, na prática da educação básica, emergiam.

Tais inquietações me fizeram escolher o programa de pós-graduação em Educação da Unioeste, na linha de pesquisa Educação em Ciências. Minha orientadora sugeriu, então, o tema de pesquisa “ensino de Evolução Biológica”. Estudar a temática me trouxe muitas respostas (e tantas outras perguntas) aos anseios que já sentia na graduação. A Biologia quando mediada em torno do eixo evolutivo é muito mais significativa e contextualizada, o que a complexidade dos fenômenos biológicos exige.

No percurso do mestrado me dediquei ao estudo da temática. Realizei uma pesquisa do tipo estado da arte, compreendendo um período amplo de produção acadêmica do tipo dissertações e teses sobre o ensino da Origem da Vida e Evolução Biológica. Ele trouxe muito entendimento sobre as pesquisas realizadas na área, mas também evidenciou muitas lacunas de pesquisa, temáticas pouco exploradas, ou mesmo negligenciadas. Os estudos se concentravam quase sempre no levantamento de concepções sobre os conceitos evolutivos, seja de alunos ou professores. Também na análise de livros didáticos, proposições de materiais didáticos, dentre outros.

Neste estudo amplo da pesquisa acadêmica, embora a maioria das dissertações e teses evidenciassem as limitações e dificuldades na compreensão da Evolução Biológica pelos professores, nenhum trabalho foi encontrado visando uma formação continuada para esse público.

É nesse cenário que surgiu a motivação da presente pesquisa: desenvolver um curso de formação para os professores de Biologia, no que se refere aos aspectos históricos, conceituais e pressupostos atuais da Evolução Biológica.

A pesquisa realizada durante o mestrado não me deixou dúvidas do caminho que seguiria no doutorado. O projeto elaborado e enviado para a seleção no doutorado quase não mudou, teve somente a inclusão da história da ciência como recurso para aprendizagem mais significativa dos conceitos evolutivos.

A inclusão da história da ciência, adveio de algumas inquietações também resultantes da minha pesquisa de mestrado. Muitas das dissertações e teses

analisadas citavam a famosa frase de Theodosius Dobzhansky (1937) “Nada na Biologia faz sentido, exceto pela luz da evolução”. Assim, ao refletir juntamente com minha orientadora sobre o papel de Dobzhansky na teoria evolutiva do início do século XX, e o porquê de ele ser considerado uns dos pilares da síntese, emergiu a segunda problemática dessa pesquisa. Ademais, refletimos como inserir a história da ciência, nesse caso a história da Biologia evolutiva com enfoque em Dobzhansky, poderia ser um recurso para o ensino e aprendizagem dos conhecimentos evolutivos.

Outro fator ponderante observado na minha dissertação e que influenciou os percalços deste estudo, foi o fato de que a maioria dos estudos limitavam a abordagem evolutiva à Teoria Sintética da Evolução, não apresentando discussões teóricas a respeito dos avanços atuais nessa área de conhecimento biológico.

A partir dessas questões evidenciadas no estudo do tipo estado da arte sobre ensino da Evolução Biológica, construímos esta pesquisa que se divide em duas etapas. Na primeira, realizamos uma pesquisa histórica, a respeito das contribuições do geneticista evolucionista Theodosius Dobzhansky para construção dos principais conceitos da Teoria Sintética da Evolução, e epistemológica partindo das proposições de Lakatos, sobre os avanços teóricos atuais da Biologia evolutiva. Na segunda etapa investigamos a articulação desses conhecimentos na proposição de um Grupo Colaborativo direcionado aos professores de Biologia da rede estadual de ensino.

As duas etapas se completam ao principal objetivo dessa investigação, que é **compreender a articulação das dimensões epistemológica, histórica e didática do conhecimento evolutivo, como base formadora de um Grupo Colaborativo de professores de Biologia.**

Destacamos a seguir os principais objetivos e questões de pesquisa desse estudo, aos quais resultaram em quatro artigos organizados em modelo *multipaper*.

### **1.1 Objetivos, questões de pesquisa e a organização da tese *multipaper***

O trabalho monográfico para tese de doutorado no modelo *multipaper* é regulamentado pelo Art. 20. do Programa de pós-graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática da Unioeste. Dessa forma, essa seção se volta para descrição introdutória da organicidade dos artigos a serem inseridos no presente formato, assim como os objetivos de cada artigo, aos quais se relacionam e se complementam em cada etapa da pesquisa. Ressaltamos que a estruturação da organização *multipaper* teve como referência o trabalho de Pietricoski (2021).

O primeiro artigo, que compreende o capítulo I, tem tipologia de pesquisa histórica e objetiva compreender quais foram as contribuições de Theodosius Dobzhansky para a construção do conhecimento acerca da diversidade biológica, e mais especificamente, sua contribuição para o desenvolvimento da Teoria Sintética da Evolução no início do século XX. Busca responder à questão de pesquisa: qual o papel de Theodosius Dobzhansky para a construção da Teoria Sintética da Evolução no início do século XX?

Na sequência, de forma complementar, o segundo artigo está presente no capítulo II, visa realizar uma discussão teórico-epistemológica da Teoria Sintética da Evolução e os pressupostos atuais da Biologia evolutiva, a Síntese Estendida da Evolução, em correlação com a Epistemologia de Lakatos (1989).

Posteriormente, no terceiro e quarto artigo, presentes do capítulo III e IV respectivamente, são analisados os discursos docentes durante o desenvolvimento de um Grupo Colaborativo com professores de Biologia.

No capítulo III, objetivamos teorizar as compreensões emergentes do discurso de professores sobre formação continuada, mediante a proposição de um Grupo Colaborativo. Tem como questões norteadoras: Como um Grupo Colaborativo com professores de Biologia pode ser um espaço de formação e de pesquisa? Com isso, pretendemos validar e buscar formas de formação que se constituem mais significativas para o desenvolvimento profissional docente e superação das problemáticas que afetam cotidianamente o ensino de Biologia.

No capítulo IV, teorizamos com base nas compreensões emergentes no discurso de professores participantes de um Grupo Colaborativo acerca da articulação entre epistemologia, história e didática visando o ensino de Biologia em torno do eixo evolutivo. A pesquisa foi norteadada pela seguinte questão: quais

compreensões emergem do discurso de professores participantes de um grupo colaborativo relacionadas à epistemologia, história e didática da biologia, visando o ensino em torno do eixo evolutivo?

Nesse contexto, a seguir discorreremos detalhadamente sobre o percurso metodológico trilhado para atender aos objetivos de pesquisa delimitados bem como responder às questões de pesquisa levantadas.

## **1.2 PERCURSO METODOLÓGICO**

A natureza da pesquisa deste trabalho pauta-se na abordagem qualitativa. Para Minayo (2017), as pesquisas qualitativas tratam da intensidade dos fenômenos, as singularidades e os significados. Intensidade pode ser entendida como aspectos que o tornam específico (qualidade). Trabalha muito menos preocupada com os aspectos que se repetem (característica de pesquisa quantitativa) e muito mais atenta com sua dimensão sociocultural que se expressa por meio de crenças, valores, opiniões, representações, formas de relação, simbologias, usos, costumes, comportamentos e práticas.

Para uma melhor compreensão dos caminhos percorridos pelo estudo, estruturamos o percurso metodológico em duas etapas, sendo ambas de abordagem qualitativa. A primeira consistiu em uma compilação teórica de caráter histórico e epistemológico. Já a segunda, uma pesquisa de campo com um fenômeno a ser estudado, que busca sua interpretação e a atribuição de significados.

### **1.2.1 Primeira etapa da pesquisa: estudo histórico e epistemológico**

A primeira etapa deste estudo resultou no primeiro e segundo capítulos. O primeiro capítulo, derivou do estudo tipo histórico, bibliográfico e documental. As contribuições do geneticista evolucionista Theodosius Dobzhansky para construção dos principais conceitos da Teoria Sintética da Evolução.

Martins (2005) define que estudos sobre história da ciência são metacientíficos ou de segundo nível, uma vez que se refere a um estudo de primeiro nível que é a ciência. Também se define por ser descritivo, no entanto

a autora alerta que não deve permanecer somente na descrição:

[...] deve ir além, oferecendo explicações e discutindo cada contribuição dentro de seu contexto científico. Além disso, consideramos também que a História da Ciência apresenta uma metodologia própria, que não é nem a metodologia da História e nem a metodologia da Ciência, uma vez que é um tipo de estudo de natureza diferente dos dois anteriores (MARTINS, 2005, p. 306).

Há duas abordagens dessa tipologia de pesquisas em história da ciência, a conceitual (internalista) e a não-conceitual (externalista). A primeira discute os fatores científicos (evidências, fatos) relacionados a determinado assunto ou problema. Visa responder o questionamento se determinada teoria estava bem fundamentada, considerando o contexto científico de sua época por exemplo. A não conceitual investiga fatores extracientíficos (influências sociais, políticas, econômicas, luta pelo poder, propaganda, fatores psicológicos). O porquê de uma teoria que estava bem fundamentada para sua época e foi rejeitada, e se a rejeição da mesma diz respeito a fatores não-conceituais (MARTINS, 2005). Neste estudo, nos valem da pesquisa histórica do tipo conceitual, internalista. Utilizamos fontes primárias, que são materiais da época produzidos e escritos pelos pesquisadores, sendo que a principal obra de Dobzhansky analisada foi “Genetics and the origin of species” (Genética e a Origem das Espécies), publicada em 1937, com enfoque na seção “Organic diversity” (Diversidade Orgânica).

Ainda na primeira etapa do estudo construímos o segundo capítulo, que derivou de uma pesquisa bibliográfica, uma vez que realiza discussão teórica-epistemológica por meio de um diálogo com a literatura da Teoria Sintética da Evolução, da Síntese Estendida da Evolução em correlação com a Epistemologia de Lakatos. Ressaltamos que o artigo resultante dessa análise bibliográfica foi publicado no volume 6 da revista Valore de 2021.

### **1.2.2 Segunda etapa: Grupo Colaborativo como espaço de pesquisa e formação**

A segunda etapa se caracteriza como pesquisa de campo com um

fenômeno a ser estudado, que é os discursos de professores de Biologia no contexto do Grupo Colaborativo, mediado e organizado pela pesquisadora com desenvolvimento de ações envolvendo ensino de Evolução Biológica.

A constituição do Grupo Colaborativo adveio de indicativos de pesquisas futuras que contemplassem a formação continuada de professores sobre o ensino da temática (ZABOTTI; JUSTINA, 2021), além disso, a partir de questionamentos de como possibilitar um ensino de Biologia tendo como eixo norteador a Evolução Biológica. Dessa forma, os resultados da primeira etapa desse estudo (pesquisa histórica e discussão teórica-epistemológica) se concretizam, na prática, pela tentativa de articular esses conhecimentos com professores de Biologia na formação de um Grupo Colaborativo, tendo como objetivo propiciar um espaço de formação e de pesquisa para os professores participantes.

A proposição de Grupos Colaborativos na formação continuada de professores tem sido objeto de estudos tanto em âmbito nacional (ANDRÉ, 2001; SEPULVEDA; ALMEIDA, 2016; COELHO, 2017) como internacional (BOAVIDA; PONTE, 2002; HARRISON, et al 2008; SIMÃO, et al 2009).

Tal proposta é relativamente recente, e tem como principal objetivo romper com a tradição de cursos pautados pelo modelo formativo clássico, que dentre as principais características, estão: 1. Essencialmente conteudista; 2. Planejamento sem participação dos professores; 3. Informações, conhecimentos ou técnicas repassados com o intuito de atualização; 4. Carga horária de curta duração; 5. Distanciamento entre teoria e a prática; 6. Desconsideração dos problemas concretos do cotidiano dos professores e o seu conhecimento profissional (CUNHA; KRASILCHIK, 2000; BASTOS; NARDI, 2008; IMBERNÓN, 2010; SILVA; BASTOS, 2012; SANTOS-JÚNIOR; MARCONDES, 2013).

Para Simão, et al (2009) a formação inicial e continuada são componentes essenciais do desenvolvimento profissional e da mudança ou inovação na prática curricular. A formação continuada, depende da capacidade das escolas se envolverem na concepção e no desenvolvimento coletivo de projetos formativos que respondam às necessidades e permitam encontrar respostas aos problemas do cotidiano que se apresentam. Além do mais, a formação continuada deve ser mais contextualizada, em uma identificação constante de

necessidades e problemas para que, a partir deles, possam ser traçados projetos de formação e (re)definição de linhas de ação pedagógica.

A formação continuada deve respeitar dois aspectos essenciais. A investigação e a colaboração. A investigação, implica um esforço de preparação dos docentes tanto para utilizar a pesquisa acadêmica produzida sobre educação e ensino, como também para agir com espírito investigativo.

Os desafios que se colocam à docência hoje exigem essa postura, haja vista que o ensino baseado em rotinas se tornou obsoleto e a singularidade de cada contexto educacional deve ser atendida, levando à necessidade de uma (re)adaptação constante da ação educativa (SIMÃO, et al 2009, p. 58).

O segundo aspecto essencial apontado por Simão (2009) é a colaboração, que tem papel primordial na superação da atuação individualista do professor, uma vez que vai de encontro à necessidade do trabalho em equipe. Nos Grupos Colaborativos, essa cultura individualista tende a ser minimizada, pois os participantes são instigados a realizar novas experiências e a compartilhá-las com o grupo. Além disso, sentem-se valorizados quando participam expondo ideias, textos, projetos e materiais de apoio didático-pedagógico. Portanto, a formação continuada deve estimular o desenvolvimento de práticas colaborativas nas escolas, com o desenvolvimento de uma postura docente mais independente e a construção de uma “nova” cultura (GAMA; FIORENTINI, 2009).

Em sua pesquisa, Gama e Fiorentini (2009), afirmam que os professores investigados nos grupos, desenvolveram um processo de formação contínua em um paradigma que coloca como centro de preocupação o desenvolvimento profissional dos docentes participantes, bem como a transformação de suas práticas de ensinar e aprender, indo além desse modelo formativo clássico.

Urzetta e Cunha (2013) relatam o desenvolvimento profissional docente por meio do caráter colaborativo no contexto de formação continuada. Dentre as principais características da formação/colaboração, citam discussão em grupo, reflexões dos professores sobre /e na sua prática (concepções sobre ensino e

aprendizagem), vivência de propostas inovadoras, introduzindo-os no processo de investigação dos problemas encontrados no contexto escolar, superação do distanciamento entre contribuições da pesquisa educacional e sua aplicação em sala de aula. Para as autoras, há uma necessidade de que o desenvolvimento profissional seja concebido como um processo coletivo e colaborativo, consistindo em possibilitar, aos professores, a construção de novas teorias e novas práticas pedagógicas

Os Grupos Colaborativos de professores segundo Bassoli e Lopes (2015) se configuram como um caminho tanto para o desenvolvimento profissional como para a emancipação docente, que ocorre por meio da pesquisa, reflexão e intervenção na realidade.

Em síntese, podemos resumir os principais benefícios da proposição de Grupos Colaborativos para a formação continuada: 1. A superação da cultura individualista; 2. Reflexões e desenvolvimento de diferentes olhares e significações sobre o trabalho e a vida docente; 3. Desenvolvimento profissional; 4. Aproximação da teoria com a prática, dentre outros. Entendemos que a colaboração entre professores pode ser um recurso importante para o aprimoramento da formação docente.

### **Da Constituição do Grupo Colaborativo:**

Os participantes constituintes da pesquisa são professores de Biologia do Ensino Médio da rede pública do estado. O Grupo Colaborativo foi divulgado em todos os colégios estaduais de Cascavel-PR por intermédio do Núcleo Regional de Educação pelo responsável técnico da disciplina de Biologia. Para realização da inscrição, foi disponibilizada uma ferramenta *online* onde os professores interessados puderam se inscrever. Obtivemos a inscrição de 33 participantes, no entanto, no momento em que o grupo foi iniciado, esse número foi reduzido para 10 professores participantes, tendo em vista a incompatibilidade de horário com o restante, mesmo o curso sendo ofertado em período noturno.

Devido à pandemia mundial da Covid-19, e também objetivando a participação do maior número de professores, para facilitar os encontros, o Grupo Colaborativo ocorreu de forma *online*, com atividades avaliativas e

colaborativas pela plataforma *Microsoft Teams*. No total, foram desenvolvidos 10 encontros síncronos com duração de 2 horas e meia cada. De acordo com as necessidades expostas pelo grupo, os 6 primeiros encontros foram realizados de forma semanal e os 4 últimos realizados de forma quinzenal.

O grupo como espaço formativo foi vinculado a um projeto de extensão em andamento da pró-reitoria de extensão da Universidade. Com isso, possibilitamos a certificação dos professores, com carga horária de 80 horas, sendo 40 horas destinadas aos encontros virtuais na plataforma, trabalho de instrução, e para as demais 40 horas, o tempo direcionado para as leituras e construção de sequências didáticas, sendo portanto horas de trabalho de construção. Frisamos que não houve controle da carga horária fora dos encontros, sendo que o cálculo de 40 horas foi estimado com base no tempo para cada atividade de leituras, elaboração e escrita da sequência didática.

Os participantes da pesquisa receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) por meio de e-mail e a assinatura foi eletrônica. A constituição dos dados durante o desenvolvimento do Grupo Colaborativo ocorreu a partir de questionários, entrevistas de grupo e por meio de diálogos estabelecidos durante reflexões estimuladas por meio de problematizações, em todos os encontros, os quais foram áudio-gravados na *Plataforma Teams* e *Google Meet* e posteriormente transcritos para as análises.

Utilizamos questionários em dois momentos. No primeiro encontro para levantamento de compreensões iniciais, sobre formação continuada e sobre Evolução Biológica, e também para caracterização dos participantes (apêndice I). No último encontro para levantamento de compreensões após a constituição do Grupo Colaborativo (apêndice II).

Segundo Marconi e Lakatos (2003), os questionários são instrumentos de coleta de dados, constituídos por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador. Para os autores, as principais vantagens são: maior liberdade nas respostas, em razão do anonimato; maior segurança, pelo fato das respostas não serem identificadas e, menor risco de distorção, pela não influência do pesquisador. Além disso, é um método bastante ágil para se obter respostas.

Além dos questionários, durante os encontros, procuramos gerar debates, relatos e discussões, que foram transcritos e utilizados como dados para pesquisa. Segundo Flick (2008) as discussões em grupo correspondem à maneira pela qual as opiniões são produzidas, manifestadas e trocadas na vida cotidiana. Outra característica das discussões de grupo é que as correções por parte do grupo – no que diz respeito a opiniões que não estejam corretas, que não sejam socialmente compartilhadas ou que sejam radicais – são disponibilizadas como um meio de validar enunciados e pontos de vista. O grupo transforma-se em uma ferramenta para reconstrução de opiniões individuais:

As discussões em grupo podem revelar como as opiniões são geradas e, sobretudo, alteradas, defendidas e eliminadas no intercâmbio social. Em uma discussão em grupo, a coleta de dados verbais pode ser feita em seu contexto. Os enunciados e as manifestações de opinião são elaborados no contexto de um grupo, sendo que estes podem ser comentados, passando a ser objeto de um processo mais ou menos dinâmico de discussão. Um dos resultados obtidos com o estudo da discussão em grupo como método é que as negociações dinâmicas e sociais das opiniões individuais, enquanto elemento essencial da abordagem teórica construcionista social para a realidade, vêm sendo consideradas na literatura metodológica (FLICK, 2008, p. 186-187).

Durante o grupo, o moderador exerce a função de *direcionamento das dinâmicas*; essa função varia da relação da discussão à utilização de questões provocativas, polarizando uma discussão branda ou acomodando relações de dominância, atingindo intencionalmente aqueles membros que estejam mantendo um comportamento mais reservado durante a discussão. Outra possibilidade é o uso de textos, imagens, etc., para estimular ainda mais a discussão ou os tópicos a serem tratadas durante a discussão (FLICK, 2008).

Dessa forma, utilizamos de questões problemas e imagens para conduzir os debates e discussões. As questões a serem discutidas foram conduzidas pelo moderador sem interferir na iniciativa própria dos participantes, como a possibilidade de criar um espaço aberto no qual a discussão aconteça primariamente por meio da troca de argumentos. As imagens usadas foram as mesmas do questionário e podem ser consultados no apêndice II.

Outra característica importante é que o próprio grupo define sua dinâmica, o que dificulta a formulação de padrões distintos de processo nas discussões e

também a definição clara das tarefas e das múltiplas condutas possíveis para os moderadores, além dos limites do grupo individual (FLICK, 2008).

Por esse motivo, é muito difícil haver a possibilidade de planejar condições relativamente comuns para a coleta de dados nos diferentes grupos envolvidos em um estudo. É verdade que a abertura de discussões pode ser uniformemente moldada por uma formulação específica, um estímulo concreto, etc. Porém, é difícil fazer um prognóstico das idas e vindas da discussão durante seu desenvolvimento. Por isso, as intervenções metodológicas para o direcionamento do grupo só podem ser planejadas de forma aproximada, e grande parte das decisões sobre a coleta de dados somente pode ser tomada durante a situação. Condições semelhantes aplicam-se à decisão referente ao momento em que um grupo esgotou a discussão de um tópico. Aqui, não existem critérios claros, o que significa que o moderador deve tomar essa decisão no momento certo (FLICK, 2008, p. 185-186).

Dessa forma, neste estudo, ressaltamos que as entrevistas de grupo não pressupõem que todos os participantes deverão responder os questionamentos, mesmo com a postura do moderador ao tentar conduzir a participação de todos.

É importante destacar que a fim de evitar exposições e constrangimentos, foi reforçado que o participante poderia se abster de qualquer resposta e discussão, sendo que as discussões/diálogos foram mediadas com imparcialidade, defendendo a pluralidade de ideias sobre a temática. Explanamos que uma mesma pessoa pode ter diferentes visões sobre o assunto, especialmente sobre à Evolução Biológica, também que o conhecimento discutido no grupo priorizaria a cultura científica, mas que outras visões, oriundas de outras áreas da cultura humana, não seriam excluídas/diminuídas ou rejeitadas. Nessa perspectiva, todas as opiniões e falas são relevantes e não poderiam ser rechaçadas pelo grupo.

### **Do Tratamento de dados:**

Para o tratamento dos dados coletados durante a constituição do Grupo Colaborativo, utilizamos a análise textual discursiva (ATD) de Moraes e Galiazzi (2006; 2016). Dentre as principais características da ATD está a produção de novas compreensões sobre textos e discursos. A ATD pode ser considerada

como um dispositivo de análise de dados qualitativos que se desenvolve por meio de um processo auto-organizado e construção de compreensões sobre fenômenos investigados (MORAES; GALIAZZI, 2016).

Para isso, a ATD compreende três etapas: 1. Unitarização; 2. Categorização; 3. Novo emergente. A primeira, *unitarização*, consiste na desmontagem dos textos, a qual baseia-se na análise minuciosa dos encontros transcritos, com o objetivo de identificar significantes e elaborar unidades de significados. Nessa etapa, foi realizada a desmontagem e identificação de significantes quanto às compreensões dos professores acerca: da formação continuada e Grupo Colaborativo; dos conceitos de Evolução Biológica e sobre ensino de Evolução Biológica. (MORAES; GALIAZZI, 2016).

A segunda etapa, *categorização*, se refere ao estabelecimento de relações, o que implica em construir relações entre as unidades de sentido, construindo assim categorias. A terceira, *novo emergente*, consiste em captar o novo emergente, que com os processos anteriores possibilita a emergência de uma compreensão renovada do todo, que é resultado de um esforço em entender e explicar os fenômenos e representa os registros designados como metatextos (MORAES; GALIAZZI, 2016).

Os metatextos expressam os sentidos do conjunto de textos analisados. Podem ser mais descritivos, se aproximando do texto ou discurso original analisado ou podem ser mais interpretativos, atingindo uma compreensão mais profunda. Constitui-se num esforço de ampliar as compreensões dos fenômenos educacionais investigados. O metatexto traz as marcas de realidades coletivas, mas também de quem o construiu. São constituídos de descrição e interpretação. De desordem em direção a uma nova ordem, emergência do novo a partir do caos, é um processo auto-organizado e intuitivo. Assim, a ATD é comparada a uma tempestade de luz, visto que:

[...] consistem em criar condições de formação dessa tempestade em que, emergindo do meio caótico e desordenado, formam-se flashes fugazes de raios sobre os fenômenos investigados, que, por meio de um esforço de comunicação intenso, possibilitam expressar as compreensões alcançadas ao longo da análise (MORAES; GALIAZZI, 2016, p. 34-35).

Por fim, a ATD pode ser compreendida como um processo auto organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: desconstrução do corpus, a unitarização, o estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização, e o captar do novo emergente em que nova compreensão é comunicada e validada (MORAES, 2003).

A seguir, apresentamos de forma breve os fundamentos teóricos da pesquisa, discorrendo sobre a epistemologia e história da ciência na formação dos professores e suas relações com a didática, ou seja, com o ensino da Evolução Biológica.

### **1.3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA PESQUISA**

Nessa seção, abordamos os fundamentos teóricos da pesquisa. Inicialmente discorreremos a história da ciência a partir da perspectiva contextual das ciências no contexto da formação de professores. Em seguida, discorreremos a respeito da epistemologia da Biologia e do conhecimento evolutivo e suas interfaces com o ensino de Biologia.

#### **1.3.1 A articulação da História da Ciência, Epistemologia e Didática na Formação de Professores**

A partir da década de 1970, aumentou de forma considerável o interesse pelo ensino contextual das Ciências. Ensino contextual é uma tendência que explora os componentes históricos, filosóficos, sociais e culturais da ciência por meio de enfoques e abordagens variadas, na tentativa de promover uma formação que supere a demarcação entre o ensino dos conteúdos científicos e o de seus contextos de produção, visando a promoção da educação científica (PRESTES; CALDEIRA, 2009).

Em 1992, o surgimento do periódico *Science & Education: Contributions from History, Philosophy and Sociology of Science and Mathematics*, dedicado às abordagens históricas, filosóficas e sociológicas no ensino e aprendizagem de Ciências e matemática, propiciou um impulso significativo para o estabelecimento do ensino contextual como campo de pesquisa. Dessa forma, se institui que a aprendizagem das Ciências deve ser acompanhada por uma aprendizagem sobre as Ciências (ou sobre a natureza da ciência) (EL-HANI, 2006).

Em 1995, Wortmann identificou e problematizou a articulação da história da ciência, epistemologia e didática como uma tendência, pois ao recorrer para a história do desenvolvimento dos conceitos científicos, encontraram um quadro de sustentação, capaz de permitir a seleção e organização dos conteúdos de ensino, questionando além das questões de “como ensinar”, mas “o que ensinar”. Essa articulação é apontada também como um referencial para identificar a relevância do conteúdo escolar.

[...] passa-se, a seguir, a examinar estudos que enfatizam a importância de proceder-se a análise histórico-epistemológica para promover o “esclarecimento” dos conceitos científicos, porque esta abordagem parece ser a mais promissora quando se pensa estimular o redimensionamento do conhecimento escolar (WORTMANN, 1995, p.61).

Matthews (1995) argumenta que a história da ciência contribui para o ensino e aprendizagem de Ciências, tendo em vista que: motiva e atrai os alunos; humaniza a matéria; promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações; permite uma compreensão mais profícua do método científico.

A história das ciências não pode substituir o ensino comum das Ciências, mas pode complementá-lo de várias formas. Assim, a compreensão da natureza da ciência se constitui um componente central da alfabetização científica (EL-HANI, 2006). Vários autores na literatura (MARTINS, 1990; MELLADO, CARRACEDO, 1993; MATTHEWS, 1995; MARTINS, 1998; MEGLHIORATTI; CALDEIRA; BORTOLOZZI, 2005; JUSTINA, 2011) têm considerado que a abordagem histórica e epistemológica dos conceitos científicos se constitui um elemento essencial para o ensino de Ciências e Biologia, pois contextualiza a construção científica como um processo sociocultural.

Meyer e El-hani (2005) explicam a importância da história e da filosofia da ciência para uma educação científica de qualidade, por meio de uma abordagem contextual do ensino de Ciências, no que se propõem uma aprendizagem das Ciências (conteúdos científicos específicos) acompanhada por uma aprendizagem sobre as Ciências (sobre a natureza da ciência e suas dimensões históricas, filosóficas e sociais).

Wortmann (1995), destaca que as pesquisas promissoras nessa articulação são aquelas que se dispõem a promover a análise do conteúdo conceitual sob ponto de vista histórico-epistemológico, sem deixar de considerar o papel do estudante na construção de seu próprio saber.

Diante das transformações sociais dos últimos sessenta anos, que fizeram avanços científicos e tecnológicos aos quais influenciarem sem precedentes as estruturas sociais, cultural e

a vida cotidiana, o Ensino de Ciências não pode mais retratar a prática científica como se fosse separada da sociedade, da cultura e da vida cotidiana, e como não possuísse uma dimensão histórica e filosófica (MEYER, EL-HANI, 2005, p. 11).

Recorrer para a história da ciência nos mostra uma visão a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico que não se encontra em qualquer livros-texto, ou nos próprios resultados de uma pesquisa científica (MARTINS, 2006).

Desse modo, questionamentos sobre como as teorias e os conceitos se desenvolvem, como os cientistas trabalham e quais as ideias que não aceitamos hoje e que eram aceitas no passado; quais as relações entre ciência, filosofia e religião; qual a relação entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos históricos que ocorreram na mesma época são perguntas que uma abordagem e enfoque histórico propiciam respondê-las (MARTINS, 2006).

A abordagem histórica, portanto, é fundamental para superar visões ingênuas, tais como a concepção de ciência como verdade, aquilo que foi provado, imutável, eterno, descoberto por gênios que não podem errar (MARTINS, 1998; MARTINS, 2006).

O estudo de episódios históricos evidencia, por exemplo, que a ciência muda ao longo do tempo, sendo um conhecimento provisório, construído por seres humanos falíveis e que, por seu esforço comum (social), tendem a aperfeiçoar esse conhecimento, sem nunca possuir a garantia de poder chegar a algo definitivo. Além disso, outras visões tais como anticientificistas e negacionismo científico, de que conhecimento científico não passa de mera opinião, de que todas as ideias são equivalentes e que não há motivo algum para aceitar as concepções científicas, são equivocadas. Novamente, a abordagem histórica se faz importante (MARTINS, 1998; MARTINS, 2006).

Ademais, o estudo de determinados episódios históricos, permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano sofrendo

influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade (MARTINS, 2006).

Dentre as propostas curriculares para um ensino contextual das Ciências, por meio da história, nota-se que os Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC, 2000) indicam de forma pontual o uso da história e filosofia da ciência, sem que se cumpra o papel integrador que poderia conferir ao currículo (PRESTES; CALDEIRA, 2009).

Apesar de comentários pontuais desta natureza serem encontrados nos PCN, sugerindo uma intenção de fomentar um ensino que vá além de uma retórica de conclusões, não podemos dizer que este documento se comprometa, de fato, com a proposta de uma abordagem contextual do Ensino de Ciências (EL-HANI, 2006, p.2).

Com a nova proposta curricular da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) é evidente que o objetivo de ensino de Ciências está pautado na alfabetização científica:

Ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das Ciências (BNCC, 2020, p. 321).

Embora o documento não aborda de forma explícita o uso e papel da história da ciência no ensino de Ciências, é possível observar que dentre as competências específicas de Ciências da natureza para o ensino fundamental estão os objetivos: compreender as Ciências da natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico; compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.

A abordagem histórica também pode constituir um recurso para a aprendizagem, tanto de professores quanto dos alunos, no sentido que esta auxilia na superação de ideias alternativas. Muitas vezes, o processo que o aluno precisa passar é semelhante ao processo de desenvolvimento histórico da própria ciência.

As suas resistências são semelhantes às dos próprios cientistas do passado; e mesmo as suas ideias, por mais “absurdas” que pareçam, podem ser semelhantes às que foram aceitas em outros tempos por pessoas que nada tinham de tolas. Embora não haja um paralelo completo entre esses “conceitos prévios” e as concepções científicas antigas, as semelhanças acima indicadas são suficientemente fortes para tornar o conhecimento da história da ciência um importante aliado nesse trabalho. Examinando exemplos históricos, com o distanciamento emocional que isso permite, o estudante pode se preparar para aceitar que um processo semelhante ocorra com suas próprias ideias. Pode perceber que, na história, sempre houve discussões e alternativas, que algumas pessoas já tiveram ideias semelhantes às que ele próprio tem, mas que essas ideias foram substituídas por outras mais adequadas e mais coerentes com um conjunto de outros conhecimentos (MARTINS, 2006, p. 26).

Dentre os principais fatores que limitam as possibilidades de inserir a história da ciência como recurso para o ensino de Biologia e das Ciências, estão: 1. a falta de formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta e contextualizada; 2. a falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino e; 3. equívocos a respeito da própria natureza da história da ciência e seu uso na educação (MARTINS, 2006).

Atualmente existem muitos materiais didáticos disponíveis, diferentemente do que Martins (2006) para o contexto do início dos anos 2000. No entanto, se faz importante refletir acerca da qualidade desses materiais, tendo em vista que muitas vezes uma abordagem histórica de forma linear, sem uma devida contextualização, pode acarretar interpretações errôneas e descontextualizadas, podendo contribuir para a construção de visões inadequadas não apenas da história da ciência, mas da própria ciência.

A carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das Ciências

poderá ser resolvida com mais cursos de pós-graduação em história da ciência, maior intercâmbio com centros de pesquisa do exterior, novos grupos, departamentos e centros de pesquisa na área (MARTINS, 2006). Além de cursos que propiciem espaço de formação para os professores que estão atuando.

Na formação de professores, dentre as competências necessárias para uma abordagem adequada da história da ciência, El-Hani (2006) cita: o conhecimento e a apreciação da ciência que ensinam; alguma compreensão da história e filosofia da ciência; e alguma teoria ou visão educacional que informe suas atividades na sala de aula.

Justina (2011) enfatiza a articulação entre o ensino de Biologia, história da ciência e a epistemologia na formação de professores, no qual a formação inicial do professor de Ciências deve contemplar a epistemologia e história da ciência, pois fornece subsídios para torná-lo um profissional sintonizado com os desafios contemporâneos, embora ainda se configure como um desafio.

[...]. a história e a epistemologia da ciência surgem, para que o professor compreenda como ocorreram os processos de construção dos conhecimentos científicos, as mudanças de paradigmas e os determinantes sociais, econômicos, culturais e políticos que influenciaram esta história (JUSTINA, 2011, p. 32).

Nesse sentido, reflexões e ações acerca da construção do conhecimento científico passam a ser uma necessidade formativa dos professores de Biologia. Justina (2011) ainda sugere que embora a literatura indique a importância do enfoque da história e epistemologia da ciência já na formação inicial, é necessário refletir a sua abordagem, tanto em disciplina específica, como articulada em outras disciplinas das diferentes áreas das Ciências Biológicas, sugerindo a criação de disciplinas específicas nos cursos de formação de professores. A autora indica ainda que novas pesquisas devem viabilizar formas de contemplar tais discussões no ensino básico, indo além do levantamento de concepções e pensar em ações.

Para Adúriz-Bravo et al, (2002) embora se tenha um avanço considerável nas reflexões teóricas, ainda há muito a fazer em termos de geração de propostas práticas, tanto para o ensino médio quanto para a formação de professores. Com isso, Justina (2011) sugere como indicativo para novas pesquisas, investigações com grupos de pesquisadores em epistemologia da

Biologia envolvendo professores da educação básica, licenciandos e professores formadores das áreas específicas.

A partir do exposto, fica indicada as possibilidades que o enfoque histórico e epistemológico exerce no entendimento das Ciências e sobre as Ciências, especialmente sobre os conteúdos biológicos. Assim, na sequência, apresentamos uma discussão teórica da epistemologia da Biologia e seu papel na compreensão dos conhecimentos biológicos e evolutivos.

### **1.3.2 A Epistemologia da Ciência como aliada aos processos educacionais da Evolução Biológica**

A frase “pensar biologicamente é pensar evolutivamente” de Meyer e El-hani (2005, p. 106), nos apresenta, inicialmente, muitas reflexões sobre a dimensão da Evolução Biológica para toda uma área científica, a Biologia. A Biologia Evolutiva, nos traz explicações sobre as mudanças sofridas pelos seres vivos ao longo do tempo, a diversificação de suas formas e adaptações aos ambientes em que vivem, uma área que propicia explicar o mundo vivo.

Muitos questionamentos na Biologia do tipo “como as aves voam?” por exemplo, podem ser respondidos, inicialmente, com dois enfoques. Primeiramente a Biologia pode responder de forma descritiva, detalhando toda a engenharia da estrutura das penas no desempenho de sua função, como essa estrutura flexível e resistente é capaz de oferecer resistência ao ar, sem ser pesada, contribuindo para a capacidade do voo (MEYER, EL-HANI, 2005).

Essa resposta é correta, porém não traz explicações sobre porquê determinados comportamentos e estruturas existem ou porquê eles apresentam determinadas características. As perguntas que oferecem explicações são do tipo por quê, por exemplo: Por que, dentre tantos seres vivos atuais, são as aves que possuem penas e qual a sua origem? Por que são esses os comportamentos e estruturas que vemos, e não tantos outros, que também são possíveis? Perguntas como essas exigem uma investigação das sequências de eventos que resultaram em tal estrutura, bem como os processos que explicam seu

surgimento. Com isso, pode-se oferecer um relato mais completo sobre a presença e a natureza desses traços, indo além da caracterização detalhada, que muitas vezes ocorre ao abordarmos as questões biológicas (MEYER, EL-HANI, 2005).

Observamos que na Biologia existem dois tipos de explicações científicas que podem ser usadas para explicar os fenômenos biológicos que atuam em escalas temporais próximas e distantes de sua ocorrência. Essa foi a base que o evolucionista Ernst Mayr utilizou para propor uma distinção entre dois grandes ramos da Biologia. A Biologia das causas próximas e a Biologia das causas distantes ou últimas (MAYR, 1998).

A Biologia das causas próximas, é a Biologia funcional, trata das descrições dos mecanismos biológicos, tais como a fisiologia e genética. Já a Biologia das causas distantes ou últimas, é a Biologia histórica, com as explicações do porquê daquela estrutura ou mecanismo surgir naquele determinado grupo de organismo (MAYR, 1998).

Mayr diferencia também os tipos de questões/perguntas que os dois ramos da Biologia visam responder. Na Biologia das causas próximas, as questões se concentram no “o quê?”. Já a Biologia das causas últimas pergunta pelo “por quê”?

Por que existem dois sexos na maioria das espécies de organismos? Por que há uma tão grande diversidade entre a vida animal e a da vida vegetal? Por que as faunas de algumas áreas são ricas em espécies, e outras são pobres? (MAYR, 1998, p.92).

Dessa forma, Mayr (1998) entende a Biologia evolutiva como ciência histórica, das causas distantes, sendo que suas explicações não são proporcionadas por teorias, mas por narrativas históricas. As narrativas históricas têm valor explicativo porque os eventos mais antigos de uma sequência histórica normalmente constituem uma contribuição causal para eventos posteriores.

Por exemplo, a extinção dos dinossauros, ao final do Cretáceo, abriu o espaço para grande número de nichos ecológicos, e com isso proporcionou o cenário para o florescimento espetacular

dos mamíferos, durante o Paleoceno e o Eoceno. Um dos objetivos da história narrativa, por isso, é descobrir as causas responsáveis pelos acontecimentos seguintes (MAYR, 1998, p 92).

As áreas da Biologia evolutiva como os estudos de embriologia, paleontologia, filogenia, podem ser definidos também como “[...] regulados por programas genéticos historicamente adquiridos, e por suas mudanças no tempo histórico” (MAYR, 1998, p. 91).

Araújo (2019) realiza uma discussão histórica e epistemológica, onde pondera que a distinção entre a Biologia das causas próximas e Biologia das causas últimas, dentre outros fatores da teoria sintética, contribuíram para que a evolução não se constitua um elemento central e unificador no ensino de Biologia. Os pressupostos atuais da evolução, o pluralismo evolutivo defendido pela Síntese Estendida da Evolução, engloba explicações e o papel do desenvolvimento embriológico, que lida com causas próximas e, por essa razão, os seus fenômenos podem ser deixados de lado por aqueles interessados em causas histórico-evolutivas.

[...] discussões da Biologia evolutiva têm mostrado que processos do desenvolvimento, construção de nicho e comportamento animal não são relevantes apenas como causas próximas, mas desempenham um importante papel nas explicações históricas. Esse reconhecimento difere claramente da dicotomia original de Mayr, desafiando essa distinção estrita (ARAÚJO, 2019, p 243).

Para o autor, uma visão geral da evolução precisa considerar tantos os aspectos moleculares, bioquímicos, ontogenéticos, fisiológicos, morfológicos e comportamentais, como os processos ecológicos, populacionais e geológicos, incluindo escalas de tempo de poucas gerações até milhões de anos (ARAÚJO, 2019).

A reflexão que Mayr faz das questões que permeiam a Biologia, suas reflexões filosóficas da própria natureza do conhecimento biológico, evidenciam como o conhecimento evolutivo está intrinsecamente relacionado a própria

história e construção da Biologia enquanto ciência. Muito além de definir o que é evolução, nos convida a pensar que tipo de explicação o conhecimento evolutivo exerce dentro do contexto das explicações biológicas. Portanto, fica evidente que atrelar as explicações evolutivas e biológicas às discussões epistemológicas, fornece uma explicação mais completa da própria natureza desse conhecimento. Nesse sentido, ao falarmos de conhecimento evolutivo, estamos falando da natureza da Ciência Biologia, como sendo fundamental para uma compreensão mais totalitária e realista dos fenômenos.

Essa breve explanação da caracterização da Biologia, permite compreender sua natureza enquanto ciência. O mesmo caminho pode ser seguido para compreender a Biologia evolutiva. Sendo assim, a Evolução Biológica é definida como a modificação das espécies ao longo do tempo. Propicia uma compreensão dos seres vivos de dois modos: primeiro sobre as relações de parentesco entre os seres vivos e seus ancestrais; segundo nos permite investigar como ocorreram as mudanças nos seres vivos, incluindo como e porque ocorreram as mudanças que resultaram nos seres vivos atuais. Ou seja, propicia responder a principal questão da ciência Biologia, a explicação para a diversidade da vida.

A discussão mais central da Evolução Biológica são os mecanismos responsáveis pela mudança orgânica das espécies ao longo do tempo. Segundo Oliveira, Ceschim e Caldeira (2015), mecanismos envolvidos na origem e causa da diversidade são, constantemente, colocados como alvo de derivações heurísticas e epistemológicas, mesmo em diferentes contextos de produção do conhecimento científico acerca da Evolução Biológica, seja no próprio Darwinismo, na Teoria Sintética, ou nas ideias contemporâneas sobre evo-devo e eco-evo-devo (GANIKO-DUTRA; CESCHIM; CALDEIRA, 2020).

As análises históricas e epistemológicas, mostram que embora o DNA-centrismo tenha caracterizado as explicações sobre a origem e produção da diversidade orgânica desde 1920, especialmente na Teoria Sintética, não forneceu subsídios para entender a Biologia evolutiva como um todo e suas especificações de controle causal do processo evolutivo. Os genes e a alteração da frequência gênica nas populações, como resultado de processos seletivos,

não são a única explicação para a diversidade orgânica (OLIVEIRA; CESCHIM; CALDEIRA, 2015; OLIVEIRA, et al., 2016).

Os avanços atuais sobre eco-evo-devo reiteram outros mecanismos evolutivos além da seleção natural nas explicações da diversidade orgânica. Tais explicações se caracterizam por uma perspectiva pluralista, de diversos mecanismos operando de modo complementar no processo evolutivo como distintos modos de especiação, plasticidade fenotípica e construção de nicho (JABLONKA; LAMB 2010; PIGLIUCCI; MULLER 2010; ALMEIDA; EL-HANI, 2010; OLIVEIRA, HANI, 2010; OLIVEIRA, et al., 2016).

Para Oliveira, Ceschim e Caldeira (2015) os mecanismos adaptativos engendrados a partir da interação entre genótipo, organismo e ambiente (ecológico) são a base para entender a abordagem integrada da Biologia e porque essa abordagem é reiteradamente importante no cenário evolutivo.

Essa compilação epistemológica dispôs, a partir da década de 1970, algumas objeções candentes aos pressupostos conceituais consolidados pela Teoria Sintética e fez erigir campos de pesquisas cujo conteúdo contempla a ação integrada dos fatores biológicos no processo evolutivo: a evo-devo e a eco-evo-devo (OLIVEIRA; CESCHIM; CALDEIRA, 2015, p. 4).

Nesse contexto, observa-se a necessidade de abordar esses fundamentos epistemológicos e empíricos acerca da Biologia evolutiva na formação inicial e, também, na formação continuada, em uma articulação entre a história, epistemologia e didática.

[...] faz-se necessária a elaboração de atividades que abarquem a importância da perspectiva genética nos processos evolutivos (e contempla os pressupostos teóricos da Teoria Sintética e do Darwinismo), mas também, a pluralidade de fatores (interação geneorganismo-ambiente) necessária para explicar a diversidade morfológica (OLIVEIRA; CESCHIM; CALDEIRA, 2015, p. 4).

Segundo Caldeira (2020) as articulações de conhecimentos biológicos com os didático-pedagógicos não têm sido priorizada na formação inicial, isso acaba sendo um obstáculo para que os professores produzam práticas pedagógicas próprias, se tornando reféns de manuais didáticos. Além disso,

possibilita a superação de lacunas conceituais que impedem uma compreensão mais organizada e menos fragmentada epistemologicamente.

[...] resgatar variáveis que possibilitam ou interferem na articulação didática, utilizar esse levantamento para novas pesquisas empíricas e, por meio do conjunto de variáveis identificadas, analisar processos de articulação na formação inicial de professores em Ciências Biológicas. Identificar essas variáveis para garantir a inseparabilidade desses conhecimentos tornou-se fundamental para a área de pesquisa em Didática das Ciências/Biologia, reforçando a necessidade da continuidade das investigações sobre os elementos que integram as diferentes áreas do saber docente (CALDEIRA, 2020, p. 11).

Para Oliveira, Brando e Caldeira (2017) a Didática das Ciências é constituída por três objetos distintos: os atributos do professor, o processo de transposição/didatização do conhecimento e a natureza da ciência. A natureza da ciência é fundamental para o embasamento de uma estratégia didática efetiva, mesmo que as Ciências da natureza possuam características epistemológicas comuns, cada uma tem peculiaridades epistemológicas relevantes na estrutura do conhecimento e na sua conseqüente abordagem. Podemos pensar o mesmo para a Biologia evolutiva.

A Epistemologia surge como um elemento que aborda uma visão contextualizada da produção dos conceitos, a qual nos permite situar alguns pressupostos didáticos. No caso da Evolução Biológica, a Epistemologia passa a ser um subsídio fundamental já que algumas questões foram retomadas no contexto evolutivo. A partir de um percurso epistêmico, pode-se transitar entre os contextos de produção do conhecimento, investigando quais questões foram fulcrais em todo cenário da Evolução Biológica, o que é mantido e refutado enquanto teoria e/ou paradigma e como fazer uma prospecção para que esse tipo de abordagem seja inserido na Formação Inicial (OLIVEIRA; BRANDO; CALDEIRA, 2017, p. 91).

Dessa forma, entendemos que é fundamental a proposição de discussões históricas e epistemológicas para a compreensão mais aprofundada e contextual da Biologia evolutiva. Este reconhecimento e importância se traduz naturalmente na necessidade de introduzir esse pensamento no currículo, tanto da formação inicial como da formação continuada (ADÚRIZ-BRAVO et al, 2002).

Carneiro e Gastal (2005) ponderam que apesar do reconhecimento quase consensual na literatura sobre a necessidade da abordagem histórica dos conteúdos da Biologia, falta ainda um maior número de estudos que possibilitem uma avaliação sobre como essa perspectiva histórica tem sido efetivamente trabalhada em sala de aula, e em que contextos. Para as autoras,

[...] não basta afirmar a necessidade de adotar uma perspectiva histórica no ensino de Biologia sem que os instrumentos para que esta proposta seja levada a cabo de maneira satisfatória sejam desenvolvidos. Se pretendemos que a História da Biologia seja apresentada numa perspectiva distinta daquela que vem prevalecendo nos livros didáticos, é necessário repensar os cursos de formação inicial e continuada de professores. Tal necessidade também implica um esforço concentrado na produção de materiais curriculares que possam fornecer aos professores indicadores a respeito de como trabalhar esta abordagem em suas aulas (CARNEIRO; GASTAL, 2005, p. 38).

É nesse viés que as autoras Oliveira, Brando e Caldeira (2017) e Araújo (2020) investigaram uma possível articulação entre didática, história e epistemologia na formação inicial e continuada de professores, respectivamente.

No nível de formação inicial, Oliveira, Brando e Caldeira (2017) investigaram um grupo de pesquisa (Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Biologia) como um espaço de discussão dos conteúdos da Biologia evolutiva, seu potencial transversal e integrador, discutidos de acordo com referencial epistemológico e didático, possibilitando condições para que os alunos fizessem articulação entre o conceito e o ensino desse conceito.

Os autores constataram que as compreensões conceituais dos participantes do grupo de pesquisa são modificadas na medida em que discussões sobre a Biologia evolutiva contemporânea são propostas. Com isso, propõem um caminho didático para que as concepções sejam apreendidas de forma gradual, até que a perspectiva sistêmica seja apreendida, defendendo a abordagem das proposições atuais da evolução.

É relevante destacar a importância sobre a atualização do conhecimento do contexto de Ensino de Biologia na Formação Inicial uma vez que os conteúdos abordados nas salas de aula não deveriam estar restritos à transposição aos livros didáticos.

A leitura de artigos e de publicações estrangeiras é subsídio fundamental para que o professor possa buscar novos exemplos, compilações epistêmicas, desafios, suscitando novas dúvidas, indagações e colaborando com a formação de um professor e pesquisador cujo processo de formação permitiu um entendimento sobre a natureza do conhecimento biológico e suas vicissitudes (OLIVEIRA; BRANDO; CALDEIRA, 2017, p. 95).

Dentre as principais contribuições da articulação entre epistemologia e didática adotada no grupo de pesquisa, as autoras citam discussões e o entendimento sobre a integração de diferentes níveis em um processo biológico; a inserção de graduandos em um contexto de pesquisa científica, que não é comumente abordado nos cursos de Ciências Biológicas e que não está relacionada com a visão tradicional de cientista; o fornecimento de elementos à estruturação de textos didáticos sobre conteúdos biológicos que considerem aspectos da natureza da ciência do conhecimento biológico.

Silva, Justina e Corazza (2021) ponderam que é necessário ampliar, nos cursos de Ciências Biológicas, as discussões atuais da Biologia evolutiva, tais como epigenética, evo-devo, plasticidade fenotípica e nicho construído, para uma maior compreensão das teorias evolutivas. Defendem que essa abordagem deve estar presente na formação inicial: “[...] é preciso intensificar nos cursos de formação de professores o trabalho envolvendo a teoria da evolução, para que estes estejam capacitados a trabalhar a Biologia utilizando a evolução como eixo integrador” (SILVA; JUSTINA; CORAZZA, 2021, p. 567).

Como posto, a literatura tem indicado que um caminho para a superação da fragmentação, descontextualização e memorização dos conteúdos biológicos, é a utilização da história e epistemologia, especialmente da temática da Evolução Biológica. A abordagem histórica e filosófica, tanto na formação inicial, quanto na continuada, possibilita repensar o ensino de Biologia almejando-o de forma mais holística, integradora, por meio da organização central que Evolução Biológica exerce nos conteúdos biológicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO I AYMERICH, M.; ESTANY, A. Una propuesta para estructurar la enseñanza de la Filosofía de la Ciencia para el profesorado de Ciencias en formación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 465-476, 2002.)

ALMEIDA, A. M. R.; EL-HANI, C. N. Um exame histórico-filosófico da Biologia evolutiva do desenvolvimento. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 1, p. 9-10, 2010.

ALMEIDA, M. C; BARBOSA, L. A. R. S; EL-HANI, C. N; SEPULVEDA, C. **Pesquisa Colaborativa: um caminho para superação da lacuna pesquisa-prática e promoção do desenvolvimento profissional docente**. In: SEPULVEDA, C; ALMEIDA, M. (Org). Pesquisa Colaborativa e inovações educacionais em Ensino de Biologia. Feira de Santana: UEFS Editora, 2016.

ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa, formação e prática docente. In: ANDRÉ, M. (Org.) **Papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. Campinas: Papirus Editora, 2001. p. 55-69.

ARAÚJO, L. A. L. A evolução como tema central e unificador no ensino de Biologia: questões históricas e filosóficas. **Filosofia e História da Biologia**, v. 14, n. 2, p. 229-250, 2019.

ARAUJO, L. A. L. **Desafios de um ensino pluralista e integrado de evolução: análise de um curso de formação continuada para professores e biólogos**. 2020. 233f. Tese (doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

ARAÚJO, L. A. L. The centrality of evolution in biology teaching: towards a pluralistic perspective. **Journal of Biological Education**, p. 1-12, 2020.

BARBOSA, L. A. R.; SEPULVEDA, C.A. A (re) construção da identidade docente e o desenvolvimento profissional de professoras de Biologia integrantes de um Grupo Colaborativo de pesquisa. **Revista da SBEnBio**, São Paulo, n.7, p. 470-4722, out. 2014.

BASSOLI, F.; LOPES, J. G. S. Formação continuada de professores de Ciências em um Grupo Colaborativo: construindo caminhos. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, v. 10, p. 1-8, 2015.

BASTOS, F. e NARDI, R. **Debates recentes sobre formação de professores: considerações sobre contribuições da pesquisa acadêmica**. In BASTOS, F. e NARDI, R. (Org.) Formação de professores e práticas pedagógicas no ensino de Ciências: contribuições da pesquisa na área. São Paulo: Escrituras Editora, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular: educação é a base (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018.

Brasil. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino fundamental (BNCC)**. Brasília: MEC, 2020

BOAVIDA, A. M.; PONTE, J. P. Investigação colaborativa: Potencialidades e problemas. **Reflectir e investigar sobre a prática profissional**, n. 1, p. 43-55, 2002.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007.

CACHAPUZ, A. GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A.D.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das Ciências**. São Paulo : Cortez,

CALDEIRA, A. M. A. (Org.). **Didática e Epistemologia da Biologia**. 1ed.São Paulo: Espelho D'alma, 2020.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e Filosofia das Ciências no ensino de Biologia. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CESCHIM, B; OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. C.; Teoria Sintética e Síntese Estendida: uma discussão epistemológica sobre articulações e afastamentos entre essas teorias. **Filosofia e História da Biologia**, v. 11, n. 1, p. 1-29, 2016.

COELHO, M. A. V. P. Grupos colaborativos na formação de professores: uma revisão sistemática de trabalhos brasileiros. **Zetetiké**, v. 25, n. 2, p. 345-361, 2017.

CUNHA, A. M. O.; KRASILCHIK, M. A formação continuada de professores de Ciências: percepções a partir de uma experiência. **Reunião Anual da ANPED**, v. 23, p. 1-14, 2000.

DOBZHANSKY, T. "Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution." **The American Biology Teacher** 75 (2): 87–92, 1973.

DOBZHANSKY, T. **Genetics and the Origin of Species**. 1rd ed. New York: Columbia University Press, 1937.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia das Ciências na educação científica de nível superior. in: Silva, C. C. (Org.). **História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências: Da Teoria à Sala de Aula**. São Paulo (Brasil): Editora Livraria da Física: 2006.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa-3**. Artmed editora, 2008.

GAMA, R. P.; FIORENTINI, D. Formação continuada em grupos colaborativos: professores de matemática iniciantes e as aprendizagens da prática

profissional. **Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, v. 11, n. 3, 2009.

GANIKO-DUTRA, M.; CESCHIM, B.; CALDEIRA, A. M. A. **Nem só de seleção natural se constrói uma teoria evolutiva**. In: CALDEIRA, A. M. A. (org.). *Didática e epistemologia da Biologia* São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. p. 53-86.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

HARRISON, C. Evidence-based professional development of science teachers in two countries. **International Journal of Science Education**, v. 30 n. 5, p. 577-559, 2008.

JABLONKA, E.; LAMB, M. **Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral and symbolic variation in the history of life**. Cambridge: MIT Press, 2005.

JUSTINA, L. A. D. **Investigação sobre um grupo de pesquisa como espaço de formação inicial de professores e pesquisadores de Biologia**. 2011. 238 f. Tese Tese (Doutorado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2011

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, L. A. P. A história da ciência e o ensino de Biologia. **Ciência & Ensino** (5): 18–21, 1998.

MARTINS, L. A. P. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, R. A. A história das Ciências e seus usos na educação In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo, Editora Livraria da Física, 2006

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino das Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Ed. UnB, 1998.

MAYR, E. **Biologia, ciência única**. Editora Companhia das Letras, 2005.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA, República Federativa do Brasil. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000.

MEGLHIORATTI, F. A.; BORTOLOZZI, J.; CALDEIRA, A. M. A. História da Biologia: aproximações possíveis entre categorias históricas e concepções sobre ciência e evolução apresentadas pelos professores de Biologia. **Filosofia e história da ciência**. Ribeirão Preto: Kayrós Editora, p. 11-28, 2005.

MELLADO, V. J.; CARRACEDO, D. Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, p. 331-339, 1993.

MEYER, D; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da Biologia**. Unesp, 2005.

MINAYO, M. C. S. Amostragem e saturação em pesquisa qualitativa: consensos e controvérsias. **Revista pesquisa qualitativa**, v. 5, n. 7, p. 1-12, 2017.

MORAES, R. Uma Tempestade de Luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 191 – 211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual: discursiva**. 3. ed. Revisada e Ampliada. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

OLIVEIRA, M. C. A.; EL-HANI, Charbel Niño. Abordagem explícita da natureza da ciência (NdC) a partir da Ecologia do ensino médio. **Anais...** XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC, 2019.

OLIVEIRA, T. B; ROCHA, F. B; KOHLSDORF, T; CALDEIRA, A. M.A. Eco-Evo-Devo: uma (re) leitura sobre o papel do ambiente no contexto das Ciências Biológicas. **Filosofia e História da Biologia**, V. 11, n. 2, p. 323-346, 2016.

OLIVEIRA, T. B. ; CALDEIRA, A. M. A; BRANDO, F. R. Evolução Biológica: ECO-EVO-DEVO na formação inicial de professores e pesquisadores. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc**, v. 12, n. 2, p. 81-98, 2017.

PIETRICOSKI, L. B. **HISTÓRIA DO CONHECIMENTO SOBRE A SÍNDROME DE DOWN E SUAS INTERFACES COM AS COMPREENSÕES DE LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**. 2021. 205f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Educação Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Cascavel, 2021.

PIGLIUCCI, M.; MÜLLER, G. B. **Evolution—the extended synthesis**. 2010.

PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e história da Biologia**, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2009.

SEPULVEDA, C.; ALMEIDA, M. A. **Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de Biologia**. Feira de Santana: UEFS Editora, v. 1, p. 49-95, 2016.

SILVA, A. A.; JUSTINA, L. A. D.; CORAZZA, M. J. O Síntese moderna e síntese estendida da Evolução Biológica na perspectiva de acadêmicos de Ciências biológicas de duas universidades brasileiras. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc**, v. 16, n. 3, p. 553-568, 2021.

SILVA, V. F.; BASTOS, F. Formação de professores de Ciências: reflexões sobre a formação continuada. **Alexandria**, p. 150-188, 2012.

SIMÃO, A.; FLORES, M.; MORGADO, J., FORTE, A.; ALMEIDA, T. Teacher Education in collaborative backgrounds. **An ongoing research project. Sísifo Educational Sciences Journal**, v. 8, p. 55-68, 2009.

URZETTA, F. C.; CUNHA, Ana Maria de Oliveira. Análise de uma proposta colaborativa de formação continuada de professores de Ciências na perspectiva do desenvolvimento profissional docente. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, p. 841-858, 2013.

WORTMANN, M. L. C. É possível articular a Epistemologia, a História da Ciência e a Didática no ensino científico? **Episteme, Porto Alegre**, 1(1): 59-72, 1996.

ZABOTTI, K.; JUSTINA, L. A. J. O ensino dos temas “Origem da Vida” e “Evolução Biológica” em dissertações e teses brasileiras (2006 a 2016). **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 16, n. 36, p. 82-98, 2020.

## CAPÍTULO I: AS CONTRIBUIÇÕES DE THEODOSIUS DOBZHANSKY PARA A CONSTRUÇÃO DA TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO

### RESUMO

A Evolução Biológica é considerada o eixo integrador e unificador do conhecimento biológico e, mais do que isso, para o geneticista e evolucionista Theodosius Dobzhansky, “nada na Biologia faz sentido exceto à luz da Evolução”. A partir dessa afirmação, procuramos compreender as contribuições de Dobzhansky para o entendimento da diversidade das espécies no século XX e como seus estudos genéticos foram essenciais para a formulação da Teoria Sintética da Evolução, que promulgou tais premissas que o conhecimento evolutivo exerce na Biologia. Para isso, realizamos análise documental, sendo de sua principal obra é a que teve maior impacto na síntese, o livro “Genética e Origem das Espécies”, com primeira publicação em 1937. Dentre as principais contribuições identificamos a união das tradições experimentais e naturalistas e, que as mudanças evolutivas das espécies são descontínuas e ocorrem a nível de população.

**Palavras-chave:** História da Ciência; Epistemologia da Biologia; Evolução Biológica.

### 1. INTRODUÇÃO

O estudo de episódios históricos evidencia as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade. Compreender a história da ciência é fundamental para superar visões ingênuas, tais como a concepção de ciência como verdade, aquilo que foi provado, imutável, eterno, descoberto por gênios ao qual não lhes cabe erro (MARTINS, 1998; MARTINS, 2006).

A abordagem histórica permite compreender que a ciência muda ao longo do tempo, sendo um conhecimento provisório, construído por seres humanos falíveis e que, por seu esforço comum (social), tendem a aperfeiçoar esse

conhecimento, sem nunca possuir a garantia de poder chegar a algo definitivo (MARTINS, 2006).

Nesse sentido, é relevante estudos que se dedicam a compreender determinados episódios históricos, na busca de um entendimento mais aprimorado sobre a construção dos conceitos científicos e suas implicações no corpus do conhecimento atual, em especial acerca dos conceitos evolutivos. Nesse sentido, o presente estudo objetiva compreender quais foram as contribuições de Theodosius Dobzhansky para a construção do conhecimento acerca da diversidade biológica, e mais especificamente, sua contribuição para o desenvolvimento da Teoria Sintética da Evolução, no início do século XX. Tal indagação vem da popularidade (observada em muitos artigos, especialmente sobre ensino de evolução) da seguinte frase de Dobzhansky (1973, p. 125): “nada na Biologia faz sentido exceto à luz da Evolução”. Ridley (2006) afirma ser uma frase frequentemente citada e dificilmente exagerada.

Dessa forma, questionamos: Quais foram as contribuições de Dobzhansky para o entendimento da diversidade das espécies no início do século XX? Como estudos genéticos desenvolvidos por ele foram essenciais para a síntese? Inicialmente, para respondermos essas questões, realizaremos uma contextualização histórica acerca do meio científico na época.

## **2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA: A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA no final do século XIX e início do século XX**

No século XIX, em 1859, Charles Darwin (1809-1882) publicou a obra “*On the Origin of Species*” (A Origem das Espécies). Nessa obra, Darwin explicou a diversidade das espécies a partir de uma descendência comum, na qual estariam conectadas em uma árvore da vida, diversificando-se em um padrão ramificado.

Darwin resumiu a Evolução como uma árvore, na qual suas ramificações representam o surgimento de novas espécies que podem, por sua vez, também ramificar-se, originando outras novas. Isso resulta no processo de descendência comum, em que diferentes espécies partilham ancestrais comuns. Nesse sentido, a visão evolutiva indica que “todas as formas de vida que existem hoje, ou existiram no passado, são descendentes de formas preexistentes. Todos os

seres vivos são, ainda que remotamente, aparentados uns aos outros, unidos através de seus elos com ancestrais comuns” (MEYR; EL-HANI, 2000, p. 160).

Além de usar a árvore como metáfora<sup>1</sup> para explicar a Evolução, Darwin também postulou cinco grandes teorias da Origem das Espécies, sendo elas: (1) as espécies evoluem continuamente ao longo do tempo; (2) diferentes tipos de organismos descendem de um ancestral comum; (3) as espécies se multiplicam ao longo do tempo (especiação); (4) a evolução se dá por meio de mudanças graduais na população; (5) o mecanismo da evolução é a competição entre grandes números de indivíduos únicos por recursos limitados, o que leva a diferenças nos fatores de sobrevivência e reprodução (a teoria da seleção natural) (MAYR, 2005).

O argumento de Darwin (1859) era que a seleção natural emerge como uma conclusão necessária a partir de duas premissas: (1) a suposição que variações hereditárias úteis para organismos ocorrem, e (2) a observação de que mais indivíduos são produzidos do que podem possivelmente sobreviver. A maior dificuldade enfrentada por Darwin era a falta de uma teoria adequada da herança, que explicasse a preservação através das gerações das variações nas quais a seleção natural deveria agir (AYALA; FITCH, 1997).

Segundo Mayr (1998) após a publicação da Origem das Espécies, por cerca de 80 anos, houve uma diversidade de opiniões e entre os evolucionistas a respeito da diversidade das espécies e aceitação das ideias de Darwin, principalmente do mecanismo evolutivo, a seleção natural (teoria compartilhada por Wallace<sup>2</sup>). A história de aceitação de Darwin foi essencialmente a mesma na Alemanha, Inglaterra e nos Estados Unidos, no qual a evolução foi aceita rapidamente, mas a teoria da seleção natural não.

A aceitação da seleção natural ocorreu uma década depois da publicação da “A Origem das Espécies”, na Inglaterra, por poucos naturalistas, dentre eles Wallace, Bates, Hooker, entre outros. No entanto, ela não foi aceita pelos

---

1 Darwin resumiu a mudança das espécies fazendo uma metáfora com uma árvore. As ramificações representam o surgimento de novas espécies que podem, por sua vez, também ramificar-se, originando outras novas. A partir disso, temos a descendência comum, em que diferentes espécies partilham ancestrais comuns (MAYR, 2009).

<sup>2</sup> Em 1958, um ano antes da publicação da Origem da Espécies, Darwin e Wallace publicaram um artigo sobre a perpetuação de variedades e espécies por meio de seleção natural.

biólogos experimentalistas, tendo em vista a sua impossibilidade de comprovação experimental (MAYR, 1998).

O darwinismo, na última parte do século XIX, enfrentou uma teoria evolucionária alternativa conhecida como neo-lamarckismo (hereditariedade tênue). Essa hipótese compartilhava com a teoria original de Lamarck a importância do uso e desuso no desenvolvimento e obliteração dos órgãos, e acrescentou a noção de que o meio ambiente atua diretamente sobre as estruturas orgânicas, o que explica sua adaptação aos modos de vida e ambientes de cada organismo. Os adeptos dessa teoria rejeitaram a seleção natural como uma explicação para a adaptação ao meio ambiente (AYALA; FITCH, 1997).

Segundo Mayr (1998), quando aumentou o conhecimento da citologia e dos cromossomos, diversos autores começaram a questionar qualquer herança dos caracteres adquiridos. No entanto, a rejeição da hereditariedade tênue teve avanços após 1884, quando August Friedrich Leopold Weismann (ano nascimento e morte) publicou a sua teoria da linha germinal na obra "*The germ-plasm: a theory of heredity*" (O germoplasma: uma teoria da hereditariedade), em 1893, e propôs uma separação completa e permanente do soma (células sem ser as reprodutivas) e do plasma germinal (material responsável pela hereditariedade, contido nas células reprodutivas). Weismann admitia que apenas o plasma germinativo era transmitido de uma geração a outra.

Nesse contexto do final do século XIX, os mecanismos de hereditariedade e a questão da herança de caracteres adquiridos eram centrais nas discussões a respeito da teoria da evolução. Segundo Martins (2010, p. 173):

Weismann se opôs diretamente à ideia de herança de caracteres adquiridos e publicou diversos trabalhos sobre esse assunto, influenciando toda uma geração de biólogos. No entanto, o real significado de sua contribuição é descrito de forma equivocada. Ele não fez experimentos conclusivos, nem conseguiu refutar os experimentos de Brown-Séguard. Sua principal contribuição ao debate sobre herança de caracteres adquiridos foi teórica.

Uma análise detalhada sobre o papel que Weismann exerceu nas discussões teóricas e nas pesquisas experimentais pode ser consultada nos estudos de Martins (2003) e Martins (2010).

A eliminação da hereditariedade tênue, que até então tinha sido considerada a fonte maior da variabilidade individual, obriga o evolucionista, dizia Weismann, a procurar uma nova origem para o fenômeno, a qual dependa inteiramente do processo de seleção. Os seus conhecimentos de citologia permitiram-lhe dar nome ao fenômeno particular que, mais plausivelmente, responde pela variabilidade genética. Tratava-se do processo que hoje se chama *crossing over* (permuta). “[...] Ninguém antes de Weismann havia entendido o extraordinário poder da recombinação sexual, como origem da variabilidade genética” (MAYR, 1998, p. 599).

Para Mayr (1998) o impacto de Weismann sobre a Biologia evolucionista foi de grande alcance, forçando os pesquisadores biológicos a tomar posição sobre o problema da hereditariedade dos caracteres adquiridos. Nos cinquenta anos seguintes, a maior parte das controvérsias evolucionistas girava em torno dos problemas que Weismann havia formulado.

O elo que faltava no argumento de Darwin foi fornecido pela genética Mendeliana. Mais ou menos na época em que “A Origem das Espécies” foi publicada, o monge agostiniano Gregor Mendel (1822-1884) estava realizando uma longa série de experimentos com ervilhas no Jardim de seu mosteiro em Brünn, Áustria-Hungria (agora Brno, República Tcheca). O artigo de Mendel, publicado em 1866, formulou os princípios fundamentais de uma teoria da hereditariedade que explicava a herança biológica por meio de fatores particulados (agora chamados de " genes ") herdados de cada um dos pais, que não se misturam ou se misturam, mas segregam na formação das células sexuais, ou gametas (AYALA; FITCH, 1997).

É muito comum lermos em diferentes fontes que Darwin não tinha uma teoria da herança e que, portanto, não conseguiu construir uma visão mais sofisticada da Evolução Biológica em seu tempo (EL-HANI, BIZZO, 2009). No entanto, Bizzo (2008) e El-Hani, Bizzo (2009) ressaltam que embora na época não havia conhecimento dos mecanismos hoje reconhecidos para explicar como características hereditárias são transmitidas de uma geração à seguinte (e quais as fontes de novas características), tinha o conhecimento trazido por Mendel, com uma visão bem definida sobre a maneira como características hereditárias eram transmitidas de uma geração à outra. Mendel explicava que:

[...] o cruzamento de plantas com características diferentes não resultava em misturas intermediárias na descendência, mas, ao contrário, as características se comportavam de forma discreta, mantendo sua integridade ao longo das gerações". (EL-HANI, BIZZO, 2009, p. 238)

A partir daí temos um cenário com ênfase no papel da hereditariedade na evolução. Na Holanda, Hugo de Vries (1848-1935) propôs uma nova teoria da evolução conhecida como mutacionismo, em 1901, que essencialmente eliminou a seleção natural como um processo evolutivo importante. Segundo ele, existem dois tipos de variação nos organismos. A “comum” observada entre os indivíduos de uma espécie, não tem consequências duradouras na evolução porque, de acordo com de Vries, ela não poderia levar a uma transgressão da fronteira da espécie. A segunda consiste nas mudanças provocadas por mutações, alterações espontâneas de genes que produzem grandes modificações do organismo e dão origem a novas espécies. De acordo com de Vries, uma nova espécie se originava repentinamente, produzida pela existente, sem qualquer preparação visível e sem transição (AYALA; FITCH, 1997).

O mutacionismo foi combatido por muitos naturalistas, em particular pelos chamados biometristas, liderados pelo britânico Karl Pearson, que defendeu a seleção natural darwiniana como a principal causa da evolução por meio dos efeitos cumulativos de variações pequenas, contínuas e individuais (que os biometristas presumiram passar de uma geração para a seguinte sem estarem sujeitas às leis de herança de Mendel) (AYALA; FITCH, 1997).

A controvérsia entre mutacionistas (também chamados na época de Mendelianos) e biometristas aproximou-se de uma resolução nas décadas de 1920 e 1930, por meio do trabalho teórico dos geneticistas Ronald Fisher, John Burdon Sanderson Haldane e Sewall Wright. Esses geneticistas usaram argumentos matemáticos para mostrar, primeiro, que a variação contínua (em características como tamanho, número de ovos postos e semelhantes) poderia ser explicada pelas leis de Mendel; e segundo, que a seleção natural agindo cumulativamente em pequenas variações poderia produzir grandes mudanças evolutivas em forma e função. Tais trabalhos contribuíram para a queda do mutacionismo e forneceram uma estrutura teórica para a integração da genética na teoria da seleção natural de Darwin. No entanto, tiveram um impacto limitado

sobre os biólogos contemporâneos porque foi formulado em uma linguagem matemática que a maioria dos biólogos não conhecia; porque era quase exclusivamente teórico, com pouca corroboração empírica; e porque era de escopo limitado, omitindo em grande parte muitas questões, como a especiação, que era de grande importância para os evolucionistas (AYALA; FITCH, 1997; MAYR, 1998).

Segundo Ayala e Fitch (1997), foi a obra de Dobzhansky que apresentou um relato abrangente do processo evolutivo em termos genéticos, atado com evidências experimentais que sustentavam os argumentos teóricos. Teve um enorme impacto sobre os naturalistas e biólogos experimentais, que rapidamente adotaram a nova compreensão do processo evolutivo como uma mudança genética nas populações. O interesse pelos estudos evolutivos foi muito estimulado, e contribuições para a teoria logo começaram a surgir, estendendo a síntese da genética e da seleção natural a uma variedade de campos biológicos. Para Mayr (1998, p. 634):

Existe total consenso entre os partícipes da síntese evolucionista, bem como entre os historiadores, no sentido de que foi uma publicação particular que preconizou o início da síntese, e que efetivamente foi mais responsável por ela do que qualquer outra. [...] Todo o primeiro capítulo era dedicado à diversidade orgânica, e os outros cobriam a variação nas populações naturais, a seleção, os mecanismos de isolamento e as espécies como unidades naturais.

Com isso, Dobzhansky é considerado um dos arquitetos da síntese, lado de Ernst Mayr (1904-2005), George Gaylord Simpson (1902-1984), George Ledyard Stebbins (1906-2000), Ronald A. Fisher (1890-1962), Julian Huxley (1887-1975), dentre outros (MAYR, 1998).

Como posto na contextualização histórica inicial deste estudo, nota-se o papel importante das contribuições de Dobzhansky na Biologia evolutiva, principalmente na Síntese da Teoria Sintética da Evolução. A seguir, discorreremos de forma pontual a respeito dessas contribuições e seu papel na síntese.

### 3. A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NA PERSPECTIVA DE THEODOSIUS DOBZHANSKY

O biólogo e geneticista Theodosius Dobzhansky (1900-1975) nasceu em 29 de janeiro de 1900 em Nemirov, Ucrânia. Graduou-se em Biologia pela Universidade de Kiev em 1921, onde se dedicou aos estudos em entomologia, concentrando-se especialmente nos estudos de besouros. No mesmo ano, tornou-se professor assistente de zoologia do Instituto Politécnico dessa cidade (AYALA, 1985).

Segundo Glick (2008) seus estudos com besouros prenunciavam sua abordagem posterior da genética populacional, tendo em visto que na época a pesquisa entomológica na Rússia não focava espécimes individuais, mas grupos. Em tais circunstâncias, o problema prático e teórico central era distinguir diferentes espécies e, dentro delas, distintas subespécies e variedades. Na zoologia russa, eram os entomologistas quem melhor entendiam a necessidade de uma interpretação genética do problema das espécies.

[...] Diferentemente da pesquisa entomológica nos Estados Unidos, onde apenas se discutiam espécies no contexto da taxonomia, na Rússia era comum o estudo de espécies com referência a conceitos evolucionários, como fatores afetando a especiação. Como era bastante aceito que a intersterilidade seria um identificador das fronteiras entre espécies, entomólogos russos desenvolveram a ideia do isolamento como fator na especiação. Dobzhansky queria entender quais eram os mecanismos causadores do isolamento (GLICK, 2008, p. 316).

Dobzhansky entendia as espécies como grupos de indivíduos que poderiam ser descritos como tendo considerável variação genética e plasticidade, uma população dentro da qual genes poderiam ser trocados (GLICK, 2008).

Em 1924, a convite do professor Iuri Filipchenko, transferiu-se, como docente, para a Universidade de Leningrado, onde passou a estudar *Drosophila melanogaster*. No final de 1927, Dobzhansky chegou aos Estados Unidos, com uma bolsa da Fundação Rockefeller para trabalhar no laboratório de estudos

sobre *Drosophila*, de Thomas Hunt Morgan, na Universidade Columbia. Em 1930, mudou-se para o Instituto de Tecnologia da Califórnia, para onde Morgan transferiu seu laboratório (AYALA, 1985).

Desenvolveu um método para estudar populações naturais de *Drosophila*, escrevendo sua famosa série de artigos sobre genética populacional experimental (AYALA, 1985; GLICK, 2008).

Dobzhansky publicou uma série de artigos científicos e livros. A lista completa de suas publicações abrangem cerca de 600 títulos, sendo 12 livros. A gama de assuntos é enorme e inclui resultados de pesquisas experimentais em várias áreas da Biologia. Embora essa produção seja diversa, todas as publicações são unificadas, sendo que a Evolução Biológica é o tema que as une (AYALA, 1985).

Embora o grande número de publicações relevantes para a Biologia, é na obra “Genetics and the Origin of Species” (Genética e Origem das Espécies) que ele reúne e integra os conhecimentos genéticos e evolutivos:

A contribuição mais significativa de Dobzhansky para a ciência sem dúvida foi seu papel na formulação da síntese moderna da teoria da evolução. Seu livro “Genética e a Origem das Espécies”, primeira publicação em 1937, pode ser considerado o mais importante livro de teoria da evolução no século XX. O título do livro sugere seu tema: o papel da genética na explicação das espécies (AYALA, 1985, p. 166. *Tradução nossa*).

Provine (1994) realizou um estudo histórico com o objetivo de rastrear “Genetics and the Origin of Species” de Dobzhansky, publicada em 1937. Segundo o autor, o livro é fruto das palestras “Jesup Lectures” (palestras Jesup) da Universidade de Columbia. Ele participou como palestrante em outubro e início de novembro de 1936, a convite do geneticista Leslie C. Dunn da Universidade de Columbia para visitar a universidade e inaugurar um novo conjunto de palestras, intitulado “Jesup Lectures”, uma série adormecida desde 1910.

No final de dezembro de 1936, o conselho editorial da “Columbia Biological Series at Columbia University Press” decidiu publicar as palestras como um livro. Nos últimos dias de 1936, Dobzhansky começou a escrever e

finalizou em poucos meses. Foi rapidamente publicado, e fez dele um dos mais prestigiados evolucionistas (PROVINE, 1994).

A seguir, discorreremos a análise da obra de Theodosius Dobzhansky “Genetics and the origin of species” (Genética e a Origem das Espécies) de 1937. A análise tem enfoque na seção “Organic diversity” (Diversidade Orgânica).

### **3.1 Theodosius Dobzhansky “Genetics and the origin of species”: “Organic diversity” (1937)**

Inicialmente, Dobzhansky atesta que a Evolução existe e não tem motivo para discutir suas evidências, mas sim, as causas da variedade, os mecanismos evolutivos responsáveis pela mudança orgânica. Em busca dessas respostas, seu enfoque de pesquisa e deste capítulo em questão, recai sobre a genética.

Segundo o autor, a genética preocupa-se, em parte, com o problema da diversidade orgânica, voltada às propriedades mais gerais e fundamentais da matéria viva. É considerada como um aspecto da unidade por meio de um estudo dos mecanismos que podem ser responsáveis pela produção e manutenção da variação, uma análise das forças conflitantes que tendem a aumentar ou nivelar as diferenças entre os organismos. Ele busca fazer relações de tais estudos genéticos com os conhecimentos de taxonomia, ecologia, fisiologia e outras disciplinas relacionadas. Em suas palavras:

O objetivo do presente livro é revisar a informação genética levando em conta o problema da diversidade orgânica, e, na medida do possível, fazer uma correlação com os dados pertinentes, fornecidos pela taxonomia, ecologia, fisiologia e outras disciplinas relacionadas. Este livro não está preocupado com os aspectos puramente morfológicos do problema. A morfologia e a genética possuem diferentes aspectos para a evolução – diversidade das espécies. A morfologia mostra que mudou, procura descrever as mudanças ocorridas ao longo do tempo, mas não diz a natureza dessas mudanças. Darwin foi o primeiro a se preocupar com os mecanismos evolutivos de forma causal ao invés de histórica (DOBZHANSKY, 2013, p.403).

Segundo Dobzhansky, Darwin foi um dos poucos evolucionistas do século XIX cujos maiores interesses estavam em estudar os mecanismos de evolução de uma forma causal ao invés de histórica e, que foi exatamente o aspecto causal da evolução que começou a atrair mais atenção e foi abraçado pela genética e Ciências a ela relacionadas. Nesse sentido, a genética e não a morfologia evolutiva é a herdeira da tradição darwiniana.

Ele contextualiza a respeito das mudanças ocorridas na área, na qual a fisiologia, junto com métodos quantitativos e predominância da experimentação, ganhou mais espaço na pesquisa científica:

[...] a sistemática e a morfologia, duas disciplinas predominantemente descritivas e observacionais, estiveram à frente dentre as Ciências biológicas durante os séculos XVIII e XIX. Mais recentemente, a fisiologia ficou em primeiro plano, acompanhada da introdução de métodos quantitativos e por uma mudança da observação do passado para uma predominância da experimentação (DOBZHANSKY, 1937, p.402).

Dobzhansky explica como a genética contribui para o problema dos mecanismos da evolução, sendo que, para ele, a teoria evolutiva que não leva em conta os princípios estabelecidos pela genética, está imperfeita em sua fonte.

Cada indivíduo se parece com seus progenitores em alguns aspectos, mas difere deles em outros. Tomando um grupo – uma população – qualquer geração sucessiva de uma espécie se assemelha, mas nunca é uma réplica da geração precedente. A evolução é um processo que resulta do desenvolvimento das dissimilaridades entre a população ancestral e a descendente. Os mecanismos que determinam as similaridades e as dissimilaridades entre progenitores e prole constituem o objeto da genética (DOBZHANSKY, 1937, p.405).

Segundo Dobzhansky, a genética é a fisiologia da herança e variação. Esta é a razão pela qual o questionamento para um entendimento dos mecanismos da continuidade ou mudança evolutiva tem recaído na genética. Mas a herança e a variação podem ser estudadas de forma independente, como funções fisiológicas gerais, sem referência às suas relações com o problema da diversidade orgânica, em quaisquer de suas ramificações.

O autor resume quais foram as questões respondidas pela genética até aquele momento,

[...] o sucesso da genética tem sido até agora os estudos sobre os mecanismos da transmissão de características herdáveis dos progenitores para a prole [...] A transmissão das características hereditárias foi colocada sob o controle humano, no sentido de que nos organismos que foram bem estudados geneticamente, as características dos descendentes são frequentemente previsíveis, com maior grau de acurácia, a partir de um conhecimento das características dos progenitores. Em *Drosophila melanogaster* e em menor proporção em algumas outras formas, tipos hereditários que possuem um determinado conjunto de características podem, dentro de certos limites, ser sintetizados à vontade, e os esquemas de tais “sínteses”, transformados em teoria, quase sempre ocorrem, de fato, nos mínimos detalhes, nos experimentos (DOBZHANSKY, 1937, p.406).

Observa-se que os estudos experimentais permitiram testar os mecanismos de transmissão da informação genética, a hereditariedade. Para o autor, os mecanismos envolvidos na hereditariedade já foram resolvidos, no entanto, pondera:

A elegância e precisão dos métodos delineados pela genética para controlar os resultados dos experimentos envolvendo cruzamentos de indivíduos que diferem em muitas características hereditárias, levaram à alegação de que o problema da hereditariedade tem sido resolvido. Embora muito trabalho ainda deva ser feito nesse campo, pode-se certamente dizer que agora as leis de transmissão de características hereditárias são amplamente compreendidas. Mas o problema da hereditariedade é maior. Conhecendo as regras que regulam as distribuições das características hereditárias entre as células sexuais de um organismo, é possível prever quais constelações de genes estarão provavelmente presentes no zigoto formado a partir da união de tais células sexuais. Entre os genes de um óvulo fertilizado e as características de um organismo adulto que surgem a partir dele existe, entretanto, o desenvolvimento completo do indivíduo durante o qual os genes exercem sua ação determinante. Os mecanismos da ação gênica no desenvolvimento constituem o problema central da segunda maior subdivisão da genética: isto tem sido rotulado de diferentes modos, tais como: a genética da compreensão das características hereditárias, fenogenética ou genética do desenvolvimento (DOBZHANSKY, 1937, p.406).

Naquele momento, a genética dava conta de responder aos principais questionamentos no que se refere à hereditariedade mediante aos estudos experimentais. No entanto, Dobzhansky lança a seguinte questão não resolvida: os mecanismos de ação gênica no desenvolvimento embrionário e na ontogenia. Atualmente, o papel da ação gênica no desenvolvimento embrionário e ontogenia constitui umas das principais e mais importantes discussões sobre a mudança orgânica das espécies e compreende a Síntese Estendida da Evolução (OLIVEIRA, et al. 2016).

Dobzhansky elucida que a genética possui três divisões, sendo a genética da transmissão, a genética da realização dos materiais hereditários e a genética de populações. As duas primeiras se preocupam com os indivíduos como unidades, sendo que a genética da transmissão estabelece as leis que governam a formação da constelação gênica nos zigotos individuais, enquanto a genética da realização dos materiais hereditários, lida com os mecanismos da ação gênica na ontogenia. A terceira subdivisão da genética tem como campo os processos que ocorrem em grupos de indivíduos, em populações.

Para Dobzhansky, a população possui uma constituição genética definida, que é uma função da constituição dos indivíduos que compõem o grupo, assim como a composição química de uma rocha é função dos minerais que entram em sua composição. As leis que governam a estrutura genética de uma população são, todavia, distintas daquelas que governam a genética de indivíduos:

Imagine, por exemplo, que surgiram em uma espécie alguns fatores que impedem o surgimento de indivíduos ou muito altos ou muito baixos. Do ponto de vista do indivíduo, alguns genes do crescimento adquiriram propriedades letais, e os efeitos desses genes podem ser descritos adequadamente afirmando a natureza precisa das reações fisiológicas que levam à morte. Do ponto de vista da genética de populações, a morte dessa categoria de indivíduos é meramente o início de uma cadeia complexa de consequências: as frequências relativas de indivíduos homozigotos e heterozigotos para o desenvolvimento de certos genes e para genes localizados nos mesmos cromossomos seriam alterados; alguns fatores genéticos que foram previamente eliminados por serem nocivos podem se tornar neutros ou mesmo favoráveis; após algumas gerações a constituição genética da espécie como um todo pode ser mudada (DOBZHANSKY, 1937, p.408).

Para Dobzhansky a evolução é uma mudança na composição genética das populações, dessa forma, os mecanismos da evolução constituem problemas dessa área da genética. Ele adverte que as mudanças observadas em nível populacional podem ser de diferentes ordens ou magnitudes.

O Autor traz a explicação para outro conceito, a microevolução:

A experiência parece mostrar, entretanto, que não existe um caminho para o entendimento dos mecanismos de mudanças macroevolutivas, o que demandaria a consideração do tempo na escala geológica e uma completa compreensão dos processos microevolutivos observáveis dentro da duração da vida humana e, frequentemente, controlados pela vontade do homem. Por essa razão, somos compelidos relutantemente, no estado presente do conhecimento, a igualar os mecanismos de macro e microevolução, e, assim procedendo, empurrar nossas investigações para tão longe quanto essa hipótese de trabalho possa permitir (DOBZHANSKY, 1937, p.408).

Para Dobzhansky, a evolução é um processo de mudança ou movimento, no qual o mundo vivo tal como se apresenta não foi sempre assim, ele muda. O que se estuda é uma secção de linhagens filogenéticas cruzadas, cujos inícios se perderam em um passado 'obscuro'. Segundo ele, como evolução é movimento, a descrição de qualquer movimento pode ser lógica, e é dividida em duas partes: estática e dinâmica. A estática trata das forças que produzem movimento e o equilíbrio dessas forças. A dinâmica está relacionada com o próprio movimento em si e a ação das forças que o produzem (DOBZHANSKY, 1937).

Observa-se uma analogia com a física para a explicação das mudanças evolutivas. A estática evolutiva é definida como as forças que devem ser consideradas como fatores possíveis que produzem mudanças na composição genética das populações (estática evolutiva), e as interações dessas forças na raça e na formação e extinção da espécie (dinâmica evolutiva).

Simplificando, os mecanismos evolutivos sob o ponto de vista de um geneticista aparecem como se seguem. As mudanças gênicas, mutações, são a fonte mais óbvia das mudanças evolutivas e da diversidade em geral. A seguir, vêm as mudanças de um tipo mecânico mais grosseiro envolvendo os rearranjos dos materiais genéticos dentro dos cromossomos. Parece provável, no presente, que tais rearranjos possam produzir ocasionalmente mudanças no funcionamento dos

próprios genes (efeitos de posição), uma vez que os efeitos de um gene sobre o desenvolvimento são determinados não apenas pela estrutura daquele próprio gene em si, mas também pelos seus vizinhos (DOBZHANSKY, 1937, p.409).

Para Dobzhansky, as mutações e mudanças cromossômicas surgem com certa frequência em todos os organismos que foram suficientemente estudados, fornecendo então, constante e incessantemente, a matéria prima para a evolução. Mas, segundo ele, “a evolução envolve algumas vezes alguma coisa a mais do que a origem de mutações” (DOBZHANSKY, 1937, p. 410). Tais mutações e mudanças no cromossomo são somente o primeiro estágio ou nível do processo evolutivo governadas por leis da fisiologia do indivíduo. O segundo nível do processo evolutivo está relacionado com a população, no qual o impacto do meio produz mudanças históricas na população vivente:

Uma vez produzidas, as mutações são injetadas na composição genética da população, onde o seu destino é determinado pelas regularidades da dinâmica da fisiologia das populações. Nas gerações imediatamente seguintes à sua origem, a mutação pode ser perdida ou ter sua frequência aumentada e isso (no caso de mutações recessivas) sem considerar os efeitos benéficos ou deletérios da mutação. As influências da seleção, migração e isolamento geográfico então modelam em novos formatos a estrutura genética das populações, em conformidade com o ambiente secular e a ecologia, especialmente o hábito de cruzamentos das espécies (DOBZHANSKY, 1937, p.410).

O terceiro nível do processo evolutivo é o domínio da fixação da diversidade já atingida nos dois níveis precedentes. Raças e espécies, como agrupamentos discretos de indivíduos, somente podem existir se as estruturas genéticas de suas populações forem preservadas, distintamente, por alguns mecanismos que impedem seus intercruzamentos. Se não for possível evitar o intercruzamento de duas ou mais populações inicialmente diferentes, ocorrerá uma troca de genes entre elas e a conseqüente fusão de grupos distintos em um único grupo variável. Um número de mecanismos encontrados na natureza (isolamento ecológico, isolamento sexual, esterilidade do híbrido e outros) protege desta fusão de grupos discretos e a conseqüente decadência da variabilidade descontínua. A origem e o funcionamento dos mecanismos de

isolamento constituem um dos mais importantes problemas da genética de populações.

Os agentes que produzem a variação (mutação gênica, mudanças cromossômicas) são conhecidos através de experimentos de laboratório. Mas não existe *a priori* uma certeza de que esses agentes observados nas condições de laboratório sejam efetivos na natureza e responsáveis pela diversidade orgânica empiricamente observada fora do laboratório. Assumimos que este é o caso porque até agora nenhuma outra proposta de trabalho mais satisfatória foi proposta. Todavia, a validade de uma hipótese de trabalho deve ser rigorosamente testada examinando se as diferenças entre as formas encontradas na natureza podem ser explicadas através dos elementos cuja origem é conhecida nos experimentos. Assim, a estática evolutiva será coberta pelos Capítulos II-IV. A seguir o estágio dinâmico, o processo evolutivo no senso estrito, será considerado nos Capítulos V-XI. Aqui se deve necessariamente proceder pela inferência, pois, com pouquíssimas exceções importantes, o experimentalista não está em posição de reproduzir no laboratório os processos históricos que ocorreram na natureza. Entretanto, o rápido crescimento do corpo de evidências observacionais e puramente experimentais oferece a promessa de que uma análise adequada da dinâmica evolutiva será possível em um futuro não muito distante (DOBZHANSKY, 1937, p.411).

Dobzhansky trata a diversidade como uma *descontinuidade*, na qual a diversidade é a descontinuidade da variação entre os organismos. Para ele, se observar uma maior quantidade possível de seres vivos em um dado tempo, percebe-se que a variação observada não forma nenhum tipo de distribuição contínua. Em vez disso, é encontrado um grande número de distribuições distintas e discretas.

Em outras palavras, o mundo vivo não é um conjunto único de indivíduos no qual duas variações estão conectadas por uma série de gradações contínuas, mas um conjunto de grupos mais ou menos separados distintamente, sendo que, os intermediários entre eles estão ausentes ou são pelo menos raros. Isso levou à classificação dos organismos em grupos, gênero, ordem, família, etc.

Na próxima seção, para melhor detalhamento e discussão dos conceitos e ideias abordados por Dobzhansky em sua obra, apresentamos os principais elementos conceituais identificados no texto.

### 3.2 Conceitos evolutivos de Dobzhansky

A partir da análise documental realizada na obra “Genética e Origem das Espécies” de Dobzhansky (1937), sintetizamos suas principais contribuições conceituais e que estão expressas no quadro 1. Dessa maneira, identificamos os principais pressupostos conceituais: União das tradições naturais e experimentais; Dissimilaridades e Descontinuidade; Genética de Populações; Microevolução e Macroevolução; Desenvolvimento ontogenético. Na sequência apresentamos o quadro 1 e discutimos de forma individualizada cada pressuposto teórico fazendo algumas inferências e interpretações.

**Quadro 1:** Conceitos abordados por Dobzhansky em sua obra “Genética e Origem das Espécies” de 1937.

<b>Principais conceitos abordados por Dobzhansky</b>	<b>Definição</b>
União das tradições naturais e experimentais	Explicação dos mecanismos evolutivos por meio da experimentação.  “A morfologia mostra que mudou, procura descrever as mudanças ocorridas ao longo do tempo, mas não diz a natureza dessas mudanças. A fisiologia fica em primeiro plano acompanhada de métodos quantitativos. A genética faz parte da fisiologia e passa a se preocupar, em parte, com o problema da diversidade orgânica”.
Dissimilaridades e Descontinuidade	A diversidade é a descontinuidade da variação entre os organismos.  “A variação observada não forma nenhum tipo de distribuição contínua”.
Genética de Populações	A evolução é uma mudança na composição genética das populações.  “A mudança das frequências gênicas ocorre a nível de população”.
Microevolução e Macroevolução	Microevolução: mudanças evolutivas em escala genética e pequenas mudanças na morfologia dentro de populações. Macroevolução: mudanças em larga escala morfológica desde o surgimento de

	novas estruturas e padrões corporais até tendências evolutivas.
Desenvolvimento ontogenético	O papel da ação gênica no desenvolvimento. “Os mecanismos da ação gênica no desenvolvimento constituem o problema central da segunda maior subdivisão da genética: a genética da compreensão das características hereditárias, fenogenética ou genética do desenvolvimento”[...] “Todos os genes são ativos interruptamente ou cada gene exerce uma determinante função em certo período do desenvolvimento e depois permanece inativo em outros períodos?”.

Fonte: Elaborado pelas autoras com base na obra de Dobzhansky (1937).

### 3.3 Emergência da experimentação e a união das tradições experimentais e naturais

A produção de conhecimento biológico, até o século XIX, foi marcada por estudos históricos, pelos naturalistas. O enfoque histórico nas Ciências naturais era tradição na Europa, e curiosamente a reputação de Darwin como grande naturalista, quem sabe representando o apogeu desta tradição, facilitou a emergência, na Biologia, da tradição experimentalista, em prejuízo da anterior (ARAÚJO, 2001).

[...] À medida que o enfoque da função orgânica substituía o enfoque da explanação histórica, o ideal da experimentação ganhava força. Alguns objetivos tradicionais da fisiologia, tais como o controle experimental de fenômenos, sua natureza quantitativa, bem como a possibilidade de previsão, estenderam-se praticamente a todas as áreas da Biologia (ARAÚJO, 2001, p.714).

O nascimento da genética, em 1900, foi decisivo para esta ruptura com o enfoque histórico, uma vez que o emprego de cruzamentos e de controles permitiam prever quais tipos de descendência deveriam ocorrer, como nos experimentos de Morgan, que se constituiu como um dos expoentes da nova área (ARAÚJO, 2001).

Segundo Mayr (1998) o evolucionismo, depois de 1859, coincidiu com o desabrochar da zoologia e da botânica em áreas específicas, como a embriologia, a citologia, a genética, a biologia do comportamento, a ecologia, dentre outros. Essas novas áreas eram experimentais, distanciando-se dos naturalistas, principalmente zoólogos, botânicos e paleontólogos, aos quais se ocupavam de organismos integrais.

Os experimentalistas e os naturalistas não apenas divergiam nos seus métodos, mas também tendiam a formular questões diferentes. Ambos os grupos se interessavam pela evolução, mas as suas abordagens eram diversas, e acentuavam aspectos diferentes da evolução.

Os evolucionistas experimentais, a maioria deles originariamente embriologistas, ingressaram no campo recém-aberto da genética. O seu interesse voltava-se para o estudo das causas próximas, com particular atenção ao comportamento dos fatores genéticos e sua origem. Bateson, de Vries, Johannsen e Morgan foram os representantes típicos desse campo. Muitos deles detinham um forte interesse, ou formação, nas Ciências físicas e na matemática. Em contraste, os naturalistas estavam interessados nas causas últimas; A sua tendência era estudar os fenômenos evolutivos da natureza, e preocupavam-se particularmente com os problemas da diversidade. Paleontólogos, taxonomistas, naturalistas e geneticistas falavam linguagens diferentes, e encontravam cada vez mais dificuldades de se comunicarem entre si. (MAYR, 1998, p. 602).

Os experimentalistas interessavam-se pelas causas próximas, com atenção ao comportamento dos fatores genéticos e sua origem. Já os naturalistas se interessavam pelas causas últimas, com tendência no estudo dos fenômenos evolutivos da natureza, sendo que o problema das espécies era o centro de interesse dos taxonomistas, enquanto as tendências evolutivas e a origem das *taxa* superiores intrigavam os paleontólogos e os anatomistas comparativos. Para Mayr (1998, p. 602) “paleontólogos, taxonomistas, naturalistas e geneticistas falavam linguagens diferentes, e encontravam cada vez mais dificuldades de se comunicarem entre si”.

A diversidade era quase totalmente excluída das discussões evolucionárias dos geneticistas, anteriormente à síntese. Eles se preocupavam

apenas com a evolução da transformação. O seu foco de atenção concentrava-se inteiramente sobre os genes e os caracteres, e sobre suas mudanças (transformação) no tempo. A ênfase residia na transformação, não na diversidade (MAYR, 1998).

Para Mayr (1998), o desacordo dessas áreas foi polarizado pela redescoberta das leis de Mendel, o que levou os mendelianos a usarem a descontinuidade dos fatores genéticos como evidência da importância do salto, na evolução. Tais desacordos afetavam quase todos os aspectos da interpretação da evolução. Sendo que as três principais questões debatidas eram: 1. Se toda a hereditariedade é sólida, ou se parte dela é tênue; 2. Qual dos fatores, a mutação, a seleção, a indução pelo meio ambiente, ou as tendências intrínsecas, são responsáveis pela evolução das espécies? 3. Se a evolução é gradual, ou aos saltos. Nesse momento da história, Mayr define que existem dois campos evolucionistas, os mendelianos e os naturalistas.

E é justamente Dobzhansky que soube integrar, com sucesso, o profundo conhecimento dos naturalistas sobre problemas evolutivos com os conhecimentos que, nos doze anos precedentes, ele próprio havia adquirido, como um geneticista experimental. “Em verdade, ele foi realmente o primeiro a lançar uma ponte sólida entre o campo dos experimentalistas e o dos naturalistas” (MAYR, 1993, p. 634).

Dobzhansky modificou significativamente a natureza da pesquisa em genética evolucionária, no qual ele constatou que, experimentos de campo poderiam ser organizados com a mesma precisão e rigor característicos de experimentos de laboratório. Com isso, permitiu o desenvolvimento de linhas de pesquisa que romperiam com a tradicional oposição entre Biologia de campo e Biologia laboratorial (GLICK, 2008).

Em sua obra “Genética e Origem das Espécies”, Dobzhansky já sinalizava essa unificação, ao dizer que o objetivo do livro era justamente revisar a informação genética levando em conta o problema da diversidade orgânica, e, na medida do possível, fazer uma correlação com os dados pertinentes, fornecidos pela taxonomia, ecologia, fisiologia e outras disciplinas relacionadas.

Desse modo, os acontecimentos da Biologia evolucionista, em especial após a obra de Dobzhansky, entre os anos 1936 a 1947, foi precisamente uma

síntese entre duas tradições de pesquisa, que anteriormente se mostravam incapazes de se comunicar entre si – os geneticistas experimentais e os naturalistas de população. Mayr (1998) afirma que não houve vitória de um paradigma sobre o outro, mas sim um intercâmbio dos componentes mais viáveis das duas tradições, antes concorrentes.

### 3.4 Dissimilaridades e Descontinuidade

Como discutido, o debate sobre a natureza das mudanças evolutivas estabeleceu-se junto com o avanço das Ciências experimentais, em particular da genética. Darwin propôs que as mudanças evolutivas seriam graduais e contínuas, no entanto, ele desconhecia a causa das variações, as leis da herança, o que o fez adotar hipóteses como a da herança dos caracteres adquiridos, incorporando-a em sua hipótese da pangênese (ARAÚJO, 2001).

O surgimento da genética, inicialmente chamada de mendelismo, vinha mostrando o contrário, que as mudanças nos organismos eram descontínuas, envolvendo diferenças qualitativas. O conflito entre os chamados biometristas e mendelistas representou, na realidade, o auge de uma discórdia surgida ainda no século XIX (ARAÚJO, 2001).

O conflito entre mendelistas e biometristas tornou-se mais brando ao longo da década de 1910, devido a uma série de outros experimentos, tanto em vegetais como em animais; dentre estes, merecem destaque, por sua relação com o que virá a seguir, os experimentos com a mosca *Drosophila*. O responsável pela introdução deste novo material de pesquisa experimental parece ter sido William Castle, da Universidade de Harvard, em 1901. Thomas H. Morgan, o nome geralmente associado à pesquisa com *Drosophila melanogaster*, passou a usá-la a partir de 1906 (ARAÚJO, 2001).

Em *Genética e Origem das Espécies*, Dobzhansky atesta que a evolução é um processo que resulta do desenvolvimento das dissimilaridades entre a população ancestral e a descendente. Os mecanismos que determinam as similaridades e as dissimilaridades entre progenitores e prole constituem o objeto

da genética. Ainda, segundo ele, os estudos experimentais permitiram testar os mecanismos de transmissão da informação genética, a hereditariedade.

### **3.5 Genética de Populações, Microevolução e Macroevolução**

Na Genética e Origem das Espécies, Dobzhansky elucida que a genética possui três divisões, sendo a genética da transmissão, a genética da realização dos materiais hereditários e a genética de populações. As duas primeiras se preocupam com os indivíduos como unidades, sendo que a genética da transmissão estabelece as leis que governam a formação da constelação gênica nos zigotos individuais, enquanto a genética da realização dos materiais hereditários lida com os mecanismos da ação gênica na ontogenia. A terceira subdivisão da genética tem como campo os processos que ocorrem em grupos de indivíduos, em populações.

Ele alega que a genética como disciplina não é sinônimo de teoria evolutiva, nem é a teoria evolutiva sinônimo de qualquer subdivisão da genética. No entanto, a genética traz contribuições profundas para o problema dos mecanismos da evolução e que a teoria evolutiva que não leva em conta os princípios estabelecidos pela genética está imperfeita em sua fonte.

Dobzhansky (1937) define que a evolução é um processo que resulta do desenvolvimento das dissimilaridades entre a população ancestral e a descendente. Ele explica que cada indivíduo se parece com seus progenitores em alguns aspectos, mas diferem deles em outros, sendo que em uma população qualquer geração sucessiva de uma espécie se assemelha, mas nunca é uma réplica da geração precedente.

Para Dobzhansky, a população possui uma constituição genética definida, que é uma função da constituição dos indivíduos que compõem o grupo, assim como a composição química de uma rocha é função dos minerais que entram em sua composição. As leis que governam a estrutura genética de uma população são, todavia, distintas daquelas que governam a genética de indivíduos:

Imagine, por exemplo, que surgiram em uma espécie alguns fatores que impedem o surgimento de indivíduos ou muito altos

ou muito baixos. Do ponto de vista do indivíduo, alguns genes do crescimento adquiriram propriedades letais, e os efeitos desses genes podem ser descritos adequadamente afirmando a natureza precisa das reações fisiológicas que levam à morte. Do ponto de vista da genética de populações, a morte dessa categoria de indivíduos é meramente o início de uma cadeia complexa de consequências: as frequências relativas de indivíduos homozigotos e heterozigotos para o desenvolvimento de certos genes e para genes localizados nos mesmos cromossomos seriam alterados; alguns fatores genéticos que foram previamente eliminados por serem nocivos podem se tornar neutros ou mesmo favoráveis; após algumas gerações a constituição genética da espécie como um todo pode ser mudada (DOBZHANSKY, 1937, p.408).

Para Dobzhansky a evolução é uma mudança na composição genética das populações, dessa forma, os mecanismos da evolução constituem problemas da genética de populações. A genética e a evolução se relacionam através de mudanças nas frequências gênicas, no qual alguns fatores genéticos que foram previamente eliminados por serem deletérios podem se tornar neutros ou mesmo favoráveis. Com isso, após algumas gerações, a constituição genética da espécie como um todo pode ser mudada. Basicamente, resume como as variações e frequências são alteradas ao longo do tempo. Ele adverte que as mudanças observadas nas populações podem ser de diferentes ordens ou magnitudes.

Ao tratar das mudanças evolutivas, que ocorrem por meio de mudanças nas frequências gênicas a nível de população, atesta que seus estudos e experiências não apontam que as mudanças, e mecanismos evolutivos, possam ocorrer de forma macroevolutiva. Entender a evolução, nessa escala, demandaria a consideração do tempo na escala geológica e uma completa compreensão dos processos microevolutivos observáveis dentro da duração da vida humana e, frequentemente, controlados pela vontade do homem (DOBZHANSKY, 1937)

Ele acrescenta que por essa razão “somos compelidos relutantemente, no estado presente do conhecimento, a igualar os mecanismos de macro e microevolução, e, assim procedendo, empurrar nossas investigações para tão

longe quanto essa hipótese de trabalho possa permitir” (DOBZHANSKY, 1937, p.408).

Microevolução é entendido como mudanças evolutivas em escala genética e pequenas mudanças na morfologia dentro de populações. Já a Macroevolução, são mudanças em larga escala morfológica desde o surgimento de novas estruturas e padrões corporais até tendências evolutivas. Colocar a referência do Dobzhansky

Dessa forma, entende-se que Dobzhansky fez importantes contribuições ao articular os fenômenos da microevolução (mutação, deriva gênica, seleção natural) com os padrões macroevolutivos (especiação e irradiação adaptativa), juntamente com o pensamento populacional.

### **3.6 Desenvolvimento ontogenético**

A embriologia foi uma área central dos estudos evolutivos até os primeiros anos do século XX, na tentativa de abordar a evolução e a ontogenia de forma integrada entre a embriologia comparada e experimental (ARAUJO, ARAUJO, 2015).

A embriologia experimental, visava explicar as características morfológicas e fisiológicas da ontogenia a partir de causas físicas, químicas e fisiológicas do desenvolvimento. Sendo que a elucidação dos mecanismos causais do desenvolvimento individual poderia desvendar a maneira em que a variação surge a partir da relação entre fatores hereditários e ambientais (ARAUJO, ARAUJO, 2015).

Mayr (1998) identifica que Darwin tratou a embriologia e o desenvolvimento ontogenético como uma evidência da descendência comum. Darwin apoia suas conclusões na admissão de que as aquisições evolutivas mais recentes são devidas a variações que aconteceram muito tardiamente no processo ontogenético, em que a comum estrutura embrionária revela a descendência comum.

Segundo Araujo e Araujo (2015) a embriologia foi excluída da Teoria Sintética da Evolução, ainda que pesquisas nessa área tenham continuado, elas passaram a ser consideradas periféricas entre os evolucionistas.

[...] a ausência do desenvolvimento ontogenético na Síntese Moderna se deveu, em grande medida, à forte fundação desta síntese teórica na genética da transmissão, a qual teve como estratégia epistemológica relegar o desenvolvimento ontogenético a uma “caixa preta”. Devido a essas estratégias, considerações sobre o desenvolvimento não tiveram espaço no pensamento evolutivo (ARAUJO; ARAUJO, 2015, p.264).

Para entender como essa área biológica foi excluída da Síntese, é preciso entender como a mesma surgiu. Inicialmente Morgan definiu a hereditariedade como a disciplina das causas da transmissão genética, excluindo o citoplasma e o desenvolvimento da hereditariedade. Dessa forma, Morgan separa a embriologia e a genética ao redefinir a primeira em termos genéticos, tornando o desenvolvimento um mero epifenômeno dos genes. Nessa definição, os genes controlam o desenvolvimento e, para conhecer esse processo, os embriologistas devem estudar a expressão dos genes (MAYR, 1998; ARAUJO, ARAUJO, 2015).

É dessa forma que se inaugura uma nova e muito diferente agenda para a Embriologia, uma vez que os embriologistas geralmente não tinham interesse na expressão dos genes. Para a maioria dos embriologistas, o fenótipo de um indivíduo é uma interação inseparável entre hereditariedade e ambiente: o gene não poderia “causar” diretamente o fenótipo de um indivíduo, o qual não pode ser dividido em fatores genéticos e ambientais (ARAUJO; ARAUJO, 2015, p. 272).

A genética da transmissão como uma ciência populacional podia falar sobre genes que desencadeiam diferentes efeitos no fenótipo, mas não sobre a explicação causal desses efeitos. Isso se referia ao desenvolvimento ontogenético, que foi tratado como uma “caixa preta” (ARAUJO, ARAUJO, 2015).

Para Mayr (1998) o estudo da hereditariedade não poderia desenvolver teorias bem-sucedidas até que esse fenômeno fosse concebido de forma separada do desenvolvimento ontogenético. Morgan separa a hereditariedade e o desenvolvimento, e redefine a embriologia como o estudo da expressão gênica. Dobzhansky, então, define a evolução como mudanças na composição genética das populações ao longo do tempo.

Dessa forma, evidencia-se que as discussões evolutivas passam do fenótipo ao genótipo, deixando de lado o desenvolvimento. Dobzhansky sinalizou em sua obra a importância do desenvolvimento embriológico como causa das mudanças evolutivas:

Os mecanismos da ação gênica no desenvolvimento constituem o problema central da segunda maior subdivisão da genética: isto tem sido rotulado de diferentes modos, tais como: a genética da compreensão das características hereditárias, fenogenética ou genética do desenvolvimento. (DOBZHANSKY, 1937, p.406).

Em sua obra “Genética e Origem das Espécies”, Dobzhansky faz uma série de questionamentos a respeito do papel da ação dos genes no desenvolvimento. Ele esclarece que o problema da ação gênica está longe de estar resolvido, mesmo que sabiam em alguns casos, que a formação das características do adulto (como tamanho ou coloração das partes do corpo) é precedida no organismo que está se desenvolvendo pelo aparecimento de substâncias químicas do tipo hormônios, as quais são operantes nos processos que produzem as características do organismo adulto. Com isso questiona:

Todos os genes são ativos interruptamente ou cada gene exerce uma determinante função em certo período do desenvolvimento e depois permanece inativo em outros períodos? A ação gênica é meramente um subproduto da própria reprodução dos genes no decorrer da divisão celular? Os genes são especializados, no sentido de que cada um deles é responsável por uma única reação ou por algumas reações que ocorrem no corpo, ou sua ação é de um tipo mais geral? Quais são as relações entre a especificidade gênica e a especificidade das substâncias químicas, particularmente proteínas, que compõem o organismo e se manifestam especialmente nas reações sorológicas? Trabalhos desenvolvidos dentro da biofísica e biomecânica, nos anos recentes, revelaram até agora uma complexidade inesperada da organização celular no nível ultramicroscópico dos agregados moleculares. Para um geneticista, parece certo que os genes devem ser ao mesmo tempo parte de e agentes determinantes dessa “morfologia molecular”, mas os problemas aqui envolvidos não foram tocados ainda (DOBZHANSKY, 1937, p. 407).

Com base nesses questionamentos, ele pondera que os mecanismos da ação gênica no desenvolvimento constituem o problema central da segunda

maior subdivisão da genética, definida como genética da compreensão das características hereditárias, fenogenética ou genética do desenvolvimento.

É sabido que a genética do desenvolvimento e seus estudos relacionados com a mudança evolutiva, foram excluídas da Teoria Sintética. Araujo e Araujo (2015) resumem os critérios de exclusão da genética do desenvolvimento na Teoria Sintética, com base nos principais avanços da época:

As estratégias de pesquisa da genética da transmissão, como a ênfase nas regularidades das populações; o modelo de herança de partículas, separadas tanto de influências do ambiente externo quanto do ambiente interno; e a adoção de ferramentas experimentais que procuraram remover “flutuações não hereditárias” de origem ambiental e ontogenética, abriram novos e fecundos caminhos para estudar a herança genética, mas também excluíram o desenvolvimento ontogenético da explicação causal da hereditariedade e evolução dos seres vivos (ARAUJO; ARAUJO, 2015, p. 276)

Os principais avanços da herança genética acabaram por excluir o desenvolvimento ontogenético da explicação causal da hereditariedade e evolução dos seres vivos e, adquiriram uma forma de síntese teórica e explicativa na evolução (ARAUJO; ARAUJO, 2015).

Embora Dobzhansky pontua questões relevantes do papel da ação gênica no desenvolvimento, e em consequências as mudanças evolutivas das espécies, Araujo e Araujo (2015) relatam que as abordagens desenvolvimentais na época da síntese<sup>3</sup>, estavam voltadas para as regularidades individuais, e não populacionais, com um papel importante da interação entre o ambiente interno e externo. Com isso, não compartilhavam diversos aspectos da genética da transmissão e entraram em conflito com muitos de seus pressupostos.

Em síntese, entendemos que nem todos os conceitos e pressupostos sinalizados por Dobzhansky constituíram o corpo teórico da Teoria Sintética da Evolução, a exemplo, temos o desenvolvimento ontogenético que é deixado de lado. Dessa forma, a seguir realizamos algumas inferências finais a respeito do papel de Dobzhansky na síntese evolutivo do século XX.

---

<sup>3</sup> Para um maior aprofundamento, indicamos a leitura de Araujo e Araujo (2015) que tratam dos motivos do desenvolvimento ontogenético ser tratado como uma “caixa preta” na Teoria Sintética da Evolução.

#### 4. REFLEXÕES FINAIS:

O momento histórico discutido é provido de diversas mudanças, discussões e estudos no que se refere à Biologia evolutiva em âmbito mundial. No entanto, é consenso o papel central que a obra “Genética e Origem das Espécies” de Dobzhansky exerce no cenário evolutivo do início do século XX.

Assim, respondendo ao principalmente objetivo desse artigo, que é compreender quais foram as principais contribuições de Theodosius Dobzhansky para a construção do conhecimento acerca da diversidade biológica, e mais especificamente, sua contribuição para o desenvolvimento da Teoria Sintética da Evolução, no início do século XX, resumimos:

- A partir da prática de pesquisa experimental e os elementos conceituais abordados na obra de Dobzhansky, propiciou o esclarecimento e a união de duas tradições de pesquisas, a experimental e a naturalista.

- Dobzhansky explicou o processo evolutivo em termos genéticos, mediante evidências experimentais corroborando com os argumentos teóricos.

- Adotou-se a nova compreensão do processo evolutivo como mudança genética nas populações e que a variação observada não forma nenhum tipo de distribuição contínua.

- Demonstrou que a sequência dos eventos evolutivos, sua história evolutiva, podem ser rastreados e que os mecanismos que atuam sobre as mudanças evolutivas podem ser estudados.

Dessa forma, entendemos que estes pressupostos foram essenciais para o estabelecimento e fusão das leis mendelianas e a genética de populações, em conjunto com os registros historiográficos da evolução das espécies, ao qual, sucedeu os princípios teóricos da Teoria Sintética.

Com base nas questões apresentadas, em que se recorreu à história da ciência Biologia para discuti-las, reforçamos que estudos históricos podem se constituir uma importante ferramenta para compreensão mais dinâmica dos acontecimentos históricos da Biologia, nesse caso da Biologia evolutiva, e que culminaram na própria constituição da Biologia como uma ciência. Essa visão mais aprofundada dos acontecimentos e construção dos principais conceitos que

são o cerne da Biologia, podem servir ainda como base para um ensino mais unificador e epistemológico da Biologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M. B. **The evolution of Theodosius Dobzhansky: Essays on his life and thought in Russia and America.** PROVINE, W.B. The Origin of Dobzhansky's Genetics and the Origin of Species Princeton University Press, 1994.

ARAÚJO, A. M. de: O salto qualitativo em Theodosius Dobzhansky: unindo as tradições naturalista e experimentalista. **História, Ciências, Saúde Manguinhos**, vol. 8, n. 3, 713-26, 2001.

ARAÚJO, L. A. L.; ARAÚJO, A. M. Por que o desenvolvimento ontogenético foi tratado como uma “caixa preta” na síntese moderna da evolução?. **Principia: an international journal of epistemology**, v. 19, n. 2, p. 263-279, 2015.

AYALA, F. J. Theodosius Dobzhansky 1900-1975: A Biographical Memoir. **Copyright National Academy of Sciences**, Washington: 1985.

AYALA, F. J.; FITCH, W. M. Genetics and the origin of species: an introduction. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 94, n. 15, p. 7691-7697, 1997.

BURIAN, R. M. DOBZHANSKY ON EVOLUTIONARY DYNAMICS: Some Questions about Dobzhansky's Russian Background. **Princeton: Princeton University Press**, 129-140, 1994.

CARVALHO, T. “A most bountiful source of inspiration:” Dobzhansky's evolution of tropical populations, and the science and politics of genetic variation. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.26, n.1, p.281-297, 2019.

DOBZHANSKY, T. Genetics and the origin of species [1937]. 2th edition. New York: **Columbia University Press**, 1941.

GLICK.T.F. O Programa Brasileiro de genética evolucionária de populações, de Theodosius Dobzhansky. **Rev. Bras. Hist.** vol.28 no.56, São Paulo, 2008.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança.** Ed. UnB, 1998.

MAYR, E. **Biologia, ciência única.** Editora Companhia das Letras, 2005.

MAYR, E. **O que é a evolução.** Rocco, 2009.

SANTOS, C.; MARTINS, L. Theodosius Dobzhansky e as relações entre genética e evolução. **Filosofia e História da Biologia**, v. 8, n. 3, p. 395-412, 2013.

DARWIN, C. R.; WALLACE, A. R. On the tendency of species to form varieties; and On the perpetuation of varieties and species by natural means of selection. **Journal of the Linnean Society of London**, v. 3, p 45-62, 1858.

OLIVEIRA, T. B; ROCHA, F. B; KOHLSDORF, T; CALDEIRA, A. M.A. Eco-Evo-Devo: uma (re) leitura sobre o papel do ambiente no contexto das Ciências Biológicas. **Filosofia e História da Biologia**, V. 11, n. 2, p. 323-346, 2016.

## CAPÍTULO II: EPISTEMOLOGIA DE LAKATOS E AS PROPOSIÇÕES ATUAIS DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA<sup>4</sup>

### Resumo

O presente estudo tem por finalidade propiciar uma discussão teórica-epistemológica da Teoria Sintética da Evolução e os pressupostos atuais da Biologia evolutiva, a Síntese Estendida da Evolução, em correlação com a Epistemologia de Lakatos. A epistemologia de Lakatos possibilita o entendimento da construção da ciência, que se constitui por Metodologias de Programas de Pesquisa, enfoque dado nas discussões. Entendemos que fomentar reflexões epistemológicas são relevantes na busca de incluir compreensões mais atuais a respeito da Biologia evolutiva no ensino de evolução e na formação de professores, tendo em vista que a Evolução Biológica é o conceito central da Biologia, unificador todos os conteúdos biológicos.

**Palavras Chave:** Filosofia da Ciência. Biologia Evolutiva. Teoria Sintética da Evolução. Síntese Estendida.

### Abstract

The present study aims to provide a theoretical-epistemological discussion of the Synthetic Theory of Evolution and the current discussions of evolutionary biology, the Extended Synthesis of Evolution, in correlation with Lakatos Epistemology. Lakatos epistemology provides an understanding of the construction of science, which consists of Research Program Methodologies, a focus given in the discussions. It is hoped that it will foster epistemological reflections that are relevant in the search to include this understanding about evolutionary biology in the teaching of evolution and in the formation of teachers, since Biological Evolution is the central concept of Biology, as all biological contents are unified.

**Keywords:** Philosophy of Science. Evolutionary Biology. Synthetic Theory of Evolution. Extended Synthesis.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente estudo tem por finalidade propiciar uma discussão teórica da Teoria Sintética da Evolução e os pressupostos atuais da Biologia evolutiva, que culminaram em um novo programa de pesquisa, a Síntese Estendida da Evolução, em correlação com a epistemologia de Lakatos (1989). Assim,

---

<sup>4</sup> Artigo publicado na Revista Valore, Volta Redonda, 6 (Edição Especial): 1085-1097, 2021.

observa-se dois programas de pesquisa, o primeiro, a Teoria Sintética da Evolução, que se constitui como um arcabouço teórico consolidado que explica a Biologia evolutiva a partir de conceitos como seleção natural, deriva genética, migração e mutação. O segundo que se constitui como a Síntese Estendida da Evolução, com uma articulação inicial entre os pressupostos evolutivos abordados pela Teoria Sintética e as novas constatações sobre os processos evolutivos, voltadas, principalmente, para a origem da diversidade das formas orgânicas e para um pluralismo de processos envolvidos nas explicações causais da evolução. Novos estudos no campo da Biologia evolutiva permitiram a incorporação de conhecimentos teóricos e empíricos que mantêm os fundamentos centrais da Teoria Sintética, mas diferem acerca da ênfase sobre o papel do processo ontogenético e os modos de causalidade evolutiva, se configurando como um novo programa de pesquisa.

Entendemos que tal reflexão se faz pertinente visto que, considerando que a ciência e seus conceitos são produtos de um contexto de embates teóricos constantes, envolvendo refutações, alegações e deliberações, as quais culminam na sustentação e/ou manutenção, ampliação ou obsolescência de teorias ou paradigmas e sujeita a (re)estruturações, torna-se importante articular epistemologicamente diferentes contextos filosóficos e históricos da Biologia, (re)significando os conceitos de acordo com o avanço das pesquisas das diferentes áreas das Ciências Biológicas, caracterizadas por diferentes cenários heurísticos e investigativos (OLIVEIRA, et al., 2016).

Além do mais, estudos como o de Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016), indicam ausência dessa nova perspectiva da evolução tanto na formação de biólogos, quanto de professores, sendo que:

[...] é necessário que essa articulação também seja refletida nos âmbitos epistêmicos e didáticos, uma vez que a atividade e produção científica contemporânea (tanto teórica quanto empírica) devem ser conteúdo de discussões e reflexões nos cursos de Ciências Biológicas. A importância da inserção da produção científica atual nos cursos de formação de professores é justificada por possibilitar o contato dos estudantes com questões científicas recentes e, sobretudo, por fornecer subsídio teórico consistente acerca de teorias que serão mobilizadas futuramente por eles e que, portanto, devem ser parcimoniosamente compreendidas a partir de referenciais

nacionais e internacionais (CESCHIM, OLIVEIRA, CALEIRA, 2016, p.3).

Dessa maneira, entende-se que reflexões epistemológicas de conceitos específicos são particularmente relevantes quando envolvem teorias que integram diferentes áreas do conhecimento, como é o caso da Evolução Biológica. Assim, de forma sucinta, discorreremos a seguir, os principais aspectos da epistemologia de Lakatos, que subsidiam as discussões da Teoria Sintética da Evolução e da Síntese Estendida.

## **2. PROGRAMAS DE PESQUISA DE LAKATOS**

Imre Lakatos (1922-1974), foi um dos mais influentes e importantes filósofos da ciência no século XX, principalmente por sua obra intitulada “The Methodology of Scientific Research Programmes” (Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica) (ARTHURY, 2012).

Para Lakatos (1989) a ciência é construída por meio de Programas de Pesquisa Científica, e os define como um conjunto de regras que indicam o caminho a ser seguido pela investigação científica em uma determinada área do conhecimento garantindo a continuidade da pesquisa. Logo, a ciência avança na permanente substituição de programas de investigação científica regressivos por programas de investigação progressivos e, de forma subjacente à constante substituição de hipóteses. Ou seja, a avaliação objetiva do crescimento do conhecimento científico deve ser realizada em termos de mudanças, progressivas ou regressivas, para séries de teorias científicas.

Os programas de pesquisa não são compostos necessariamente de uma teoria e sim de várias teorias que se relacionam e possuem duas regras metodológicas: a heurística positiva e a heurística negativa. A primeira irá guiar o pesquisador em qual caminho ele deve seguir, já a segunda, irá alertá-lo acerca de qual caminho não deve seguir. Ambas as regras são fundamentos indispensáveis no decorrer da pesquisa. Lakatos (1989) define que todos os programas de pesquisa são compostos por três estruturas básicas: o “cinturão protetor”, o “núcleo firme” e as “heurísticas”. O núcleo firme, é a base do

conhecimento de cada programa, o conceito que o sustenta, o mais caro elemento, o qual deve ser preservado. É irrefutável provisoriamente, pois é convencionalmente aceito (ARTHURY, 2012; SILVEIRA, 1996).

Durante o funcionamento normal do programa podem ocorrer anomalias que geram determinado risco para o núcleo firme, neste caso, o cinturão protetor elabora hipóteses auxiliares visando proteger o núcleo firme. O cinturão protetor está em constante modificação, essa característica permite ao cinturão que ele exerça sua função de proteção. Ao passo que se novas anomalias surgirem, o cinturão é flexível o bastante para solucionar tais problemas sem colocar em risco o núcleo firme, permitindo que o programa não sofra uma refutação prematura. Quanto mais tempo o programa permanecer com o núcleo intacto, sendo protegido por meio das estratégias criadas pelas hipóteses auxiliares para solucionar as anomalias que atacam ou que podem atacar o programa, maior será o poder heurístico desse programa. Já as heurísticas são responsáveis pela manutenção e bom funcionamento do cinturão e do núcleo firme (ARTHURY, 2012).

Segundo Lakatos (1989), as hipóteses auxiliares são capazes de fazer uma previsão teórica, por meio de sugestões e palpites que adiantam o programa de como solucionar as possíveis anomalias que possam surgir, fazendo com que o programa progrida. Quando um programa não consegue mais progredir, ele regride, ou até mesmo se degenera, isso acontece porque suas hipóteses auxiliares não são suficientes para criar novas predições. Outro ponto que caracteriza um programa degenerativo, é o fato dele produzir fatos contraditórios.

Dessa forma, um programa de pesquisa pode ser considerado progressivo quando o seu desenvolvimento teórico antecipa o desenvolvimento empírico, prevendo possíveis anomalias por meio das hipóteses auxiliares no cinturão protetor e as solucionando. Esse processo caracteriza-o como heurística positiva. Assim, quanto mais informações excedentes o programa possuir, maior será o seu poder heurístico. Já a heurística negativa proíbe que qualquer anomalia seja capaz de refutar o núcleo firme, porque primeiro ela atua nas hipóteses presentes no cinturão protetor. E da mesma forma, quando o pesquisador se depara com alguma

anomalia, a heurística positiva tende a guiá-lo acerca de quais modificações e ou melhorias devem serem feitas no cinturão protetor (SILVEIRA, 1996).

A seguir, discorremos a respeito das principais conjeturas dos programas de pesquisa da Teoria Sintética e da Síntese Estendida da Evolução, para a explicação da mudança orgânica das espécies, em paralelo com a epistemologia de Lakatos para compreensão da dinâmica científica.

### **3. BIOLOGIA EVOLUTIVA: DA TEORIA SINTÉTICA À SÍNTESE ESTENDIDA**

A diversidade biológica é uma indicação da autenticidade da vida, visto que atualmente já foi identificado e nomeado em torno de 1,8 milhão de espécies. Essa diversidade se refere a pelo menos 100 mil fungos, 290 mil plantas, 57 mil vertebrados e um milhão de insetos, além de todos os inúmeros tipos de organismos unicelulares. Esses números aumentam constantemente, uma vez que pesquisadores identificam milhares de novas espécies a cada ano e as estimativas permeiam um total de 10 milhões a 100 milhões de espécies (REECE, et al., 2015). Para Reece et al. (2015, p.10) “independentemente da precisão desse número, a enorme variedade da vida confere à Biologia um escopo vastíssimo. Biólogos enfrentam um grande desafio na tentativa de dar sentido a essa variedade”.

Nesse panorama, um dos grandes desafios da Biologia é justamente explicar a diversidade do mundo vivo, na tentativa de dar sentido a tamanha variedade. Para isso, atualmente existe um consenso na comunidade científica, no qual a Evolução Biológica, ou seja, a mudança orgânica é a causa da diversidade do mundo vivo. A Evolução Biológica ocorre por mudanças das características hereditárias de grupos de organismos (populações e espécies) ao longo das gerações que levam à divisão de grupos de organismos e à formação de grupos ancestrais. No decorrer das gerações, tais grupos descendentes passam a modificar-se de forma independente. Portanto, em uma perspectiva de longo prazo, a Evolução é a descendência com modificações de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns (FUTUYMA, 2002; MAYR, 2009; JABLONKA; LAMB, 2010).

A modificação evolutiva dentro de uma população deve-se à mudança nas proporções (frequências) de seus alelos, processo que pode levar ao aumento da frequência de um alelo raro a tal ponto que substitua completamente o alelo que, antes, era comum (FUTUYMA, 2002). De maneira simplificada, as mudanças nas frequências alélicas podem ocorrer por meio de dois processos, deriva genética e seleção natural. O primeiro processo é o resultado da variação aleatória da sobrevivência e da reprodução de genótipos diferentes em que as frequências dos alelos oscilam por puro acaso e, ao final, um destes alelos acaba substituindo os outros. Ainda, esse sistema tem um maior efeito e velocidade em populações pequenas, o que acaba resultando em mudança evolutiva, porém não em adaptação (FUTUYMA, 2002). O segundo processo, por sua vez, consiste em diferenças que não são aleatórias entre organismos portadores de alelos ou genótipos diferentes quanto à sua taxa de sobrevivência ou de reprodução.

Essas explicações para a mudança orgânica das espécies foram construídas na formulação da Teoria Sintética da Evolução, que teve como auge o início do século XX, e enfatiza:

[...] a ação da seleção natural sobre a variação fenotípica, mas não considera a alteração no meio que o organismo produziu. Além disso, a perspectiva DNA-centrista da Síntese aborda o organismo como resultado de um conjunto gênico a partir do qual emergirão as possibilidades fenotípicas de variabilidade genética derivadas de mutações, as quais serão triadas sob a seleção natural, consonante às pressões seletivas (OLIVEIRA, et al., 2016, p. 337).

Evolução é a descendência com modificações de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns. Essa definição constitui o núcleo firme tanto da Teoria Sintética da Evolução, quanto da Síntese Estendida. Portanto, existe um consenso na comunidade em relação à Teoria Sintética, que não são controvérsias no contexto científico atual: 1. a noção de que os seres vivos evoluem e essa evolução ocorre, segundo Darwin, por descendência com modificação; 2. a tese de que todos os seres vivos são aparentados entre si; e 3. o importante papel desempenhado pela seleção natural como mecanismo evolutivo (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

Entretanto, atualmente ocorrem debates acerca dos mecanismos evolutivos, na qual situam-se os questionamentos: a seleção natural explica todos os fenômenos evolutivos? As grandes mudanças que vemos na história da vida (que são chamadas de “macroevolução”) podem ser explicadas apenas a partir da ação da seleção natural dentro das populações (o que chamamos de “microevolução”)? (3) o processo evolutivo é sempre gradual ou ele pode ocorrer, de tempos em tempos, a taxas mais rápidas? Estas são algumas das anomalias, que marcam os debates atuais sobre a Teoria Sintética, fazendo com que o programa de pesquisa regreda, uma vez que as hipóteses auxiliares não dão conta de respondê-las. Essas anomalias surgem principalmente de estudos trazidos pela compreensão do desenvolvimento e do papel do ambiente na determinação de fenótipos (ALMEIDA; EL-HANI, 2010, p. 11).

Dessa forma, enfatiza-se que, desde a década de 1940, a Teoria Sintética da Evolução tem esclarecido algumas questões em torno da Evolução Biológica, porém, a partir dos anos de 1980, ela tem sido também objeto de crescente debate, o que ocorreu em virtude de um modelo explicativo que denota uma compreensão mais aprimorada das possibilidades e dos limites da seleção natural. É irrefutável o importante papel da seleção natural como mecanismo de mudança evolutiva, mas não é o único mecanismo. Esses debates recentes oferecem uma nova perspectiva para a Biologia evolutiva, a Síntese Estendida (MEYER, EL-HANI, 2005; ALMEIDA; EL-HANI, 2010). Os avanços teóricos e empíricos da Síntese Estendida levaram à "compreensão do desenvolvimento, que deram origem à Biologia evolutiva do desenvolvimento (também conhecida como evo-devo)" (ALMEIDA; EL-HANI, 2010, p. 12).

Acreditava-se, anteriormente à relação da Biologia Molecular, Embriologia e Evolução, que organismos estruturalmente mais complexos deveriam ter mais genes envolvidos na regulação de seu desenvolvimento. Entretanto, a maior constatação da evo-devo é de que o modo como os genes e seus produtos interagem é, também, semelhante em organismos morfológicamente muito distintos. Ou seja, uma mosca e um humano utilizam a mesma caixa de ferramentas genéticas para se desenvolverem. Pesquisas

moleculares realizadas na década de 1980 mostraram que os genes responsáveis pela organização da constituição corporal dos organismos possuem homólogos na maioria dos animais (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

Além desse processo de regulação gênica, a posição na qual ocorrem certos eventos dentro do embrião cumpre papel central, pois o desenvolvimento passa a ser entendido como a transformação de posição em forma. Essa posição pode ser espacial ou temporal, em que eventos desenvolvimentais ocorrem como um tipo de informação epigenética, a informação posicional. Outro detalhe importante se relaciona aos achados centrais da evo-devo, em que “as diferenças de complexidade e organização corporal dos animais estão relacionadas principalmente a mudanças nos padrões espaciais e temporais de regulação gênica” (ALMEIDA; EL-HANI, 2010, p. 14). Isso indica a existência de outros fatores que interferem na regulação gênica, fazendo com que mudanças fenotípicas não dependam de alterações genéticas. Além disso, também questiona-se o papel do ambiente na mudança fenotípica:

[...] perguntas como “De que maneira o ambiente influencia processos ontogenéticos?”; “Como mudanças ambientais determinam a origem de novos fenótipos?” e “Como a evolução da ontogenia afeta o ambiente?” (re)posicionam o papel do ambiente dentro das concepções teóricas da Evolução e caracterizam uma área de pesquisa denominada Eco-Evo-Devo.

Segundo Oliveira et al., (2016) a eco-evo-devo apresenta-se como uma novidade teórica em decorrência de suas proposições e explicações acerca da origem da diversidade biológica visto que reitera o papel do ambiente no surgimento de novos fenótipos. O papel do ambiente é reconhecido e resgata a “ideia de que sua atuação na evolução das linhagens não se restringe exclusivamente à seletividade de fenótipos, mas incorpora também processos indutores de variação fenotípica dentro das populações” (OLIVEIRA, et al., 2016, p. 326). Ou seja, o ambiente é capaz de propiciar variações no fenótipo, que posteriormente podem ser selecionados pela seleção natural, que podem ser explicados pelos conceitos de plasticidade fenotípica e construção de nicho.

Esses novos estudos e evidências não foram explicados pelos conceitos da Teoria Sintética, o que culminou na emergência de um novo

programa de pesquisa progressivo, a Síntese Estendida da Evolução. Tem como núcleo firme a existência de processos envolvidos na diversificação dos seres vivos que vão além da seleção natural, além da perspectiva de DNA-centrista da Teoria Sintética. As discussões voltam-se principalmente para a origem da diversidade das formas orgânicas e para um pluralismo de processos envolvidos nas explicações causais da Evolução. Esse pluralismo de processos inclui, além da seleção natural e deriva gênica, sistema de herança epigenética (SHEs), distintos modos de especiação, plasticidade fenotípica e construção de nicho (JAMBLOKA; LAMB, 2010; ALMEIDA; EL-HANI, 2010; OLIVEIRA, et al., 2016). A seguir são discutidos os principais mecanismos de mudança orgânica das espécies segundo a Biologia evolutiva do desenvolvimento.

#### **4. MECANISMOS EVOLUTIVOS DA SÍNTESE ESTENDIDA DA EVOLUÇÃO: Sistema de Herança Epigenética, Plasticidade Fenotípica e Construção de Nicho**

Embora as células do nosso corpo apresentem o mesmo material genético, suas funções e formas diferem umas das outras, as quais podem ser epigenéticas e não genéticas. Segundo Jablonka e Lamb (2010), os SHEs podem ser divididos em quatro tipos. O primeiro deles possibilita que células-filhas herdem padrões de atividade genética presentes na célula-mãe, o que ocorre quando o controle da atividade genética envolve 1. circuitos autossustentáveis de retroalimentação, que se referem às memórias da atividade genética. O segundo tipo de herança epigenética está relacionado com a estrutura da célula, diferente do primeiro que trata da atividade dos genes. Chama-se de 2. herança estrutural das memórias da forma, na qual algumas estruturas celulares podem ser herdadas porque as estruturas existentes guiam a formação de estruturas similares em células-filhas. O terceiro tipo de SHEs está ligado a informações presentes no cromossomo, são os 3. sistemas de marcação da cromatina, ou seja, memórias cromossômicas. O último tipo de SHEs refere-se à 4. interferência de RNA: silenciando os genes. Essa interferência leva ao silenciamento estável e herdável pelas células de genes

específicos, que possuem características peculiares. Os SHES, que fornecem a memória celular e permitem que as linhagens celulares mantenham suas características, foram uma das precondições à evolução do desenvolvimento complexo (JABLONKA; LAMB, 2010).

No que diz respeito às influências do ambiente nas mudanças fenotípicas, é discutido o conceito de plasticidade fenotípica. Caracteriza-se pela habilidade do organismo em produzir reações ao ambiente, como uma mudança morfológica ou uma taxa de atividade em resposta a um fator ambiental. Esse mecanismo possibilita a observação de uma relação explícita entre a variação fenotípica, a seleção natural e interferência ambiental. A plasticidade implica que a seleção pode operar em vários estágios da ontogenia e isso fornece uma chave explicativa para as circunstâncias em que as populações reagem rapidamente às condições de mudanças ambientais. Um exemplo disso são os casos de espécies de peixes, tartarugas e lagartos nos quais o sexo é determinado pela temperatura durante a incubação. Um mesmo ovo pode dar origem a uma fêmea ou a um macho, dependendo da temperatura local, ou seja, um genoma único pode gerar diferentes fenótipos dependendo dos sinais ambientais (CESCHIM, OLIVEIRA, CALDEIRA, 2016). Assim, o ambiente não representa somente um agente seletivo, uma vez que também está envolvido com a produção de fenótipos:

[...] atualmente, há um interesse na plasticidade como uma causa e não apenas como uma consequência da evolução fenotípica. A plasticidade do desenvolvimento, ou plasticidade fenotípica, é tradicionalmente entendida como característica geneticamente determinada em indivíduos, que podem evoluir sob seleção natural ou deriva genética. Nessa perspectiva, a plasticidade seria uma condição que promove, em ambientes variáveis, a evolução adaptativa em comparação aos organismos com fenótipos não plásticos (CESCHIM, OLIVEIRA, CALDEIRA, 2015, p. 15).

Outro processo indutor de variação fenotípica dentro das populações na Síntese Estendida da Evolução, é a teoria da construção de nicho, na qual “os organismos de um dado ambiente teriam a capacidade de manipulá-lo, atuando como “co-diretores” de seu próprio processo evolutivo e de outras espécies,

podendo inclusive influenciar no modo de vida de seus descendentes”, chamada de herança ecológica (CORRÊA, et al., 2011, p. 4).

Os organismos descendentes herdam o legado de seus antepassados, por meio da modificação efetuada pelos últimos em seu ambiente. Segundo Jablonka e Lamb (2010), os SHES têm papel fundamental em adquirir e transmitir informações, no aprendizado social e na evolução das tradições animais. Um exemplo são os ratos-pretos na floresta de pinheiros:

[...] a mudança na dieta significa que eles podem passar a maior parte do tempo nas árvores, construindo seus ninhos e cuidando de seus filhotes. Ao aprenderem como extrair as sementes das pinhas, os ratos construíram para si mesmos um ambiente muito diferente dos outros ratos-pretos. Se esse hábito arborícola continuar por várias gerações, quaisquer variações socialmente aprendidas ou genéticas que tornem os ratos mais adaptados a viver nas árvores serão selecionadas. [...] Dessa forma, um novo hábito pode resultar na construção de um nicho alternativo no qual os animais e sua prole são selecionados. Os animais, portanto, não são apenas objetos passivos de seleção, pois suas próprias atividades afetam o valor adaptativo de suas variações comportamentais (JABLONKA; LAMB, 2010, p. 210).

Os três principais conceitos da Síntese Estendida da Evolução discutidos brevemente – sistema de herança epigenética, plasticidade fenotípica e construção de nicho – constituem as hipóteses auxiliares e o cinturão protetor do núcleo firme deste programa de pesquisa contemporâneo. Visto que, visam proteger o núcleo firme, ou seja, são explicações que afirmam a ideia de que há uma pluralidade de mecanismos envolvidos nas mudanças fenotípicas das espécies, reafirmando também a macroevolução, em tempos e taxas maiores.

Resgatando a explicação de Lakatos para estrutura da ciência, mais especificamente a competição entre programas de pesquisa, citamos o trecho da pesquisa teórica de Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016, p.13), no qual ponderam:

As informações obtidas por meio de pesquisas de genes reguladores do desenvolvimento, [...] de influências ambientais sobre o fenótipo e de influências do organismo no ambiente não só complementam o arcabouço teórico evolutivo por acrescentar novos fatores com poder explicativo, mas reestruturam – ou deveriam reestruturar – toda a forma de interpretar processos evolutivos já consolidados. Inicialmente, é preciso ratificar que na Síntese Estendida da evolução, a seleção natural e a deriva

genética ainda permanecem como processos capazes de alterar proporções genéticas em populações, assim como as mutações e as recombinações gênicas permanecem como fontes de variações. Sendo assim, o pensamento evolutivo contemporâneo não representa uma negação ou ruptura com prestígio conceitual dos últimos quadros teóricos da Biologia evolutiva. É igualmente importante ressaltar que os conhecimentos sustentados pela Eco-evo-devo não são meros acréscimos ou conhecimentos “complementares”, pois têm atuações sistêmicas o que, necessariamente, irroga a reinterpretção e a articulação de tais conceitos ao quadro teórico da Teoria Sintética (CECHIM, OLIVEIRA, CALDEIRA, 2016, p. 13).

A abordagem teórica da Síntese Estendida suscita rupturas pontuais com questões defendidas pela Teoria Sintética, o gradualismo, a microevolução e a seleção natural como fator causal de adaptações. Havendo, dessa forma, um embate de origem epistemológica e empírica entre o núcleo firme da Teoria Sintética e a Síntese Estendida, visto que os conceitos da eco-evo-devo, plasticidade fenotípica, construção do nicho e herança inclusiva, são incompatíveis com as premissas do gradualismo<sup>5</sup>, da microevolução<sup>6</sup> e da adaptação entendida necessariamente como subproduto da seleção natural. Não porque tais fatores deixaram de ser considerados pela Síntese Estendida, mas porque a Teoria Sintética defende a exclusividade de tais possibilidades evolutivas (CECHIM, OLIVEIRA, CALDEIRA, 2016).

Retomando os questionamentos do início da discussão, que “atingem” o núcleo firme da Teoria Sintética, a seleção natural explica todos os fenômenos evolutivos? As grandes mudanças que vemos na história da vida (que são chamadas de “macroevolução”) podem ser explicadas apenas a partir da ação da seleção natural dentro das populações (o que chamamos de “microevolução”)? O processo evolutivo é sempre gradual ou ele pode ocorrer, de tempos em tempos, a taxas mais rápidas?

O gradualismo e microevolução como meios exclusivos pelos quais os caminhos evolutivos ocorrem não são asserções coerentes dentro da Síntese Estendida, uma vez que são

---

<sup>5</sup> É a defesa de que transições fenotípicas acontecem em pequenos passos.

<sup>6</sup> Microevolução é definida como as frequências gênicas e distribuições de características mudam ao longo das muitas gerações de uma população. Macroevolução leva em conta o tempo geológico, toda a diversidade biológica, conforme expressa nos grandes padrões mostrados na árvore da vida (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

contemplados mecanismos que compreendem taxas variáveis de mudança. Os saltos podem ocorrer, por exemplo, porque mutações em genes que têm grande controle na regulação gênica podem resultar em efeitos significativos. A Biologia evolutiva do desenvolvimento rompe com o gradualismo estrito para explicar inovações morfológicas que acontecem em curtos períodos de tempo. (CESCHIM, OLIVEIRA, CALDEIRA, 2016, p. 22).

Diante disso, percebe-se que as principais discordâncias de ambos programas de pesquisa estão os conceitos de gradualismo e microevolução, como mudança exclusiva da mudança orgânica que a Teoria Sintética defende. Além disso, outra ruptura importante que impulsionou a regressão desse programa de pesquisa e emergência de um novo, é a perda da exclusividade da seleção natural na explicação da complementaridade organismo-ambiente, ou seja, na explicação de adaptações.

## **5. REFLEXÕES FINAIS**

A ciência avança na permanente substituição de programas de investigação científica regressivos por programas de investigação progressivos, no qual as teorias são substituídas quando a substituta apresenta mais informações do que a anterior. No entanto, substituir uma teoria não quer dizer que ela é falseada (LAKATOS, 1989). Esse é o caso da Teoria Sintética da Evolução, pois seus principais conceitos, seleção natural e deriva genética, não são falseados. Na Síntese Estendida esses conceitos são necessários para compreensão de mudanças e adaptações dentro de populações, sendo que o núcleo firme defende uma pluralidade de processos envolvidos nas explicações causais da Evolução, com a inclusão dos conceitos: sistema de herança epigenética, plasticidade fenotípica e construção de nicho.

Ademais, assim como afirma Lakatos, a revolução científica é racional porque se dá quando um programa supera o outro. E essa superação não ocorre de maneira rápida, por isso muitas vezes os programas funcionam juntos (SILVEIRA, 1996). Podemos inferir que talvez seja em decorrência disto que os cursos de formação de biólogos, incluindo licenciados e bacharéis, bem como no próprio ensino da Evolução Biológica na educação básica, ainda é na

perspectiva da Teoria Sintética. E na maioria das vezes, é apresentado pelos livros didáticos utilizados tanto na educação básica como na formação inicial, como sendo o único ou principal eixo teórico para explicar o processo evolutivo.

Por fim, entende-se que a Síntese Estendida, mais pluralista, pauta-se na ideia de que, ao passo que as características têm suas distribuições modificadas ao longo das gerações de uma população, por seleção natural, processos mais rápidos, como alterações no desenvolvimento, e na sua regulação, tem um papel importante. Com a eco-evo-devo tem-se uma explicação mais completa e consistente sobre a origem das formas sobre as quais a seleção natural pode atuar. Além disso, com a integração da Biologia molecular, promoveu-se um entendimento mais completo das grandes transições evolutivas, bem como da construção dos planos corporais e do surgimento de novidades evolutivas. De forma geral, entende-se que o desenvolvimento embrionário e o ambiente, estão intimamente relacionados com a evolução das espécies.

Enfatiza-se, portanto, a necessidade de compreender a pluralidade dos mecanismos evolutivos, que vão além da seleção natural, e que podem estar envolvidos desde o desenvolvimento embrionário das espécies. Assim, justifica-se a necessidade de reflexões epistemológicas na busca por maneiras de incluir esses novos entendimentos a respeito da Biologia evolutiva no ensino de evolução e na formação de professores, visto que a concepção integrada dos fenômenos naturais e processos biológicos ocorre mediante a compreensão da Evolução Biológica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. M. R; EL-HANI, C. N. Um exame histórico-filosófico da Biologia evolutiva do desenvolvimento. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 9-40, 2010.

ARTHURY, L. H. M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

CESCHIM, B; OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. C.; Teoria Sintética e Síntese Estendida: uma discussão epistemológica sobre articulações e afastamentos entre essas teorias. **Filosofia e História da Biologia**, v. 11, n. 1, p. 1-29, 2016.

CORRÊA, A. L; NUNES, P. D. S; CALDEIRA, A. M. D. A; CAVASSAN, O. Proposta de aproximação entre a evo-devo e a teoria da construção do nicho: perspectiva histórico-epistemológica para o ensino de Biologia. **Anais...** V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL), 2011.

FUTUYMA. D. J. **Evolução, Ciência e Sociedade**. Sociedade Brasileira de Genética, São Paulo, 2002.

JABLONKA, E; LAMB, M. J. **Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida**. Companhia das Letras, 2010.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Alianza, 1989.

MAYR. E. **O que é Evolução**. Rocco, Rio de Janeiro, 2009.

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da Biologia**. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

OLIVEIRA, T. B; ROCHA, F. B; KOHLSDORF, T; CALDEIRA, A. M.A. Eco-Evo-Devo: uma (re) leitura sobre o papel do ambiente no contexto das Ciências Biológicas. **Filosofia e História da Biologia**, V. 11, n. 2, p. 323-346, 2016.

REECE, J. B; WASSERMAN, S. A; URRY, L. A; CAIN, M. L; MINORSKY, P. V; JACKSON, R. B. **Biologia de Campbell**. Artmed Editora, 2015.

SILVEIRA, F. L. da. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno catarinense de ensino de física**. Florianópolis. Vol. 13, n. 3 (dez. 1996), p. 219-230, 1996.

### **CAPÍTULO III: FORMAÇÃO CONTINUADA NA PERSPECTIVA DE UM GRUPO COLABORATIVO: COMPREENSÕES EMERGENTES NO DISCURSO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA**

#### **RESUMO:**

A contribuição da colaboração, em suas diversas possibilidades, tem sido apontada como fator determinante para a formação continuada de professores, pois supera o individualismo, possibilitando reflexões coletivas sobre situações problemáticas e promovendo o desenvolvimento profissional docente. O presente artigo propõe teorizar as compreensões emergentes do discurso de professores sobre formação continuada, mediante a proposição de um Grupo Colaborativo. A tipologia de pesquisa se caracterizou por ser pesquisa de campo, no qual utilizamos questionários para coleta das informações da pesquisa. As informações foram analisadas segundo a análise textual discursiva. A nova compreensão do fenômeno estudado, possibilitada pelo processo analítico, revelou uma compreensão de formação continuada como racionalidade técnica, no entanto, com o desenvolvimento do grupo, a maioria dos professores reconstruiu seus discursos. Tais reconstruções emergiram nas reflexões coletivas que se estabeleceram no grupo, com troca de experiências, vivências, entre outros aspectos. Entendemos que práticas colaborativas voltadas para estudos e discussões de temáticas específicas da Biologia na formação de professores, se constitui uma ferramenta essencial para o desenvolvimento profissional docente e como consequência, para mudanças almejadas no ensino.

**Palavras-chave:** Formação de professores; Formação Continuada; Colaboração; Ensino de Biologia.

#### **1. INTRODUÇÃO**

A formação continuada de professores tem sido objeto de discussões e críticas especialmente por, em suma, objetivar o desenvolvimento de professores como “meros” técnicos, na reprodução e aplicação de conhecimentos produzidos e sistematizados. Um caminho apontado por autores, como Nóvoa (2002) e Imbernón (2010), para ultrapassar a formação técnica tem sido a prática colaborativa, como forma de superar, além do individualismo característico do trabalho docente, e possibilitar reflexões coletivas sobre situações problemáticas do ensino.

A formação continuada se direciona para perspectivas colaborativas entre os professores e pesquisadores de universidades, caminhando para uma aproximação da lacuna pesquisa-prática e na promoção do desenvolvimento profissional docente. Imbernón (2010) argumenta que é necessário pensar em uma prática colaborativa cuja organização seja minimamente estável nos cursos de formação de professores (respeito, liderança democrática, participação de todos os membros, entre outros), que dê apoio à formação, e a aceitação de uma contextualização e de uma diversidade entre os professores, que implicam maneiras de pensar e agir diferentes. Tais exigências contribuem para que se consiga uma melhor aceitação das mudanças e uma maior inovação nas práticas.

Tendo em vista a relevância da formação continuada para o desenvolvimento profissional docente, Zabotti e Justina (2020) e Araújo (2022) indicam a existência de carências de formações continuadas que busquem o estabelecimento da evolução como tema central do ensino de Biologia. Portanto, sugere como fundamental, que investigações se direcionam para o desenvolvimento de formações segundo essa temática, para então almejarmos o ensino de Biologia tendo a evolução como centralidade.

Nesse âmbito, o presente artigo propõe teorizar as compreensões emergentes do discurso de professores sobre formação continuada, mediante a proposição de um Grupo Colaborativo. Com isso, pretendemos validar e buscar formas de formação que se constituem mais significativas para o desenvolvimento profissional docente e superação das problemáticas que afetam cotidianamente o ensino de Biologia. Nosso olhar se volta para a compreensão dos professores sobre formação continuada, nesse caso sobre o Grupo Colaborativo desenvolvido. Buscamos compreender qual a visão de formação continuada que os professores participantes possuíam, e se ao decorrer do desenvolvimento do grupo, tal visão se reconstruiu. Esse olhar se justifica em razão de que o agente transformador da educação é o professor, ele deve ser o protagonista de sua própria formação.

## **2. FORMAÇÃO CONTINUADA: DESAFIOS E LIMITAÇÕES**

Não é recente que a formação continuada de professores tem sido objeto de estudo de pesquisas na área de ensino de Ciências e tem sido apontada por muitos estudos como insatisfatórias (CUNHA; KRASILCHIK, 2000; NÓVOA, 2002; IMBERNÓN, 2010). A literatura aponta inúmeras causas de tal ineficiência, mas umas das principais é a falta de integração entre a Universidade com as Escolas de Ensino Fundamental e Médio e entre os estudos teóricos e a prática docente (ALMEIDA et al 2016).

A não integração se expressa na falta de participação dos professores nas reflexões sobre o ensino, para modificar o seu desempenho e para adaptar propostas inovadoras junto aos pesquisadores. Comumente, os professores se restringem na condição de consumidores, executores, e na competência técnica de transmissão de saberes elaborados pelos pesquisadores (CUNHA; KRASILCHIK, 2000; TARDIF, 2014; ALMEIDA, et al, 2016).

Segundo Tardif (2014) os professores e os pesquisadores, tornam-se dois grupos cada vez mais distintos, no qual os professores realizam transmissão e os pesquisadores a produção dos saberes, ambos sem nenhuma relação entre si. Nesse cenário, o saber dos professores reside na competência técnica e pedagógica para transmitir saberes elaborados por outros grupos.

Para Almeida et al (2016), a lacuna pesquisa-prática se estabelece também na não utilização dos produtos educacionais pelos professores para construir e refletirem sobre a sua prática, bem como na não valorização da pesquisa acadêmica em seu trabalho de sala de aula. Para diminuir tal lacuna, os autores enfatizam a necessidade de que as pesquisas sejam mais acessíveis aos professores e, mais relevantes às preocupações dos professores e seu trabalho em sala de aula.

A formação docente, seja inicial ou continuada, envolve um conjunto de saberes que estão além da função de transmissão dos conhecimentos já constituídos. Sua prática integra diferentes saberes, com os quais mantém diferentes relações. Se constitui como um saber plural, formado pela junção de saberes oriundos da formação profissional e de saberes disciplinares, curriculares e experienciais (TARDIF, 2014).

Imbernón (2010) sugere a necessária mudança nas políticas e nas práticas da formação continuada de professores, embora reconheça o avanço

especialmente no século atual. O autor relata o cenário de mudanças políticas sociais e curriculares da formação continuada no Brasil, que tem seu início na década de 1970, com estudos para determinar as atitudes dos professores em relação aos programas de formação continuada, movimento que deu início para a era da formação continuada que culminaria nos anos 1980. Década esta marcada pelo paradigma da racionalidade técnica, onde a busca para competências do bom professor passa a ser associada a uma formação eficaz, como o principal tópico de pesquisa na formação continuada docente.

As décadas de 1990 e 2000 foram marcadas pela introdução de mudanças. Os anos 2000, consistem em um cenário de busca de alternativas, a partir da percepção que os sistemas educacionais do século passado são obsoletos e não funcionam para educar a população deste novo século. Propostas de novos modelos de formação alternativos ganham espaço, tais como projetos de pesquisa-ação, estudos teóricos, experiências, comunicações, congressos, etc. (IMBERNÓN, 2010).

Em síntese, entendemos que a formação continuada de professores tem marcas de mudanças sociais e políticas que impactaram os modelos formativos no Brasil nos últimos anos. Tal cultura formadora, construída historicamente, apresenta uma falta de integração entre a Universidade, a pesquisa científica e as escolas; falta de participação dos professores nas atividades de reflexão e inovação; e a lacuna pesquisa-prática. Atualmente, segundo Imbernón (2010) estamos em um cenário de buscas alternativas frente a tais questões. Dessa forma, a seguir, discutimos os principais avanços teóricos sobre a formação continuada na busca de novos modelos alternativos e no caminho para uma nova cultura formadora.

## **2.1 Formação Continuada: a busca de uma nova cultura formadora**

Na busca de novas perspectivas, encontra-se a potencialização de uma nova cultura formadora, que gere novos processos na teoria e na prática da formação, introduzindo-se em novas perspectivas e metodologias. O descontentamento generalizado com o paradigma da racionalidade técnica que

privilegiava a técnica e a instrução na formação de professores, provocou um movimento de ruptura dessa forma de pensar sobre a formação docente. Para Ibernón (2010, p. 27) diante das inquestionáveis evidências da formação continuada “conhecê-las implica analisar os acertos e os erros e, atentar para tudo aquilo que nos resta conhecer e avançar”.

Nesse contexto, Nóvoa (2002) pondera que é preciso fazer um esforço de troca e de partilha de experiências de formação, realizadas pelas escolas e pelas instituições de ensino superior, “criando progressivamente uma cultura de formação continuada de professores” (NÓVOA, 2002, p. 61).

A formação continuada deve consistir em um importante espaço de ruptura, estimulando o desenvolvimento profissional dos professores, no qual importa valorizar paradigmas de formação que provam a preparação de professores reflexivos, que assumam a responsabilidade do seu próprio desenvolvimento profissional e, que participem como protagonistas no desenvolvimento de políticas educativas (NÓVOA, 2002).

Podemos resumir que a nova cultura formadora, indicada pelos autores, se estabelece em dois principais pressupostos complementares, o primeiro deles é a prática reflexiva<sup>7</sup> e o segundo, a prática colaborativa. Para Nóvoa (2002, p. 22) os professores são, ao mesmo tempo, objetos e sujeitos da formação, “é no trabalho individual e coletivo de reflexão que eles encontrarão os meios necessários ao seu desenvolvimento profissional”. Dessa forma, entendemos a reflexão como um caminho para o desenvolvimento profissional docente que está intrinsecamente ligada aos processos formativos pautados na colaboração.

O estabelecimento de novas perspectivas se volta para uma formação continuada que estimule uma perspectiva crítico-reflexiva que forneça aos professores os meios de um pensamento autônomo e que facilite as dinâmicas de autoformação participada. Uma formação que seja capaz de estabelecer espaços de reflexão e participação, para que os professores aprendam com a reflexão e a análise das situações problemáticas e para que partam das necessidades democráticas do coletivo, a fim de estabelecer um novo processo

---

<sup>7</sup> Conceito desenvolvido por Dewey em sua obra *How we think* ou “Como pensamos”, de 1933. Difundido principalmente por Schön, em 1983, *The Reflective Practitioner* “Prática reflexiva” e ampliado por vários autores.

formador que possibilite o estudo da vida na sala de aula e nas instituições educacionais, os projetos de mudança e o trabalho colaborativo (NÓVOA, 2002; IMBERNÓN, 2010).

Nesse sentido, caminha-se para a construção de uma visão dos professores como profissionais reflexivos, que rompa com determinações estritas ao nível da regulação da atividade docente e supere uma relação linear entre conhecimento científico-curricular e as práticas escolares. Os professores devem possuir capacidade de autodesenvolvimento reflexivo, que sirva de suporte ao conjunto de decisões que são chamados a tomar no dia-a-dia, no interior da sala de aula e no contexto da organização escolar (NÓVOA, 2002).

Para Pimenta, Garrido e Mora (2001), o desenvolvimento do profissional reflexivo não ocorre espontaneamente, requer colaboração. O trabalho colaborativo tem sido apontado como uma forma de superação do isolamento docente, contribuindo para a emancipação profissional e para a consolidação de uma profissão autônoma dos seus saberes e valores. De acordo com Imbernón (2010, p. 63), na formação é necessário abandonar o individualismo para se chegar ao trabalho colaborativo, no qual “para desenvolver processos conjuntos e romper com o isolamento e a não comunicação dos professores, deve levar em conta a formação colaborativa”.

Além da superação do individualismo e propiciar a reflexão, a colaboração se constitui em uma estratégia para se chegar à solução de situações problemas, visto que é um processo que pode ajudar a entender a complexidade do trabalho educativo e a dar respostas melhores às situações problemáticas da prática (IMBERNÓN, 2010). Portanto, a colaboração torna-se uma estratégia para investigar, de forma reflexiva, a prática e suas situações problemáticas.

Pimenta (2005) compreende os professores como sujeitos que podem construir conhecimento sobre o ensinar na reflexão crítica sobre sua atividade, na dimensão coletiva e contextualizada institucional e historicamente. A pesquisa colaborativa tem por objetivo criar, nas escolas, uma cultura de análise das práticas que realiza, a fim de possibilitar que os seus professores, auxiliados pelos professores da universidade, transformem suas práticas (PIMENTA; GARRIDO; MOURA, 2001).

Desse modo, entendemos que a formação continuada se constitui para além de um processo de aperfeiçoamento profissional, mas principalmente, como um processo de transformação da cultura escolar. Uma nova cultura em que práticas participativas e de gestão democrática, vão sendo implementadas e consolidadas. Portanto, a formação de professores reflexivos configura um projeto pedagógico emancipatório, no qual, o professor é protagonista de sua própria formação. Nesse contexto, a seguir discutimos sobre a proposição de Grupos de Pesquisa Colaborativo como modelo alternativo de Formação Continuada para o estabelecimento de uma nova cultura formadora.

## **2.2 A proposição de Grupos de Pesquisa Colaborativo como modelo alternativo de Formação Continuada**

Modelos de formação continuada alternativos, objetivando o desenvolvimento de uma nova cultura, tem se expressado na proposição de Grupos Colaborativos em âmbito nacional (PIMENTA; GARRIDO; MOURA, 2001; FIORENTINI, 2004; PIMENTA, 2005; DANIMIANI, 2008; SEPULVEDA; ALMEIDA et al, 2016; COELHO, 2017) e internacional (JOHN-STEINER; WEBER; MINNI, 1998; BOAVIDA; PONTE, 2002; HARRISON, et al 2008; SIMÃO, et al 2009).

Tais proposições têm direcionado a colaboração objetivando a formação continuada de professores, como também investigações e pesquisas de situações problemáticas do ensino, se revelando múltiplas possibilidades.

[...] existem muitas formas de colaboração e que isso é, não só natural, como legítimo. A colaboração não é um fim em si mesma mas sim um meio para atingir certos objetivos. Por isso, objetivos diferentes, prosseguidos em condições bastante diversas, exigem, naturalmente, formas de colaboração também muito diversas (BOAVIDA; PONTE, 2002, p. 3).

Tal diversidade é encontrada na literatura. Pimenta, Garrido e Moura (2001) desenvolveram uma pesquisa baseada na pesquisa-ação colaborativa, com a finalidade de criar uma cultura de análise das práticas nas escolas, tendo em vista, suas transformações pelos professores, com a colaboração dos professores universitários. Os autores reforçam que as transformações das

práticas ocorrem num processo de reflexão sobre estas e problematização das práticas, a partir das necessidades e dos problemas vivenciados pelos professores nos contextos escolares. Para isso, é preciso desenvolver nos professores as habilidades de pesquisa e provê-los de instrumentos e de recursos necessários. A pesquisa-ação colaborativa desenvolvida pelos autores é vista como uma “modalidade de pesquisa que torna o participante da ação, um pesquisador de sua própria prática e, o pesquisador, um participante que intervém nos rumos da ação, orientado pela pesquisa realizada” (FIORENTINI, 2004, p. 70-71).

Sicca et al. (2014) desenvolveram ao longo de dez anos, uma formação continuada por meio de pesquisa colaborativa com professores e pesquisadores sobre a temática de GeoCiências, Terra e seus fenômenos. Os participantes eram professores de Biologia, Física, Química, Sociologia, Geografia, História e Matemática, aos quais constituíam subgrupos. Dentre as principais considerações, a colaboração entre pesquisadores e professores tornou a formação frutífera, em um aprendizado mútuo:

A perspectiva dos professores tem sido reforçada pelo desenvolvimento colaborativo, oferecido por meio de múltiplas oportunidades de refletir sobre ensino, sobre a prática e sobre o currículo. A estratégia de colaboração influencia seus produtos e pesquisadores aprendem sobre condições e limites das escolas, bem como extraem elementos para mudar o ensino praticado na universidade (SICCA et al, 2014, p. 366).

No livro organizado por Sepulveda e Almeida (2016), pesquisadores do grupo de pesquisa CoPPEC (Colaboração em Pesquisa e Prática em Educação Científica) divulgam suas pesquisas realizadas ao longo de sete anos de colaboração. Dentre as diversas inovações, os autores apontam que a pesquisa colaborativa é um caminho promissor para superar a lacuna entre teoria e prática, além de promover o desenvolvimento profissional docente. Propõem uma metodologia de construção coletiva de conceitos que orientem ações de grupos colaborativos e lhes provenham de repertório compartilhado.

Santos-Júnior e Marcondes (2013) em um Grupo Colaborativo com professores de Química, observaram que o trabalho colaborativo se confirmou como um espaço de aprendizagem, reflexão e reestruturação de ideias e

concepções. Além disso, os professores obtiveram outros ganhos para além dos conhecimentos específicos para o exercício da docência:

[...] desenvolveram no que diz respeito às relações pessoais, como: maior tolerância, maior capacidade em lidar com tensões, ponderação em administrar objetivos individuais e coletivos. Tais capacidades são, sem dúvida, importantes para os profissionais que exercem atividades sociais, como a docência, por exemplo. Também foi perceptível o desenvolvimento da argumentação; essa competência pode não ser bem desenvolvida nas licenciaturas e é outro atributo importante para o professor (SANTOS-JÚNIOR; MARCONDES, 2013, p. 709).

Os resultados de Santos-Júnior e Marcondes (2013) corroboram com Imbernón (2010) no qual argumenta que dentre as novas perspectivas na formação continuada, estão as relações entre os professores, as emoções e atitudes, a complexidade docente, a mudança de relações de poder nos centros de professores, a autoformação, comunicação, emoções e formação na comunidade. Tais características visam separar a formação continuada da formação disciplinar, tão comum nos planos e nas práticas de formação.

Posto isto, entendemos assim como Fiorentini (2004), que o trabalho colaborativo, bem como a pesquisa colaborativa, têm sido objeto de discussão e estudos em todo o mundo, como uma resposta às mudanças sociais, políticas, culturais e tecnológicas que perpassam a educação a nível global, “mudanças essas que colocam em xeque as formas tradicionais de educação e desenvolvimento profissional de professores e de produção de conhecimento” (FIORENTINI, 2004, p. 72).

A diversidade de concepções e modelos de trabalhos colaborativos, nas diferentes formas de organizar e investigar esses grupos, inaugura uma agenda de pesquisa pautada na sistematização destas experiências de modo a contribuir com novas bases teóricas, metodológicas e epistemológicas para essa modalidade de prática profissional e de pesquisa (ALMEIDA, 2014).

Nesse panorama, compreendemos, portanto, que a colaboração entre professores e pesquisadores pode ser um recurso importante para o desenvolvimento profissional docente em seus múltiplos aspectos. Para tanto, se faz necessário investir em pesquisas na formação continuada que supere a

mera atualização de conhecimentos, e que promova a participação e reflexão no contexto de grupo, de modo que venha subsidiar uma educação transformadora e democrática aos cidadãos.

### **3. PERCURSO METODOLÓGICO**

Este artigo tem como natureza de pesquisa qualitativa e tipologia de pesquisa de campo, sendo que o fenômeno a ser estudado é a constituição de um Grupo Colaborativo com professores de Biologia.

Entendemos que a colaboração é uma estratégia importante para a realização de investigações sobre a prática, seja por equipe de professores, de uma ou várias escolas, com interesses comuns, como por equipes mistas, envolvendo professores e pesquisadores. Nos grupos colaborativos todos compartilham as decisões tomadas e são responsáveis pela qualidade do que é produzido em conjunto, conforme suas possibilidades e interesses (BOAVIDA; PONTE, 2002; DAMIANI, 2008).

Alguns estudos têm abordado a colaboração como sinônimo de cooperação. É importante diferenciarmos estes dois termos, visto que, na cooperação há ajuda mútua na execução de tarefas, mas suas finalidades geralmente não são fruto de negociação conjunta do grupo, podendo existir relações desiguais e hierárquicas entre os seus membros. Já na colaboração, os membros de um grupo se apoiam, trabalham juntos, com objetivos comuns negociados pelo coletivo, estabelecendo relações que tendem à não-hierarquização, liderança compartilhada, confiança mútua e corresponsabilidade pela condução das ações (DAMIANI, 2008).

Na presente pesquisa, a formação do Grupo Colaborativo, inicialmente, foi divulgada como curso de formação continuada sobre ensino de Evolução Biológica. A divulgação foi realizada em grupos de aplicativo por mensagens de celular, e-mails, tanto pela pesquisadora, quanto pelo Núcleo Regional de Educação de Cascavel/PR. Para a inscrição era necessário realizar cadastro, onde obtivemos 33 inscrições. No entanto, devido a dificuldades, como disponibilidade de horário, tivemos 10 participantes efetivos do Grupo Colaborativo.

O grupo era formado por quatro professores com até 15 anos de atuação profissional, e duas professoras com mais de 20 anos de atuação. Duas professoras que estavam no final do doutorado acadêmico e atuavam com menos de cinco anos na escola. Uma professora intérprete de libras, com cerca de menos de 15 anos de atuação e uma estudante de pós-graduação, sem atuação. Os professores com mais tempo de atuação sinalizaram que realizam cursos de formação frequentemente. Já os docentes com menos tempo de atuação, citaram fazer cursos de formação com pouca frequência, embora, a maioria deles possuam como formação o mestrado.

No total, tivemos 10 encontros que ocorreram de forma virtual pela plataforma *teams*, com cerca de duas horas e meia cada. De acordo com as necessidades expostas pelo grupo, os 6 primeiros encontros foram realizados de forma semanal e os 4 últimos, realizados de forma quinzenal. O quadro II discorre a respeito das atividades e objetivos de cada um dos dez encontros, bem como os meios de constituição de dados. Ressaltamos que, embora tivéssemos o cronograma com planejamento prévio de cada encontro, assim como os objetivos, o mesmo foi desenvolvido de forma flexível, se adequando aos interesses dos participantes.

**Quadro II:** Programação dos encontros do Grupo Colaborativo de Professores de Biologia

<b>Encontro 2-3 horas</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Constituição de dados</b>
<b>1° encontro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Problematização inicial sobre a importância do ensino de Biologia, com ênfase no papel que a Evolução Biológica exerce na organização dos conteúdos biológicos.</li> <li>○ Explicar as dificuldades relacionadas ao ensino de Evolução, o que as pesquisas dizem e mostram.</li> </ul>	<p>Encontro áudio-gravado.</p> <p>Questionário fechado.</p> <p>Entrevista de grupo (semiestruturada).</p>
<b>2° encontro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Imersão histórica e epistemológica dos conceitos de Evolução Biológica, a partir de textos, livros e referenciais pertinentes da área, bem como fontes primárias.</li> <li>○ Discutir as visões de mundo do fixismo ao evolucionismo.</li> <li>○ Compreender a construção dos conteúdos biológicos da antiguidade até o século XVIII.</li> </ul>	<p>Encontro áudio-gravado.</p>

<b>3° encontro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Imersão histórica e epistemológica dos conceitos de Evolução Biológica, a partir de textos, livros e referenciais pertinentes da área bem como fontes primárias.</li> <li>○ Discutir a Biologia evolutiva no século XIX, com ênfase em Lamarck e Darwin.</li> </ul>	Encontro gravado.	áudio-gravado.
<b>4° encontro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Imersão histórica e epistemológica dos conceitos de Evolução Biológica, a partir de textos, livros e referenciais pertinentes da área bem como fontes primárias.</li> <li>○ Debater o cenário evolutivo após Darwin.</li> <li>○ Debater o cenário evolutivo no século XX.</li> <li>○ Discutir a síntese da teoria sintética da evolução, com ênfase no papel de Dobzhansky.</li> </ul>	Encontro gravado.	áudio-gravado.
<b>5° encontro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Discutir os novos entendimentos sobre Biologia evolutiva, a síntese estendida da evolução, com enfoque na evo-devo.</li> </ul>	Encontro gravado.	áudio-gravado.
<b>6° encontro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Retorno das discussões sobre os temas com intuito de verificar se houve ou não uma reconstrução do conhecimento ou mudança conceitual por parte dos professores, quanto aos conceitos de Evolução Biológica.</li> <li>○ Expor e discutir como formular uma sequência didática sobre Evolução sob uma perspectiva histórica.</li> </ul>	Entrevista de grupo (semiestruturada). Encontro gravado.	áudio-gravado.
<b>7° e 8° encontro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Elaboração da sequência didática pelos professores. A elaboração foi realizada em duplas, com intuito de incentivar e estimular o planejamento em grupo.</li> <li>○ Os professores elaboraram uma sequência didática conforme o conteúdo que estavam trabalhando em suas aulas, em uma perspectiva evolutiva e histórica. Os conteúdos biológicos deveriam ser trabalhados em torno do eixo evolutivo. Assim, os professores foram estimulados a pensar/trabalhar evolutivamente.</li> </ul>	Encontro gravado.	áudio-gravado.
<b>9° encontro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Discussão e reflexão sobre a elaboração/aplicação da sequência didática pelos professores.</li> </ul>	Encontro gravado.	áudio-gravado.
<b>10° encontro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reflexão sobre a elaboração e aplicação da sequência didática pelos professores, bem como sua influência no ensino e a na aprendizagem da Evolução Biológica.</li> <li>○ Compreender a percepção dos professores acerca do Grupo Colaborativo.</li> </ul>	Entrevista de grupo (semiestruturada). Encontro gravado.	áudio-gravado.

Fonte: A autora (2022).

As informações da pesquisa foram constituídas mediante questionários, aos quais foram aplicados no primeiro encontro (apêndice I) e no último encontro (apêndice II), além da transcrição do último encontro (apêndice III). Escolhemos

os questionários como instrumento para coleta das informações a fim de garantir que todos os participantes respondessem, pois, tendo em vista que a modalidade era remota, observamos que sempre os mesmos participantes respondiam as problematizações e interagiam nas reflexões, enquanto outros não o faziam, no caso da transcrição do último encontro, temos somente o discurso de dois professores.

Segundo Marconi e Lakatos (2003), os questionários são instrumentos de coleta de dados, constituídos por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador. Para os autores, as principais vantagens são: maior liberdade nas respostas, em razão do anonimato; maior segurança, pelo fato das respostas não serem identificadas e, menor risco de distorção, pela não influência do pesquisador.

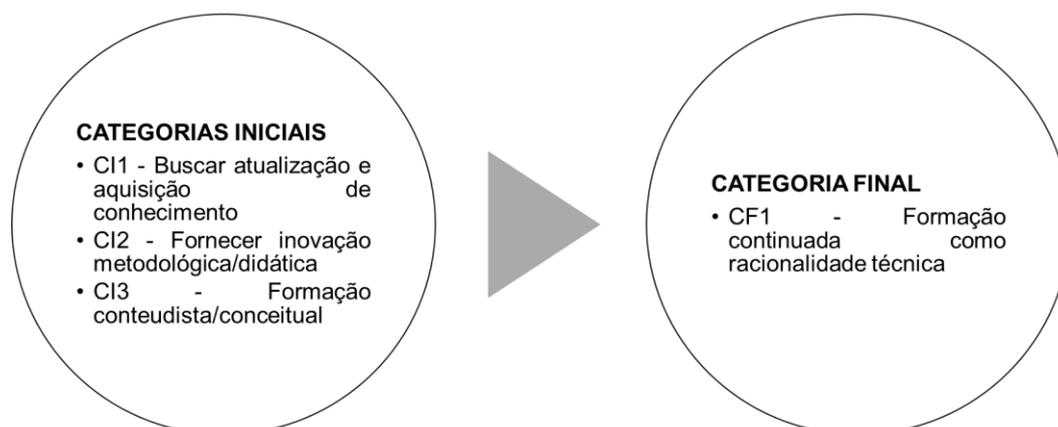
No questionário empregado no primeiro encontro, procuramos entender, inicialmente, quais foram as motivações dos professores (sejam pessoais ou profissionais) para participarem da formação. O que esses professores buscavam? Tendo em vista a base da colaboração que previamente se pretendia formar no decorrer dos encontros, esse primeiro momento se fez relevante. Além disso, qual a expectativa para o Grupo Colaborativo? Qual o interesse em estudar Evolução Biológica? No último encontro, aplicamos novamente o questionário e realizamos discussões e problematizações: quais foram os pontos positivos e negativos do Grupo Colaborativo para sua formação e atuação profissional? Como foi pensar e estruturar a sequência didática?

Dessa forma, as informações da pesquisa foram submetidas ao tratamento analítico segundo análise textual discursiva (ATD) de Moraes e Galiazzi (2016). Dentre as principais características da ATD está a produção de novas compreensões sobre textos e discursos. A ATD pode ser considerada como um dispositivo de análise de dados qualitativos que se desenvolve por meio de um processo auto organizado e construção de compreensões sobre os fenômenos investigados. Para isso, a ATD compreende três etapas principais: 1. Unitarização; 2. Categorização; 3. Novo emergente.

A primeira etapa, *unitarização*, consiste na desmontagem dos textos, a qual baseia-se na análise minuciosa das respostas dos questionários transcritos, com o objetivo de identificar significantes e elaborar unidades de sentido

(MORAES; GALIAZZI, 2016). Nessa etapa, de desconstrução e fragmentação das informações da pesquisa, realizamos a desmontagem das informações dos questionários. Além disso, identificamos os sujeitos da pesquisa e seus trechos desconstruídos com o código P1 a P10. O questionário inicial recebeu o código de Q1 enquanto que o questionário aplicado no último encontro Q2. Os trechos transcritos do último encontro receberam a letra “T” como identificação. Ao final desse processo, construímos as unidades de sentido, que se reportam aos excertos das falas dos participantes e seus respectivos códigos.

A *categorização* é a segunda etapa da ATD, se refere corresponde à síntese de informações de pesquisa, a partir da comparação e da diferenciação das unidades de sentido, levando a agrupamentos de elementos semelhantes. O processo de categorização resultou em duas categorias finais, emergentes, mediante as construções teóricas do pesquisador e das informações do *corpus*. Tal processo está resumido nas figuras 1 e 2. Na figura 1, temos o agrupamento das unidades de sentido em 3 categorias iniciais, CI1, CI2 e CI3, que constituíram a categoria final CF1 – Formação continuada como racionalidade técnica.



**Figura 1:** Processo de categorização das compreensões emergentes dos discursos dos professores participantes da pesquisa sobre Formação Continuada. Fonte: informações da pesquisa (2022).

Na figura 2, mediante o estabelecimento de relações entre as unidades de sentido, constituímos as categorias iniciais CI3, CI4 e CI5, que foram

agrupadas nas categorias intermediárias CINT1 e CINT2, resultando na categoria final CF2 - Grupo Colaborativo: uma nova cultura formadora. Esclarecemos que nas duas as categorias finais temos compreensões referentes aos discursos dos professores de ambos os questionários, tanto o inicial quanto final, não sendo possível estabelecer uma separação, visto que as informações da pesquisa se mesclaram na medida que o processo analítico ocorria.



**Figura 2:** Processo de categorização das compreensões emergentes dos discursos dos professores participantes da pesquisa sobre Formação Continuada. Fonte: informações da pesquisa (2022).

A terceira etapa da ATD, é o metatexto e consiste na captação do *novo emergente*, que a partir dos processos anteriores, possibilita a emergência de uma compreensão renovada do todo. A terceira etapa analítica é, portanto, o resultado de um esforço em entender e explicar os fenômenos e representa os registros designados como metatextos. Nesse processo constroem-se estruturas de categorias, que ao serem transformadas em textos, encaminham descrições e interpretações capazes de apresentarem novos modos de compreender os fenômenos investigados (MORAES; GALIAZZI, 2016).

Dessa forma, a seguir buscamos expressar os sentidos do conjunto de textos analisados, atingindo uma compreensão mais profunda e ampliada do fenômeno estudado a partir do metatexto.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção apresentamos as categorias como elementos de organização do metatexto, da desordem a uma nova ordem, mediante as descrições e interpretações que compõem o exercício de expressar as novas

compreensões possibilitadas pela análise. Portanto, os resultados nesse estudo são discorridos de maneira interpretativa e intuitiva, mediante o olhar teórico para o conjunto de categorias.

### **Formação continuada como racionalidade técnica**

A partir dos discursos dos professores, a compreensão emergente de formação continuada que observamos, se aproxima da noção de atualização profissional, aquisição de conhecimento, aprendizagem de novos conceitos e aprofundamento conceitual sobre os conteúdos da Evolução Biológica.

P5Q1: [...] busco por uma questão de atualização profissional, cursos como esse eu considero uma preciosidade, porque os cursos que a gente, que são ofertados pra nós, muitas vezes não nos servem né, ou são insuficientes. Então por uma questão de conteúdo é sempre bom a gente estar se atualizando, falar de Biologia é muito prazeroso.

P6Q1: Eu me inscrevi porque gosto bastante da área, gostaria de me *aprofundar* e *aprender* mais sobre isso.

P8Q1: [...] faz bastante tempo que fiz a faculdade, e o assunto é bem interessante e tem poucos cursos assim pra gente se *atualizar*, então nesse sentido de *recordar* e *atualizar* o conteúdo em si, pra *repassar* pros alunos mesmo.

Os verbos utilizados “aumentar” e “aprender” remetem a uma noção de formação conteudista e de acúmulo de conhecimento. Ademais, o verbo “atualização” revela a compreensão comum e enraizada da formação continuada, que é a ideia de formação como atualização de conhecimento científico, juntamente com o verbo “repassar”, denotando o professor como reprodutor e na competência de técnico de transmissão de saberes elaborados pelos pesquisadores (CUNHA; KRASILCHIK, 2000).

Cunha e Krasilchik (2000) ponderam que a formação continuada não se resume em um curso de atualização:

[...] as propostas de formação continuada, são frequentemente concretizadas por meio de cursos, conferências, seminários, e outras situações pontuais em que os docentes desempenham o papel de ouvintes, nas quais se desconhece que eles têm muito a contribuir e não só a aprender. É necessário que a formação do professor em serviço se construa no cotidiano escolar de forma constante e contínua (CUNHA; KRASILCHIK, 2000, p. 3-4).

A tradição de formação consiste em atualizar e culturalizar os docentes em conhecimentos de qualquer denominação ou tipologia. Imbernón (2010) defende que é preciso passar da atualização à criação de espaços de formação. A formação continuada de professores, mais do que atualizar os docentes, deve ser capaz de criar espaços de formação, de pesquisa, de inovação, e os formadores de professores devem saber criar tais espaços, a fim de passarem do ensinar ao aprender.

É possível identificar na fala de P5, o relato da falta de cursos de formação ligados ao conteúdo biológico, e que não sejam somente um dia de curta duração. Embora seu discurso se aproxima da compreensão que remeta à formação tradicional, identifica esse problema nos cursos que lhes são disponibilizados.

Observamos que o discurso dos professores P1, P2 e P10 aproximaram-se da compreensão de formação e inovação metodológica e didática para o ensino de evolução, no sentido de melhorar a abordagem da temática em sala de aula.

P1Q1: Poder conhecer e aprender *ferramentas e formas* de aplicar o ensino de evolução.

P2Q1: [...] melhorar a minha prática docente, atualmente eu estou em sala de aula, estou lecionando, pensando em como abordar esse conteúdo que está presente em todos os momentos no currículo, pensando em melhores *formas*.

P10Q1: [...] aprender novas *metodologias*.

Essa compreensão da formação continuada se aproxima da tradição de formação no Brasil, segundo um momento de culturalização dos professores. Tal modelo entende que “atualizando os conhecimentos científicos e didáticos, o professor transformaria sua prática e, como por milagre, passaria a ser um inovador, promotor de novos projetos educacionais” (IMBERNÓN, 2010, p. 95).

Na mesma linha, observamos que P3, P6 e P8 expressaram a formação continuada como *curso visando formação conceitual*. Após os dez encontros transcorridos, buscamos compreender se houveram reconstruções ou não, além de novas compreensões sobre formação continuada e Grupo Colaborativo. As falas a seguir são respostas da seguinte questão proposta ao final do Grupo

Colaborativo: Quais foram os pontos positivos e negativos do Grupo Colaborativo para sua formação e atuação profissional?

P3Q2: Não houve pontos negativos, só positivos, pois todo *conhecimento obtido* pode ser relacionado com os conteúdos didáticos que podem ser repassados aos educandos.

P6Q2: Somente pontos positivos. Um curso leve, gostoso, com conteúdo de qualidade, professora com didática muito boa. Faria novamente, sem dúvidas. Aprendi muito, muitos conceitos foram transformados.

P8Q2: Curso agradável de participar, colocado os conteúdos de modo claro, com uma linguagem fácil.

Percebe-se uma resistência em mudanças, que pode ser explicado pelo tempo em que estes professores estão formados, pelo tempo que estão em sala de aula, e a frequência de cursos voltados para atualização conceitual de determinados conteúdos. P8 atua como docente há 27 anos, P6 há 15 anos; P3 possui em Bacharel em Ciências Biológicas e está cursando o primeiro ano da licenciatura, possuindo uma formação mais técnica. Todos estes fatores se constituem determinantes para manutenção dos discursos. Observamos que estes mesmos participantes da pesquisa foram os que menos se envolveram das discussões coletivas, mantendo uma postura, ao longo da formação, como ouvintes.

Entendemos, portanto que a partir do discurso dos professores relativos a busca de *atualização e aquisição de conhecimento; fornecer Inovação metodológica/didática e formação conteudista/conceitual* se direcionam para a compreensão da formação continuada como “treinamento”, que se caracteriza por uma série de comportamentos, conceitos, técnicas, metodologias que merecem ser reproduzidos pelos professores nas aulas, de forma que, para aprendê-los, são utilizadas modalidades como cursos, seminários dirigidos e oficinas por “especialistas” no assunto. A ideia predominante é a transmissão vertical por um especialista que soluciona os problemas sofridos por outras pessoas: os professores (IMBERNÓN, 2010).

A noção de formação como racionalidade técnica converge para os programas de formação continuada já desenvolvidos em nosso país, especialmente com professores de Ciências, no qual se limitam a ações de

“reciclagem”, “treinamento” ou de “capacitação” de professores, geralmente em cursos de curta duração, nos quais prevalecem modelos de formação continuada, ditos tradicionais, onde não se rompe com a racionalidade técnica.

Altenfelder (2005) reflete sobre os termos muitas vezes usados para se referir a formação continuada do professor. O termo “reciclagem”, que é uma palavra usada no cotidiano para se referir a processos de modificação de objetos e materiais, não deve ser usada no contexto educacional, pois remete a cursos rápidos, descontextualizados e superficiais, que não consideram a complexidade do processo de ensino. Já o termo “capacitação”, considera-se a ação de capacitar no sentido de tornar capaz, habilitar, uma vez que, para exercer sua função de educadora, a pessoa necessita adquirir as condições de desempenho próprias à profissão, ou seja, se tornar capaz.

Denominações do tipo capacitação, treinamento, reciclagem e aperfeiçoamento, entre outras, correspondem a uma ideologia e uma concepção tecnicista da educação [...] Essas denominações correspondem mais a uma concepção de manipulação, de implementação de cursos curtos e rápidos, de palestras e encontros esporádicos que permitem a implantação de “pacotes” propiciadores de um maior grau de instrução ou aptidão para seguir modelos predefinidos externamente que remendam, completam algo que supostamente falta e, por sua vez, corrigem defeitos visíveis na educação (ALVARADO-PRADA; FREITAS; FREITAS, 2010, p. 374-375).

A formação continuada a partir dessas conotações desconsidera os múltiplos saberes docentes, e resume a formação apenas com a atualização de conhecimentos científicos que devem ser adquiridos de seus possuidores para tirar os professores de sua incapacidade (ALVARADO-PRADA; FREITAS; FREITAS, 2010).

Todos estes termos reportam-se para a formação continuada tradicional, ou seja, a racionalidade técnica. Esse modelo de formação concebe o professor como técnico, por assumir a atividade profissional como essencialmente instrumental, dirigida para a solução de problemas mediante a aplicação de teorias e técnicas (ROSA; SCHNETZLER, 2003).

Imbernón (2010) caracteriza esse modelo de formação, no qual o principal objetivo é que professores adquirirem conhecimentos ou habilidades, por meio da instrução individual ou grupal que nasce a partir da formação decidida por outros. A partir de um curso ou em uma sessão de “treinamento”, os objetivos e os resultados almejados são claramente especificados por alguém e costumam ser propostos em termos de conhecimentos ou do desenvolvimento de habilidades. Para o autor, esse modelo historicamente construído, possui visão determinista e uniforme da prática docente, sendo reforçada pelos processos de pesquisa positivistas e quantitativos que eram realizados, especialmente na década de 70 e 80. As origens dessa forma de conceber a formação continuada, advém, historicamente, “do positivismo, uma racionalidade técnica que buscava com afinco, nas pesquisas em educação, ações generalizadoras para levá-las aos diversos contextos educacionais” (IMBERNÓN, 2010, p. 54).

Potencializou-se tal modelo de treinamento mediante cursos padronizados, fato que ainda perdura nas primeiras décadas do século XXI. Conceber a formação continuada de tal maneira, reforça a visão simplista do processo de ensino, no qual, para ensinar basta conhecer o conteúdo e utilizar algumas técnicas pedagógicas. Os complexos problemas da prática pedagógica não são sanados por cursos que objetivam dar conta das deficiências na formação inicial, por meio de atualização e reprodução de técnicas consideradas mais eficazes. Nesse caso, coloca-se o professor como “simples executor e aplicador de receitas” (SCHNETZLER, 1999).

Segundo Candau (1996) a formação continuada não pode ser concebida dessa forma, como um processo de acumulação, seja por meio de cursos, palestras, de conhecimentos ou técnicas, mas sim como um trabalho de reflexão crítica sobre as práticas e de (re)construção permanente de uma identidade pessoal e profissional.

Nessa perspectiva, entendemos que a lógica da racionalidade técnica opõe-se sempre ao desenvolvimento de uma práxis reflexiva (NÓVOA, 2002). Segundo Imbernón (2010) é necessário abandonar o conceito tradicional de que a formação continuada de professores é a atualização científica, didática e psicopedagógica, que pode ser recebida mediante certificados de estudo ou de participação em cursos de instituições superiores. Deve-se pensar uma

formação continuada que ajude os professores a descobrirem sua teoria, a organizá-la, a fundamentá-la, a revisá-la e a destruí-la ou construí-la de novo. Indo muito além do professor como aplicador de técnicas pedagógicas, mas sim, comprometer-se com uma formação dirigida a um sujeito que tem capacidades de processamento da informação, de análise e reflexão crítica, de decisão racional, de avaliação de processos e reformulação de projetos sociais e educacionais.

Para as autoras Rosa e Schnetzler (2003) a ideia de parceria colaborativa atua como possibilidade de rompimento com a racionalidade técnica. Na parceria colaborativa, a reflexão e a intervenção, na realidade, se viabilizam a partir da interação entre pares que assumem papéis específicos no processo. Para a autora, a falta de integração entre teoria e prática é a principal característica de uma formação calcada na racionalidade técnica “os currículos de formação profissional tendem a separar o mundo acadêmico do mundo da prática” (SCHNETLZER, 2003, p. 19). Isso confere pouca efetividade, onde os problemas nela abordados são geralmente abstraídos das circunstâncias reais, constituindo-se em problemas ideais e que não se aplicam às situações práticas, instaurando-se, nesse contexto, o indesejável distanciamento entre teoria e prática.

É notável que a racionalidade técnica possui raízes históricas e que embora tenha-se avançado principalmente nas pesquisas, o fato dos dez professores apresentarem suas compreensões próximas a lógica da racionalidade técnica, nos reforça que esse modelo formativo é o predominante.

Nos atentamos a fala de P1, onde sinaliza que esse modelo formativo que lhes é oferecido é insuficiente, e justamente o formato do Grupo Colaborativo chamou sua atenção para participar da formação: P5: “[...] cursos como esse eu considero uma preciosidade, porque os cursos que a gente...que são ofertados para nós, muitas vezes não nos servem né, ou são *insuficientes*”. Assim como P10 “[...] cursos presenciais eles eram oferecidos para nós muito *superficiais*, as vezes um dia”.

Notamos que embora os discursos dos professores participantes da pesquisa remetem à formação continuada como racionalidade técnica, alguns deles, como P5 e P10, expressam a necessidade e interesse de modelos

alternativos de formação, visto que os ofertados são insuficientes, superficiais e de curta duração, não trazendo resultados significativos para suas práticas. Dessa forma, a seguir apresentamos o metatexto da CF2, que reúne as compreensões referentes ao Grupo Colaborativo como modelo formativo.

### **Grupo Colaborativo: uma nova cultura formadora**

Observamos no discurso de dois professores a intenção e necessidade de tratar os conteúdos biológicos tendo a evolução como centralidade. Entendemos que esse discurso se aproxima de uma compreensão mais ampliada do papel integrador que a evolução exerce nos conteúdos biológicos.

P1Q1: [...] por mais que a disciplina de evolução esteja concentrada no terceiro ano, eu acho que ela está em tudo, então a gente tem que tratar dela em todos os assuntos, e começar a transformar isso em uma coisa mais palpável aos alunos.

P2Q1: Ampliar minha compreensão sobre evolução e sua abordagem em todos os conteúdos biológicos [...]o ensino de Evolução Biológica está muito diluído dentro dos livros, ele é muito básico, não é muito aprofundado, em muitos momentos trabalho de forma pontual lá no terceiro ano. Mas a gente sabe que ele está presente em todos os conteúdos.

Entendemos, portanto, que os professores buscaram a formação a partir de problemáticas da prática docente referentes ao ensino de evolução. Dessa forma, a compreensão de formação se direciona como possibilidade de abordar e discutir os problemas enfrentados pelos professores na prática cotidiana.

A Evolução Biológica restrita ao final da escolarização é apontada por Bizzo e El-Hani (2009) como uma das principais problemáticas no ensino desta temática. É problemática pois os conteúdos biológicos devem ser trabalhados sob o enfoque evolutivo e em torno do eixo integrador e unificador da Evolução Biológica. Para os autores “se deixarmos a evolução para o fim da educação básica, ela tenderá a ser abordada de modo impróprio e não cumprirá o papel integrador que efetivamente tem no conhecimento biológico” (BIZZO; EL-HANI, 2009, p. 253).

Nesse sentido, o processo de reflexão sobre as problemáticas cotidianas da prática docente começou a ganhar mais espaço durante os encontros do

Grupo Colaborativo. P5 sinalizou como ponto positivo do grupo, o espaço para reflexões.

P5Q2: Permitiu uma reflexão sobre os conteúdos científicos, bem como refletir sobre o fazer científico. Me dando mais segurança para abordar este conteúdo que é tão estruturante no campo da Biologia.

Com exceção de P5, os outros professores participantes não usaram em seus discursos a palavra *reflexão*, no entanto, observamos ao decorrer dos encontros, que tal postura foi se construindo entre os professores. A reflexão sobre a prática, sobre os conteúdos e organização do conhecimento biológico em torno do eixo evolutivo, esteve presente principalmente nos últimos encontros, por meio das discussões sobre a estruturação da sequência didática, momento em que os professores foram desafiados a pensar e propor soluções para os problemas discutidos, como segue os discursos dos professores:

P5T: [...] tem um alfinetinho que fica ali, né? Alfinetando essa proposta, né? E aí eu não sei, parece que não tive um momento propício para me inspirar bem né, mas não parei de pensar eu tive duas ideias. Aí eu conversei bem previamente com a *Maria*<sup>8</sup> que ela minha colega né? Aí eu pensei duas coisas...

P2T: E hoje quando eu fui pesquisar, sobre ideias de como trabalhar a Evolução Biológica, nossa como é difícil!. Algumas ideias, nossa como é difícil né, tipo é muito difícil, me debati ali, ainda não conseguia formar uma ideia, pra ter essa pegada evolutiva né. Com certeza vou trabalhar essa atividade com aspectos históricos pra mostrar esse aspecto da evolução. Mas também tipo, das mudanças, dessas transformações que foram acontecendo. Como é difícil pensar algo assim! Quando você estava dando as aulas né, as suas falas, era algo que tu olhava assim e falava assim "a claro, com toda certeza". Tu via, conforme você falava, a gente percebia uma determinada facilidade. Agora quando somos nós que temos que pensar na atividade, propor, como é difícil, né, organizar as ideias, colocar num papel... percebi que não é um caminho fácil, embora a gente já tenho um... e eu acho que por isso não é um caminho fácil, porque a gente já tem uma ideia, da complexidade que é. A gente já entende que não é só chegar lá e falar alguma coisa. É falar com propriedade, é trazer exemplos, trabalhar com uma linha do tempo, aspectos históricos. Não é fácil. Eu acho que talvez pra quem não fez o curso e tem contato com essa temática de uma forma mais superficial, talvez, talvez né suposições, talvez essa pessoa entenda de uma forma mais fácil, não tem porque essa pessoa quebrar a cabeça. Mas quando tu se da conta da complexidade que é a temática, ela é primordial, essencial, ela realmente é o eixo da

---

<sup>8</sup> Nome fictício a fim de manter sigilo de pesquisa.

Biologia. Mas como é difícil tu propor um conteúdo, porque nós não somos ensinados a pensar dessa forma né, durante a nossa educação básica e até na universidade, no final da universidade que alguns professores começam a cruzar as informações que a gente viu durante todo o processo, mas não é algo realizado desde o início. Então esse tipo de pensamento é muito difícil de ser organizado, de ser formulado, mas é um exercício, eu acho que isso que é válido né, é ter esse movimento, esse exercício. Então esse é o meu relato.

A formação continuada deve promover a reflexão dos professores, potencializando um processo constante de autoavaliação sobre o que se faz e por que se faz (IMBERNÓN, 2010). O relato dos professores citados mostra um processo de reflexão em diversos momentos, desde pensar sobre o conteúdo e na forma de ensiná-lo, e em suas diversas relações. Demonstra uma compreensão mais ampliada da prática docente, revelando a noção de complexidade, que é característica do ato de ensinar: “eu acho que por isso não é um caminho fácil, porque a gente já tem uma ideia, da complexidade que é (P2)”.

Imbernón (2010, p. 99) diz que assim como “a sociedade e a educação, a formação deve se basear na complexidade”. Para o autor, a formação deve ser conduzida de forma a superar uma perspectiva linear, uniforme e simplista, para introduzir-se na análise educativa a partir de um pensamento complexo, a fim de revelar as questões ocultas e tomar decisões adequadas.

No contexto da formação continuada, situações problemas são distintas de problemas genéricos. O segundo pertence ao modelo formativo do tipo “treinamento”, característico da racionalidade técnica, onde um especialista soluciona os problemas sofridos pelos professores.

A formação por intermédio de exemplos bem-sucedidos de outros, sem passar pela contextualização, pelo debate e pela reflexão, tentava dar resposta, sem muito eco, a esse ilusório problema comum. Com esta poção mágica, que o formador-treinador colocava à disposição de todos os professores assistentes desses cursos, acreditava-se de forma ilusória que mudando os professores, mudaria a educação e suas práticas, sem se levar em conta a idiosincrasia do indivíduo e do contexto (IMBERNÓN, 2010, p. 54).

Esse tipo de formação é padronizadora, visto que propõe solução de problemas de forma genérica, por meio da solução do especialista. No entanto, esbarra nas diferenças de contexto que cada instituição escolar apresenta, tornando-se, muitas vezes, impossível reproduzir a solução. Uma formação partindo das complexas situações problemáticas educacionais, ajuda a criar alternativas de mudança no contexto em que se produz a educação. A formação baseada em situações problemáticas centradas nos problemas práticos responde às necessidades definidas da escola (IMBERNÓN, 2010).

Nóvoa (2002) também defende que a formação continuada deva agir a partir de situações escolares. Portanto, o autor diferencia dois tipos de formação continuada, a estruturante e a construtiva. A primeira, estruturante, é organizada a partir da lógica de racionalidade científica e técnica, como já discutido. Já a segunda, construtivista, parte de uma reflexão contextualizada para a montagem dos dispositivos de formação contínua, no quadro de uma regulação permanente das práticas e dos processos de trabalho.

Nesse ínterim, a formação continuada deve focalizar os processos de investigação e de reflexão, também deve estar articulada com o desempenho profissional dos professores, tomando as escolas como lugares de referência. Para isso, os programas de formação necessitam estruturar-se em torno da resolução de situações problemas e de projetos de ação, e não em torno de conteúdos acadêmicos. A reflexão contextualizada atua como componente fundamental para pensar e propor soluções das situações problemáticas em seus contextos:

[...] A formação continuada deve alicerçar-se numa reflexão na prática e sobre a prática, através de dinâmicas de investigação-ação e de investigação-formação, valorizando os saberes de que os professores são portadores (NÓVOA, 2002, p. 64).

Esse tipo de formação propicia a articulação entre a prática e a reflexão sobre a prática, tornando-se investigativa. “Deve-se passar de uma investigação sobre os professores para uma investigação com os professores e para uma investigação pelos professores” (NÓVOA, 2002, p. 63).

No contexto do Grupo Colaborativo, o processo de reflexão e investigação da prática ocorreu, de forma gradual, na medida em que os encontros iam acontecendo. O momento em que os professores mais refletiram sobre situações problemáticas da prática, foi quando os mesmos socializaram a construção da sequência didática, ao qual aplicariam em suas aulas. Dividiram suas dúvidas, angústias, refletiram sobre as dificuldades de desenvolver uma aula em torno do eixo evolutivo. P2 expressou reflexão sobre sua própria formação:

P2T[...] quando tu se dá conta da complexidade que é a temática, ela é primordial, essencial, ela realmente é o eixo da Biologia. Mas como é difícil tu propor um conteúdo, *porque nós não somos ensinados a pensar dessa forma né*, durante a nossa educação básica e até na universidade, no final da universidade que alguns professores começam a cruzar as informações que a gente viu durante todo o processo, mas não é algo realizado desde o início. Então esse tipo de pensamento é muito difícil de ser organizado, de ser formulado, mas é um exercício, eu acho que isso que é válido né, é ter esse movimento, esse exercício.

Em seu processo de reflexão, da dificuldade de abordar a Biologia em torno do eixo evolutivo, P2 busca compreender sua gênese, citando sua própria formação como principal causa. Mas cita, que independente disto, o que é válido “é ter esse movimento, esse exercício”, na nossa visão, o exercício de reflexão.

A formação continuada compreendida dentro desses aspectos discutidos, em torno de situações problemáticas significativas para o professor e sua própria prática, é um passo importante para atingirmos as mudanças necessárias e nos aproximarmos de uma nova cultura inovadora. Entendemos, assim como Nóvoa (2002, p. 40) que a “formação continuada deve estar finalizada nos ‘problemas a resolver’, e menos em ‘conteúdos a transmitir’”.

Nesse contexto, mediante os discursos dos professores, entendemos que trocas de ideias e experiências foi significativo para os professores participantes da formação.

P1Q2: Uma formação com um Grupo Colaborativo é muito positivo pois permite a troca de experiências e não somente *uma aula expositiva*.

P2Q2: O Grupo Colaborativo contribui na troca de experiências entre os professores participantes, em que muitos possuíam anos de carreira, e retratavam as dificuldades e limitações sobre a condução da temática em suas aulas e da formação inicial limitada que tiveram.

P7Q2: As trocas com as colegas e profe foram muito valiosas.

Observamos que alguns discursos que remetiam a formação continuada como “curso” e “atualização” foram reconstruídas na fala de P1: “Uma formação com um Grupo Colaborativo é muito positivo pois permite a troca de experiências e não somente *uma aula expositiva*”. P2 frisou na troca de experiências que o Grupo Colaborativo propiciou. Observamos que no caso destes dois professores, houve uma valorização das vivências compartilhadas pelo grupo, mais do que os conteúdos conceituais que foram abordados.

Para Imbernón (2010) é necessário estabelecer redes de troca, para uma formação continuada inovadora. Deve-se potencializar a troca de experiências entre indivíduos, pois possibilita a formação em todos os campos de intervenção educacional, aumentando a comunicação entre a realidade social e os professores, algo tão necessário em uma nova forma de educar.

Um fator que influenciou as trocas estabelecidas pelos professores foi a modalidade remota do Grupo Colaborativo, que foi escolhida devido ao período de emergência sanitária da pandemia mundial do Covid-19. Observamos no discurso de dois professores que a modalidade remota do Grupo Colaborativo foi limitante nas trocas e experiências compartilhadas pelo grupo:

P1Q2: Por mais que as trocas aconteceram eu acredito que se fosse *presencial*, o que a pandemia não permitiu, teríamos *mais discussões em grupo*.

P9Q2: Gostaria de participar do *estilo presencial*. As trocas seriam mais assertivas.

A modalidade presencial foi sugerida pelos professores justamente porque haveriam mais interações e trocas (*como eles citaram*), seja de experiências, vivências, percepções, etc.

Entendemos, portanto, que a formação como prática colaborativa se deu, de fato, na troca de experiências e vivências entre os professores. Nóvoa (2002) entende que a criação de redes coletivas de trabalho constitui um fator decisivo de socialização profissional e de afirmação de valores próprios da profissão docente. O diálogo entre os professores é fundamental para consolidar saberes emergentes da prática profissional.

Segundo Imbernón (2010) o formador deve assumir cada vez mais um papel de colaborador prático em um modelo mais reflexivo:

[...] será fundamental criar espaços de formação, inovação e pesquisa, a fim de ajudar a analisar os obstáculos, individuais e coletivos, que os professores encontram para realizar um projeto de formação que os ajude a melhorar. O formador, nas práticas de formação continuada, deve auxiliar a resolver esses obstáculos, para que os professores encontrem a solução de sua situação problemática. Somente quando o professor consegue resolver sua situação problemática, produz-se uma mudança na prática educacional. No futuro, será mais necessário dispor de formadores em formação continuada que colaborem nos diagnósticos em conjunto, do que ter solucionadores de problemas alheios (IMBERNÓN, 2010, p. 94)”.

Um dos eixos estratégicos mais importantes é o apoio a práticas de formação continuada que estimulem a apropriação pelos professores, a nível individual e coletivo, dos seus próprios processos de formação. A troca de experiências e a partilha de saberes consolidam redes de formação mútua, nas quais cada professor é chamado a desempenhar, simultaneamente, o papel do formador e de formando (NÓVOA, 2002).

Imbernón (2010) defende a formação continuada a partir da colaboração e reflexão, mediante a análise da realidade do ensino, da troca de experiências, dos sentimentos, observação mútua, dos relatos da vida profissional, dos acertos e erros. Dessa forma, torna-se possível a compreensão, a interpretação e a intervenção sobre a prática.

A formação colaborativa permitiu trocas de experiências entre os professores, superação do individualismo e contextualização dos problemas relacionados ao ensino de evolução e de Biologia, de acordo com as vivências dos mesmos. Compreender a formação dentro de tais aspectos, é sinal de superação da racionalidade técnica, visto que “compartilhar não é o mesmo que transmitir-ensinar-normatizar nem atualizar o mesmo que ajudar-analisar, nem aceitar o mesmo que refletir (IMBERNÓN, 2010, p. 94)”.

## **5. REFLEXÕES FINAIS**

O intuito norteador desse estudo, foi teorizar as compreensões emergentes do discurso dos professores sobre formação continuada, mediante a proposição de um Grupo Colaborativo. Dessa forma, em síntese, entendemos

que a partir de seus discursos, os professores buscaram a formação guiados pelo interesse conceitual da temática abordada na formação – ensino de Evolução Biológica – prevalecendo, portanto, a busca de uma formação conteudista, conceitual, com caráter de atualização.

Observamos que o discurso dos professores com mais tempo de atuação e com mais frequência em formações continuadas, não mudou ao longo da formação, no qual, prevaleceu a compreensão de formação continuada como racionalidade técnica. Os discursos que mudaram ao longo da formação, foram dos professores relativamente recém-formados, inseridos na pós-graduação em universidades. O fator primordial para esse formato de formação é a reflexão. O fato destes professores estarem inseridos na pós-graduação, no contexto da universidade, possivelmente se apresentou como determinante para o desenvolvimento de reflexões sobre as diversas interfaces que envolvem a prática docente.

Exemplificamos com P5, que se formou há cinco anos e atua como docente, realizou mestrado em universidade pública e relatou que os cursos oferecidos na formação continuada são de curta duração, insuficientes para mudanças em sua prática. Este professor, discursou inicialmente a formação continuada no formato da racionalidade técnica, pois era o formato em que foi/é formado, no entanto, frisou que é insuficiente. Na medida que o Grupo Colaborativo foi se desenvolvendo, suas interações e perspectivas se reestruturaram, mediante os momentos de reflexão coletiva entre aspectos teóricos e práticos.

Já os professores que mantiveram seus discursos próximos a compreensão da racionalidade técnica (P6, P8), são formados há algum tempo, com muitas formações nesse formato, P8 em específico apresenta 27 anos de atuação profissional. Esses mesmos professores apresentaram resistência quando as discussões e debates ocorriam no grupo, se limitando a falas curtas e poucas interações. A falta de interação também pode ser explicada pelo formato remoto e online dos encontros, aspecto este que demanda aprofundamento em estudos futuros.

Em vista disso, entendemos que a compreensão de formação continuada como racionalidade técnica, enraizada em alguns discursos docentes (P6 e P8),

advém de uma cultura de formação que se estabeleceu historicamente no contexto brasileiro. Portanto, para buscarmos uma nova cultura formadora, entendemos que somente uma formação continuada nos aspectos colaborativo e reflexivo, não é suficiente para surtir mudanças.

Diferentemente do início do grupo, onde prevaleceu a racionalidade técnica, no final, alguns professores (P1, P2, P7) não destacaram os conceitos aprendidos ou conteúdos “relembrados”, mas sim, as trocas estabelecidas entre os colegas, sendo este o momento que os marcou na formação. É nesse momento e juntamente com as reflexões estabelecidas, as situações problemáticas, que a formação supera o viés da racionalidade técnica, a partir do trabalho em grupo que a colaboração possibilita.

Portanto, indagamos o que é preciso para superar a racionalidade técnica na formação continuada de professores? As informações construídas nesse estudo, reforçam o que a literatura já vem apresentando como determinante para uma formação que de fato propicie o desenvolvimento profissional docente. A reflexão da prática juntamente com a colaboração, o trabalho em grupo, de investigação da prática, de suas situações problemas, contextos, etc. se apresenta como principal direção para almejarmos mudanças concretas e uma nova cultura formadora.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. C; BARBOSA, L. A. R. S; EL-HANI, C. N; SEPULVEDA, C. **Pesquisa Colaborativa: um caminho para superação da lacuna pesquisa-prática e promoção do desenvolvimento profissional docente.** In: SEPULVEDA, C; ALMEIDA, M. (Org). Pesquisa Colaborativa e inovações educacionais em Ensino de Biologia. Feira de Santana: UEFS Editora, 2016.

ALMEIDA, M., C; Colaboração entre pesquisadores e professores de ensino de Ciências e Biologia: um estudo da organização e desenvolvimento da prática social do grupo COPPEC. 115 f. Dissertação (Mestrado – Ensino, História e Filosofia das Ciências) Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2014.

ALVARADO-PRADA, L. E.; FREITAS, T. C.; FREITAS, C. A. Formação continuada de professores: alguns conceitos, interesses, necessidades e propostas. **Rev. Diálogo Educ.**, Curitiba, v. 10, n. 30, p. 367-387, maio/ago. 2010

BOAVIDA, A. M.; PONTE, J. P. Investigação colaborativa: Potencialidades e problemas. **Refletir e investigar sobre a prática profissional**, n. 1, p. 43-55, 2002.

COELHO, M. A. V. M. P. Grupos colaborativos na formação de professores: uma revisão sistemática de trabalhos brasileiros. *Zetetiké*, v. 25, n. 2, p. 345-361, 2017.

CUNHA, A. M. O.; KRASILCHIK, M. A formação continuada de professores de Ciências: percepções a partir de uma experiência. **Reunião Anual da ANPED**, v. 23, p. 1-14, 2000.

DAMIANI, M. F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar em revista**, p. 213-230, 2008.

FIORENTINI, D. Pesquisar práticas colaborativas ou pesquisar colaborativamente. **Pesquisa qualitativa em educação matemática. Belo Horizonte: Autêntica**, p. 47-76, 2004.

HARGREAVES, A. **Os professores em tempos de mudança: o trabalho ea cultura dos professores na idade pós-moderna**. Portugal: MacGraw-Hill, 1998.

HARRISON, C.; HOFSTEIN, A.; EYLON, B.; SIMON, S. Evidence-based professional development of science teachers in two countries. **International Journal of Science Education**, v. 30 n. 5, p. 577-559, 2008.

IMBERNÓN, F. **Formação continuada de professores**. Artmed Editora, 2010.

JOHN-STEINER, V; WEBER; MINNI, R; MINNIS, M. The challenge of studying collaboration. **American Education Research Journal**. 35 (4), 773-783, 1998.

JOHN-STEINER, V.; WEBER, R. J.; MINNIS, M. The challenge of studying collaboration. **American educational research journal**, v. 35, n. 4, p. 773-783, 1998.

NÓVOA, A. **Formação de professores e trabalho pedagógico**. Educa, 2002.

PIMENTA, S. G. Pesquisa-ação crítico-colaborativa: construindo seu significado a partir de experiências na formação e na atuação docente. **Educação e Pesquisa**, v.31, n,3, p. 521-539, set./dez, São Paulo, 2005.

PIMENTA, S. G.; GARRIDO, E.; MOURA, M.O. Pesquisa colaborativa na escola facilitando o desenvolvimento profissional de professores. **Reunião Anual da Anped**, v. 24, p. 1-21, 2001.

SIMÃO, A.; FLORES, M.; MORGADO, J., FORTE, A.; ALMEIDA, T. Teacher Education in collaborative backgrounds. **An ongoing research project. Sísifo Educational Sciences Journal**, v. 8, p. 55-68, 2009.

TARDIF, M. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis – RJ: Vozes, 2014.

ZABOTTI, K.; JUSTINA, L. A. J. O ensino dos temas “Origem da Vida” e “Evolução Biológica” em dissertações e teses brasileiras (2006 a 2016). **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 16, n. 36, p. 82-98, 2020.

## **CAPÍTULO IV: COMPREENSÕES EMERGENTES NO DISCURSO DE PROFESSORES RELATIVAS À HISTÓRIA, EPISTEMOLOGIA E DIDÁTICA DA BIOLOGIA: SABERES DOCENTES PARA O ENSINO NO EIXO EVOLUTIVO**

### **RESUMO:**

As dimensões epistêmica, histórica e didática do conhecimento biológico e evolutivo, propiciam refletir sobre o papel que as explicações evolutivas exercem na compreensão holística da Biologia. Nesse sentido, o presente artigo busca teorizar com base nas compreensões emergentes no discurso de professores participantes de um Grupo Colaborativo acerca da articulação entre epistemologia, história e didática visando o ensino de Biologia em torno do eixo evolutivo. Tem como aspecto metodológico a pesquisa qualitativa, sendo que as informações da pesquisa foram coletadas por meio de questionários durante o desenvolvimento de um Grupo Colaborativo com professores de Biologia. O tratamento das informações ocorreu segundo a Análise Textual Discursiva. O aprofundamento no fenômeno estudado revelou compreensões mais aprimoradas a respeito de como as dimensões do conhecimento biológico e evolutivo se relacionam e mobilizam os saberes docentes. Mostrou também um entendimento mais aprofundado de como a formação continuada possa ser guiada de forma que o professor compreenda, integre e mobilize seus diferentes saberes enquanto condições para sua prática, de maneira a superar a fragmentação dos conteúdos biológicos e almejando assim, um ensino mais holístico da Biologia.

**Palavras-chave:** Formação de professores de Biologia; Ensino de Biologia; Ensino de Evolução Biológica.

### **1. INTRODUÇÃO**

A Evolução Biológica é entendida como o sentido unificador da Biologia por diversos autores (DOBZHANSKY, 1973; MAYR, 2005; PIGLIUCCI; MÜLLER, 2010) sendo que um dos principais desafios para o seu ensino é pensar em formas de articular o conteúdo biológico, mediante a abordagem de conceitos como de organismo, espécie, gene, e com o enfoque nas diversas

área da Biologia, botânica e zoologia, a partir de uma perspectiva evolutiva, ou seja, por meio do eixo evolutivo.

Tal desafio perpassa a didática da sala de aula, da prática escolar cotidiana, sendo observada desde a formação inicial de professores de Biologia, a qual, em muitos casos, prevalece a divisão tradicional em áreas, sem o estabelecimento de relações e sua atribuição de sentido (SCHEIFELE, 2020).

Além da formação inicial, há uma carência de formações continuadas que possibilitem pensar os conteúdos biológicos a partir desse enfoque, sendo mais um dificultador para o ensino tão almejado de Biologia (ZABOTTI; JUSTINA, 2020; ARAÚJO, 2022). Estes autores indicam que é necessário pensar em formas do eixo evolutivo ser posto em prática, no sentido de buscar soluções e investigações que tragam resultados e indicativos de pesquisas que envolvem o desenvolvimento de propostas e sua avaliação.

Nessa perspectiva, buscamos teorizar com base nas compreensões emergentes no discurso de professores participantes de um Grupo Colaborativo acerca da articulação entre epistemologia, história e didática visando o ensino de Biologia em torno do eixo evolutivo. A pesquisa foi norteadada pela seguinte questão: Quais compreensões emergem do discurso de professores participantes de um grupo colaborativo relacionadas à epistemologia, história e didática da biologia, visando o ensino em torno do eixo evolutivo?

Na sequência, discorreremos de forma breve, acerca das dimensões epistêmica, história e didática do conhecimento biológico e evolutivo. Posteriormente, apresentamos os encaminhamentos metodológicos e os resultados da pesquisa.

## **2. AS DIMENSÕES EPISTEMOLÓGICA, HISTÓRICA E DIDÁTICA DO CONHECIMENTO BIOLÓGICO E EVOLUTIVO**

A epistemologia se caracteriza por estudar a natureza do conhecimento científico, de forma a evidenciar seus meios, elucidar os objetivos aos quais tal conhecimento se aplica. É o estudo crítico dos princípios, hipóteses e dos resultados das diversas ciências. Busca determinar o valor e os limites do próprio conhecimento, a fim de extrair sua natureza, seu mecanismo geral e seu alcance.

Portanto, é entendida como teoria do conhecimento, partindo de uma reflexão sobre as ciências e tentando prolongá-la numa teoria geral do conhecimento (JAPIASSU, 1975).

Neste sentido, não querendo esgotar suas múltiplas e possíveis tentativas de conceituações e definições, entendemos que a epistemologia da ciência é a busca de um conhecimento sobre a ciência, como ela acontece, qual o seu valor e quais seus fundamentos lógicos (JUSTINA, 2011).

Segundo Justina (2011, p. 49) “pensar a biologia de forma epistemológica é refletir em nível dos conceitos, como estes foram e continuam sendo (re)construídos”. Isso porque, segundo a autora, a epistemologia mostra que o conhecimento biológico passa a ser concebido como uma verdade histórica e não como a verdade extraída dos fatos, contrariando e desmistificando a visão de ciência pronta, acabada e imutável. A partir disto, a biologia deixa de ser tratada como uma ciência apenas descritiva e de memória, visto que envolve conhecimentos bem mais complexos (JUSTINA, 2011).

Dessa forma, para Justina (2011), discutir os conceitos centrais da biologia é uma etapa importante para a sistematização do conhecimento científico, sendo que o estudo da história da Biologia se constitui uma ferramenta para tal. Nesse sentido, Japiassu (1975, p. 24) reflete sobre a história da ciência na epistemologia:

Uma teoria das ciências só é epistemológica, porque a epistemologia é histórica. Assim, a historicidade é essencial ao objeto da ciência sobre o qual é estabelecida uma reflexão que podemos chamar de “filosofia das ciências” ou epistemologia. E a história das ciências, não sendo ela própria uma ciência, e não tendo por isso mesmo um objeto científico, é uma das funções principais da epistemologia (JAPIASSU, 1975, p.24).

A história da ciência está intrinsecamente relacionada com a epistemologia, no qual a reflexão epistemológica se faz possível. Ela consiste em fazer a história dos conceitos e das teorias científicas, bem como das hesitações do próprio teórico. Trata-se de um esforço para elucidação e interrogação de sua finalidade, sobre seu destino, sobre seu porquê, mas também sobre aquilo pelo que ela se interesse, de que ela se ocupa, em conformidade com aquilo que ela visa (JAPIASSU, 1975).

Japiassu (1975) problematiza em que medida podemos descrever uma história das ciências sem interpretar os conhecimentos passados através dos conhecimentos presentes. Ademais, uma história puramente descritiva corre o risco de introduzir juízos de valor inoportunos sobre o que as ciências “deveriam ter feito”, sobre seus “erros”. Atualmente se sabe que fazer a história das ciências, consiste em fazer a história dos conceitos e das teorias científicas, bem como das hesitações do próprio teórico.

Nesse sentido, a epistemologia fornece à história das ciências o princípio de um juízo, pois ela reflete a última linguagem falada pela ciência, permitindo-lhe, assim, recuar no tempo até que o momento em que esta linguagem deixa de ser inteligível. “É a epistemologia que nos permite discernir a história dos conhecimentos científicos que já estão superados e a dos que permanecem atuais (ou sancionados)” (JAPIASSU, 1975, p. 26).

Portanto, a epistemologia, não pode deixar de interessar-se pela história das ciências. Como a epistemologia é o estudo do conhecimento, a história das ciências nesse aspecto evidencia, por exemplo, que a ciência muda ao longo do tempo, sendo um conhecimento provisório, construído por seres humanos falíveis e que, por seu esforço comum (social), tendem a aperfeiçoar esse conhecimento, sem nunca possuir a garantia de poder chegar a algo definitivo. Além disso, outras visões tais como anticientificistas e negacionismo científico, de que conhecimento científico não passa de mera opinião, de que todas as ideias são equivalentes e que não há motivo algum para aceitar as concepções científicas, são equivocadas. Novamente, a abordagem histórica se faz importante (MARTINS, 1998; MARTINS, 2006).

Ademais, o estudo de determinados episódios históricos, permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade, ou seja, conhecimento sobre a ciência (MARTINS, 2006).

As discussões epistêmicas da natureza do conhecimento biológico evidenciam como o conhecimento evolutivo está intrinsecamente relacionado a própria história e construção da Biologia enquanto ciência. Muito além de definir

o que é evolução, nos convida a pensar que tipo de explicação o conhecimento evolutivo exerce dentro do contexto das explicações biológicas. Portanto, fica evidente que atrelar as explicações evolutivas e biológicas às discussões epistemológicas, fornece uma explicação mais completa da própria natureza desse conhecimento. Nesse sentido, ao falarmos de conhecimento evolutivo, estamos falando da natureza da Ciência Biologia, como sendo fundamental para uma compreensão mais totalitária e realista dos fenômenos.

Assim, tal compreensão da natureza da ciência, possibilitada pela epistemologia e sua reflexão histórica é fundamental para a real compreensão da ciência e sobre a ciência. Nesse sentido, vários autores (MARTINS, 1990; MELLADO, CARRACEDO, 1993; MATTHEWS, 1995; MARTINS, 1998; MEGLHIORATTI; CALDEIRA; BORTOLOZZI, 2005; JUSTINA, 2011) têm considerado que a abordagem histórica e epistemológica dos conceitos científicos se constitui um elemento essencial para o ensino de Ciências e Biologia, pois contextualiza a construção científica como um processo sociocultural, sendo esta então, a dimensão Didática.

Dessa forma, para Oliveira, Brando e Caldeira (2017) a epistemologia surge como um elemento que aborda uma visão contextualizada da produção dos conceitos, a qual nos permite situar alguns pressupostos didáticos. Sendo assim, a Didática das Ciências é constituída por três objetos distintos: os atributos do professor, o processo de transposição/didatização do conhecimento e a natureza da ciência. A natureza da ciência – em sua dimensão epistemológica e didática – é fundamental para o embasamento de uma estratégia didática efetiva, mesmo que as Ciências da natureza possuam características epistemológicas comuns, cada uma tem peculiaridades epistemológicas relevantes na estrutura do conhecimento e na sua consequente abordagem (OLIVEIRA; BRANDO; CALDEIRA, 2017).

Libâneo (2006) define a Didática como uma área de conhecimento que tem como objeto de estudo o processo de ensino. Para ele, o ensino é um processo social, integrante de múltiplos processos, nos quais estão implicadas dimensões políticas, ideológicas, éticas, pedagógicas, frente às quais se formulam objetivos, conteúdos e métodos, conforme concepções assumidas

pelo educador, cuja realização é dependente de condições, sejam aquelas que o educador já encontra, sejam as que ele precisa transformar ou criar.

Os componentes do sistema didático são os conteúdos, a ação de ensinar (professor mediador) e a ação de aprender. No entanto, tais componentes não são suficientes para ver o ensino em sua globalidade, visto que não é uma atividade restrita ao que se passa em sala de aula. O autor enfatiza que a Didática, nesse caso, expressa finalidades e exigências da prática social, ao mesmo tempo que se subordina a condições concretas postas pela mesma prática social que favorecem ou dificultam atingir os objetivos (LIBÂNEO, 2006).

Para tanto, entender o processo didático como totalidade abrangente implica vincular conteúdos, ensino e aprendizagem a objetivos sócio-políticos e pedagógicos e analisar criteriosamente o conjunto de condições concretas que rodeiam cada situação didática (LIBÂNEO, 2006).

A epistemologia, história e didática se articulam ao pensarmos na Evolução Biológica. A partir do olhar epistêmico, pode-se transitar entre os contextos de produção do conhecimento, investigando quais questões foram fulcrais em todo cenário da Evolução Biológica, o que é mantido e refutado enquanto teoria e/ou paradigma e como fazer uma prospecção para que esse tipo de abordagem seja inserido na formação, inicial ou continuada, de professores (OLIVEIRA; BRANDO; CALDEIRA, 2017).

Dessa forma, entendemos que é fundamental a proposição de discussões históricas e epistemológicas para a compreensão mais aprofundada e contextual da Biologia evolutiva. Este reconhecimento e importância se traduz naturalmente na necessidade de introduzir esse pensamento no currículo, tanto da formação inicial como da formação continuada (ADÚRIZ-BRAVO et al, 2002).

Nessa direção, Caldeira (2020) afirma que devem ser compreendidas as variáveis que possibilitam ou que interferem na articulação didática, e utilizar tal compreensão para novas pesquisas e analisar processos de articulação na formação inicial de professores em Ciências Biológicas. Ao fazer isso, garantimos a inseparabilidade desses conhecimentos, que se faz fundamental para a área de pesquisa em Didática das Ciências/Biologia, reforçando a necessidade da continuidade das investigações sobre os elementos que integram as diferentes áreas do saber docente.

### 3. PERCURSO METODOLÓGICO

Este estudo tem como natureza de pesquisa qualitativa, que se caracteriza, segundo Flick (2009), por não ser moldada na mensuração ou quantificação, não sendo reduzida à padronização ou operacionalização de variáveis, pois envolve a obtenção de informações descritivas, mediante o contato direto do pesquisador com o fenômeno estudado.

Minayo (2012) aborda os termos estruturantes (substantivos cujos sentidos se complementam) das pesquisas qualitativas, sendo eles: experiência, vivência, senso comum e ação, sendo que sua análise se baseia em três verbos: compreender, interpretar e dialetizar. Portanto,

[...] tem o sentido de tornar possível a objetivação de um tipo de conhecimento que tem como matéria prima opiniões, crenças, valores, representações, relações e ações humanas e sociais sob a perspectiva dos atores em intersubjetividade. Desta forma, a análise qualitativa de um objeto de investigação concretiza a possibilidade de construção de conhecimento e possui todos os requisitos e instrumentos para ser considerada e valorizada como um construto científico (MINAYO, 2012, p. 626).

O estudo procedeu do desenvolvimento de um Grupo Colaborativo com professores de Biologia, o qual, se constituiu em espaço para formação continuada de professores sobre Evolução Biológica. Ao todo, foram desenvolvidos 10 encontros *online*, de forma remota e síncrona pela plataforma *Teams*, modalidade escolhida em decorrência da emergência sanitária causada pela pandemia da covid-19. A participação foi voluntária, sendo divulgada pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) e Núcleo Regional de Educação de Cascavel (NRE). Tivemos um total de 10 professores participantes (P1 a P10).

Os encontros foram organizados em três eixos, que se relacionaram: epistemologia, história e didática e não foram abordados de forma estanque. A epistemologia e história tiveram um maior enfoque nos 6 primeiros encontros, com debates, discussões, problematizações, e recontextualizações históricas da construção de conceitos de evolução. A didática, foi o foco principal dos 4 últimos

encontros, nos quais, os professores refletiram e discutiram sobre as possibilidades de abordar os conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo, momento em que foram convidados a elaborar uma sequência didática, no qual os conteúdos biológicos fossem articulados pelo eixo integrador e organizador da Evolução Biológica. Nessa ocasião da formação, os professores tiveram maior protagonismo, onde puderam compartilhar suas impressões, experiências e anseios no ensino da temática, bem como as reflexões e dificuldades encontradas para elaboração da sequência didática. A intenção da formação era de que os conhecimentos históricos e epistemológicos da biologia evolutiva fossem acessados para pensar nas possibilidades do ensino de evolução. Portanto, destacamos que durante o desenvolvimento de todos os encontros os professores foram convidados a relacionar a epistemologia e a história com a didática ao pensarem em formas de ensinar o conteúdo no ensino de Biologia.

O primeiro encontro foi estruturado a partir da problematização inicial sobre a importância do ensino de Biologia, com ênfase no papel que a Evolução Biológica exerce na organização dos conteúdos biológicos. Além disso, houve a explanação das dificuldades relacionadas ao ensino de Evolução, o que as pesquisas dizem e mostram. Do segundo ao quarto encontro, aprofundamos os conceitos de Evolução Biológica em uma imersão histórica e epistemológica, a partir de textos, livros e referenciais pertinentes da área, bem como fontes primárias. O aprofundamento visou desde discussões das visões de mundo fixista ao evolucionismo, abarcando da antiguidade até o século XVIII, bem como discussões evolutivas do século XIX, com ênfase em Lamarck e Darwin e o cenário evolutivo após Darwin no século XX. Completamos com a discussão da Síntese da Teoria Sintética da Evolução, com ênfase no papel de Dobzhansky. No quinto encontro discutimos os novos entendimentos sobre Biologia evolutiva, a Síntese Estendida da Evolução, com enfoque na evolução do desenvolvimento (evo-devo).

Optamos por questionários para a coleta de informações a fim de garantir que todos os participantes respondessem, pois como a modalidade era remota, muitas vezes os mesmos participantes respondiam as problematizações e interagiam nas reflexões, enquanto outros não o faziam. Portanto, os

questionários foram aplicados em dois momentos distintos, no início do Grupo Colaborativo (apêndice I) e ao final (apêndice II). Dentre as principais vantagens dos questionários pode-se citar que é respondido sem a presença do pesquisador, atinge maior número de pessoas, garantindo assim, resposta de todos os participantes (ou parcialmente) (MARCONI; LAKATOS, 2004).

O tratamento analítico das informações constituídas mediante questionários ocorreu segundo a Análise Textual Discursiva (ATD), que se caracteriza por ser um processo integrado de análise e de síntese. Se propõe a fazer uma leitura rigorosa e aprofundada de conjuntos de materiais textuais, com o objetivo de descrevê-los e interpretá-los no sentido de atingir uma compreensão mais complexa dos fenômenos e dos discursos a partir dos quais foram produzidos. Se desenvolve por meio de um processo auto-organizado, na construção de compreensões sobre fenômenos investigados (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Na primeira etapa, a unitarização, é feita a desmontagem dos textos, sua desconstrução e fragmentação, processo de análise minuciosa com o objetivo de identificar significantes e elaborar unidades de sentido. Nesse momento, realizamos a fragmentação dos textos obtidos por meio dos questionários submetidos no início e ao final dos encontros. Também a atribuição de códigos aos trechos desconstruídos, P1Q1 por exemplo, sendo “P” indicativo do professor participante e Q1 ou Q2 ao questionário inicial ou final respectivamente. Esse processo resultou nas unidades de sentido, que se reportam aos excertos das falas dos participantes.

Realizamos a unitarização das questões 4 e 5 do questionário submetido no primeiro encontro que indagavam: “Na sua opinião, porque inserir a histórica dos conceitos evolutivos no ensino da Evolução Biológica?” e “Como a Evolução Biológica e os conteúdos biológicos se relacionam?”. Além disso, a unitarização das questões 3, 4 e 5 do questionário do último encontro: “Como a história da ciência, mais especificamente, a construção histórica dos conceitos evolutivos pode ser uma alternativa para o ensino da Evolução Biológica?”; e “Refleta sobre o processo de elaboração da sequência didática, sua influência no ensino e na aprendizagem da Evolução Biológica” e “Como foi pensar e trabalhar os conteúdos biológicos permeados pelo eixo evolutivo?”

Na segunda etapa da análise, chamada de categorização, ocorreu o processo de estabelecimento de relações entre as unidades de sentido, resultando em categorias iniciais aos quais foram emergentes da própria análise. As categorias iniciais foram agrupadas em categorias intermediárias e, por último, em categorias finais. Segundo Moraes e Galiazzi (2016), o processo de produção de categorias emergentes dá-se a partir de análise indutiva. Implica a organização de estruturas de vários níveis, indo o movimento de categorias mais específicas e de menor amplitude, para as mais gerais e amplas.

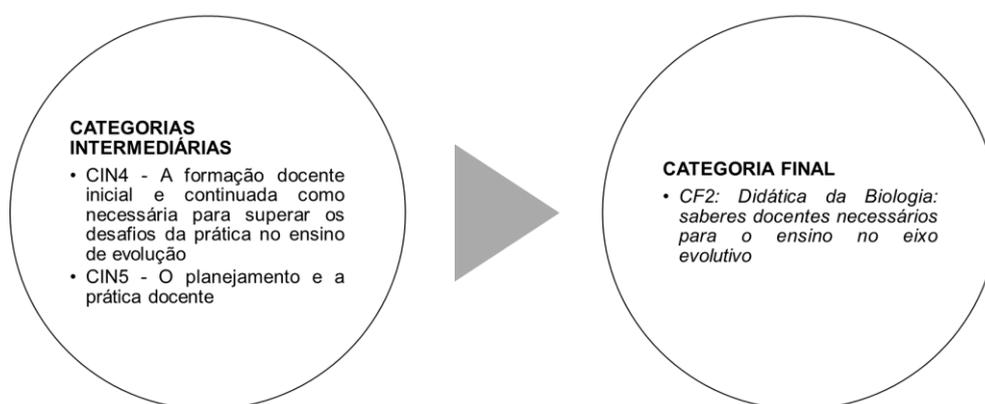
Ao todo, tivemos 16 categorias iniciais, que emergiram do agrupamento das unidades de sentido, as mesmas receberam códigos CI1, CI2...CI16. O processo de relações entre as categorias iniciais, resultou em 6 categorias intermediárias, CIN1, CIN2...CIN6. Por fim, as categorias finais nomeadas de CF1 e CF2. Todo o processo de construção das categorias, iniciais até as finais, pode ser consultado no apêndice III. Para Moraes e Galiazzi (2016) categorizar é construir estruturas, em que diferentes níveis de categorias se interpenetram, no sentido de representar o fenômeno investigado como um todo.

Dessa forma, 12 categorias iniciais se referem às questões 4 e 5 do questionário inicial, 3 e 5 do questionário final, todas agrupadas em 3 categorias intermediárias: *CIN1 - Eixo evolutivo como forma de organização dos conteúdos biológicos* *CIN2 - Eixo evolutivo como desencadeador da organização dos conteúdos biológicos e seus significantes*; *CIN3 - Múltiplas possibilidades da história da ciência para o ensino e aprendizagem da Evolução Biológica*. As mesmas foram reunidas na categoria final *CF1 - Possibilidades para o ensino de Biologia: a história e epistemologia da ciência e o eixo evolutivo* (figura 1).



**Figura 3:** categorias intermediárias (CIN1, CIN2, CIN3) e categoria final (CF1). Fonte: informações da pesquisa (2022).

A questão 4 do questionário final resultou em 4 categorias iniciais que se agruparam em 2 categorias intermediárias: *CIN4 - A formação docente como necessária para superar os desafios da prática; CIN5 - O planejamento e a prática docente*. Ambas constituíram a categoria emergente final *CF2 - Os saberes docentes necessários para o ensino no eixo evolutivo* (figura 2).



**Figura 4:** categorias intermediárias (CIN4 e CIN5) e categoria final (CF2). Fonte: Informações de pesquisa (2022).

Ao identificar e destacar os enunciados significativos nos textos e categorizar os elementos unitários, encaminha-se para a produção de metatextos, destinados a apresentarem os produtos da análise. Portanto, a última etapa da ATD é a produção do metatexto, que organiza e apresenta as principais interpretações e compreensões construídas a partir do conjunto de textos submetidos à análise. Expressam os sentidos do conjunto de textos analisados, podendo ser mais descritivos, se aproximando do texto ou discurso original analisado ou podem ser mais interpretativos, atingindo uma compreensão mais profunda. Constitui-se num esforço de ampliar as compreensões dos fenômenos educacionais investigados. O metatexto traz as marcas de realidades coletivas, mas também de quem o construiu. São constituídos de descrição e interpretação. De desordem em direção a uma nova ordem, emergência do novo a partir do caos, é um processo auto-organizado e intuitivo (MORAES; GALIAZZI, 2016).

O sistema de categorias é a estrutura de base de um metatexto, corresponde à síntese dos elementos que mais se destacam nos fenômenos investigados, constituindo pontes para a realização de inferências dos textos aos contextos, dos materiais analisados para os fenômenos pesquisados. Dessa forma, apresentamos na sequência o metatexto descritivo e interpretativo, expressando as compreensões atingidas acerca do fenômeno investigado.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Partindo do princípio de que a categorização é parte do movimento de síntese e reconstrução da pesquisa em que se constrói novas forma de compreensão do fenômeno (MORAES; GALIAZZI, 2016), discorreremos a seguir a sistematização das estruturas discursivas que se mostram a partir da impregnação do fenômeno estudado.

##### **Possibilidades didáticas para o ensino de Biologia: a história e epistemologia da ciência e o eixo evolutivo**

É notória a importância do ensino de evolução e de seu papel na aprendizagem dos conteúdos biológicos. No entanto, uma indagação que se faz a respeito de tal importância, é como ensinar a Biologia com o almejado enfoque evolutivo. Ademais, quais as metodologias indicadas, como organizar o conteúdo biológico tendo a evolução como eixo articulador, dentre tantas outras. Para refletir nas possibilidades didáticas, é necessário primeiramente compreender o papel do eixo evolutivo na organização do conhecimento biológico. Dessa forma, metade dos discursos dos professores demonstraram uma compreensão da Evolução Biológica como a base da Biologia, ao serem indagados de como a Evolução Biológica e os conteúdos biológicos se relacionam:

P1Q1: De todas as formas, todos os conteúdos abrangem evolução em algum nível.

P2Q1: Os conteúdos biológicos se inter-relacionam/dialogam devido a evolução biológica, A partir da evolução biológica é possível traçar uma linha de raciocínio para compreender os fenômenos existentes.

P8Q1: Através dos indícios evolutivos consigo explicar vários conteúdos.

P10Q1: A Biologia precisa interligar as diversas áreas que compoortam a disciplina, garantindo um entendimento do todo.

É possível notar que os participantes da pesquisa têm a noção do papel integrador que a evolução exerce nas áreas heterogêneas da Biologia, e que tal integração, propicia um melhor aprendizado do aluno. Conforme expresso por P5:

P5Q1: Organiza o estudo das espécies. Compreendemos melhor questões anatômicas, fisiológicas e comportamentais dos organismos de maneira a relacionar isso a uma adaptação, inserindo em um contexto mais amplo e passível de ser compreendido.

Nesse íterim, quatro professores sinalizaram que a relação da Evolução Biológica atua nos conteúdos científicos, como uma estratégia didática no sequenciamento das temáticas e facilitação da aprendizagem.

P3Q1: Despertaria interesse.

P4Q1: Na busca por estratégias para que o aluno tenha uma sequência no entendimento do que é trabalhado em sala de aula.

P5Q1: A Evolução deve ser relacionada com os conteúdos biológicos, pois facilita o entendimento de ambos.

P9Q1: Vários conceitos utilizados são necessários para trabalhar biologia. Espécie, variedade, mutação.

É consenso na literatura a função integradora da evolução na organização dos conteúdos e sua consequência positiva na aprendizagem. Os autores Hanisch e Eirdosh (2020), em um estudo sobre o potencial educacional da evolução do ensino como uma ciência interdisciplinar, entendem que tratar a evolução interdisciplinar pode ajudar a superar algumas das dificuldades de aprendizado na educação evolutiva e pode fornecer mais oportunidades para conexões interdisciplinares, tanto nas subdisciplinas biológicas quanto nas ciências sociais.

Os professores participantes da pesquisa, ao conceberem as possibilidades da Evolução Biológica como integradora e facilitadora da aprendizagem dos conteúdos biológicos, se aproximam do que a literatura vem defendendo como um caminho para o ensino de Biologia. Ressaltamos que essas compreensões são prévias ao grupo colaborativo desenvolvido. Os

professores foram indagados novamente a respeito da Biologia ser pensada e organizada em torno do eixo evolutivo no final do grupo colaborativo, e elucidaram novas compreensões e mais ampliadas do que as anteriores. De forma consensual, todos professores expressaram que abordar conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo estimula-os ao exercício de pensar e refletir:

P1Q2: Estimula mais o pensamento.

P2Q2: Pensar para além do que é apresentado/exposto, e isso significa ter uma capacidade de reflexão e crítica para perceber a complexidade das relações estabelecidas ao longo do espaço-tempo, entre os mais diferentes organismos.

P4Q2: Nos faz refletir, pensar e repensar.

P5Q2: Tudo que eu via de informações na biologia, já me fazia remeter a evolução nesse período de estudo. A biologia, é um convite de observação ao que nos rodeia, e assim, se faz um convite ao pensar e refletir sobre a natureza.

P9Q2: bem reflexivo.

Entendemos que essa reflexão sobre o conhecimento biológico, ao pensar nas possibilidades do eixo evolutivo, se aproxima da dimensão epistemológica, na relação do professor com o conhecimento.

Epistemologicamente, pensar na organização tradicional das áreas da Biologia, do menor componente para o maior componente, do microscópico para o macroscópico, fomenta a organização dos conteúdos de forma descritiva, que por vezes, resulta em mera memorização momentânea, sem atribuição de significado e demais contextualizações. Já organizar os conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo, é um primeiro convite a pensar nas possíveis relações entre as diversas áreas e/ou conceitos da ciência biologia. Ao trabalhar determinado conceito pela perspectiva evolutiva, primeiramente é preciso buscar relações com outros conceitos/áreas e atribuir significados, sendo um exercício cognitivo e mental. Dessa forma, trazemos a fala de P6, no qual faz reflexão de como foi pensar os conteúdos evolutivos nessa nova organização:

P6Q2: Como terminei a faculdade a 15 anos, muita coisa foi lembrada, relações foram estabelecidas, que na época não tinha parado para pensar. Estamos acostumados a simplesmente reproduzir o conteúdo do livro didático de forma mecânica em sala de aula, devido à falta de tempo e excesso de outros conteúdos que precisam ser trabalhados.

P6 cita as adversidades do exercício docente que o impede de exercer o pensamento unificado que o eixo evolutivo propicia. Dentre eles o tempo de formação, a reprodução de conteúdo do livro didático, falta de tempo além do excesso de conteúdo. É importante refletir sobre tais problemáticas evidenciadas pelo professor participante da pesquisa, visto que os desafios cotidianos das realidades escolares no Brasil, por vezes, são fatores limitadores para ensinar a biologia a partir do enfoque evolutivo.

É preciso, além de formação continuada, que os professores tenham as ferramentas necessárias para alcançar as mudanças. A começar pelos livros didáticos, que por vezes o que vemos é a Biologia excessivamente descritiva, distanciando-se consideravelmente da reflexão e integração que o eixo evolutivo possibilita. Dalapicolla, Silva e Garcia (2015) investigaram a Evolução Biológica como eixo integrador da Biologia em livros didáticos do Ensino Médio, concluíram que a abordagem da evolução se mostrou superficial e fragmentada, não caracterizando o que poderia se considerar uma visão evolutiva integradora no conteúdo de vertebrados (enfoque da análise). Nos livros analisados prevaleceu a descrição dos grupos de organismos. A respeito disto, os autores inferem:

O ideal seria que as coleções utilizassem mais narrações históricas, argumentações e explicações além de usar com moderação as descrições, pois, na educação científica atual, a aprendizagem que se deseja não se dá apenas pela transmissão de informações (DALAPICOLLA; SILVA; GARCIA (2015, p.169).

É justamente nesse ponto que se defronta a importância de o professor, ao não se restringir às abordagens descritivas que alguns livros didáticos apresentam, buscarem materiais e textos que melhor se adequem a intensão de abordar o conteúdo biológico em torno do eixo evolutivo.

Dois professores enfocaram que abordar conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo propicia problematizar de maneira holística, incluindo aspectos para além do biológico, como sociais e ambientais:

P2Q2: Organizar uma sequência de informações de forma *problematizadora*, estimulando os estudantes a *pensar* e estabelecer

*relações com os aspectos biológicos, socioculturais, econômicos, socioambientais, entre outros, considerando o espaço-tempo, e assim constroem o seu conhecimento.*

A problematização foi citada por P2 e P5 como aspecto relevante e potencializado no eixo evolutivo. P2 compreende que a problematização estimula o pensamento do aluno na busca do estabelecimento de relações com os aspectos para além do biológico, incluindo o sociocultural, econômico e socioambiental.

Podemos inferir que a compreensão da problematização com aspectos além do biológico (sociocultural, econômico, socioambiental), como um fator que estimula o aprendizado do aluno e desvela a articulação dos aspectos epistemológicos e históricos com a didática. Tendo em vista que o professor participante entende que a aprendizagem (didática) se dá na busca de relações para além dos aspectos restritos aos conceituais biológicos isolados (epistemologia e história).

Assim, entendemos uma articulação com a dimensão didática, visto que ela é também um processo social, ao qual se integram múltiplos processos, em dimensões políticas, ideológicas, éticas, pedagógicas. A partir disso, conforme concepções assumidas pelo educador, se formulam objetivos, conteúdos e métodos no processo de ensino (LIBÂNEO, 2006).

A compreensão epistemológica da ciência Biologia ficou evidente na fala de P5: *“Me fez rever e me preocupar também, sobre o quanto a Biologia tem MUITOS conceitos”*. Para além da articulação com a epistemologia, P5 compreende as implicações na aprendizagem:

P5Q2: Me fez rever e me preocupar também, sobre o quanto a biologia tem MUITOS conceitos, e o quanto precisamos decodificar essa linguagem aos estudantes e a nós mesmos. De maneira a fazer sentido em nossa existência e nos permitir explicações compreensíveis e extrapolações com diversas situações problemas, tais como questões ambientais, tão emergentes na atualidade. E a evolução ajuda a organizar tudo isso, mas para que pensemos evolutivamente, precisamos estar constantemente fazendo esse exercício, e não é fácil, pois viemos de um modo de pensar linear e acrítico. Grupos como esse, são essenciais aos profissionais que ensinam ciências e biologia.

Na compreensão de P5, observamos também a articulação com a didática no trecho “*fazer sentido em nossa existência e nos permitir explicações compreensíveis e extrapolações com diversas situações problemas, tais como questões ambientais, tão emergentes na atualidade*”. P5 frisa que explicações compreensíveis e que possibilitem relacionar com temas emergentes, como as questões ambientais, e a pesquisa, a evolução “*ajuda a organizar tudo isso*”.

O professor participante P5, conclui seu raciocínio dizendo que “*para que pensemos evolutivamente, precisamos estar constantemente fazendo esse exercício, e não é fácil, pois viemos de um modo de pensar linear e acrítico*” . Novamente observamos a reflexão, o pensar associada ao eixo evolutivo, como discutido anteriormente. Portanto, entendemos uma relação intrínseca entre a problematização expressada por P2 e P5, e a reflexão expressada pelos professores anteriores, uma vez que a problematização gera, como consequência, reflexão e exercício mental do pensar. Tais compreensões se aproximam do saber disciplinar, no qual se integram na prática docente por meio da formação inicial e continuada.

A ampliação das compreensões após o grupo colaborativo se expressou também no sentido que o desenvolvimento dos conteúdos em torno do eixo evolutivo é, dentre outros adjetivos, cativante, atrativo, dinâmico e valorativo:

P5Q2: Foi uma atividade *prazerosa*. Fazia tempo que não me encontrava com pessoas da área para falar de biologia...para estudar, atualizar-se. Parecia que estava onde um professor deveria estar, logo, me senti *valorizada*.

P7Q2: Foi muito bom, *cativante*.

P8Q2: Ficou bem mais *fácil*, tornando mais *atrativo* e *dinâmico*.

Notamos que vários adjetivos positivos foram usados pelos professores para expressar como foi pensar e organizar os conteúdos biológicos tendo a evolução como eixo organizador. Novamente retornamos para organização dos conteúdos que predomina a descrição e não integração de fenômenos e conceitos. Basicamente, tal compreensão revela que a Biologia se torna mais instigante e prazerosa quando pensada de forma integrada/unificada, significa dar sentido, lugar ao conhecimento biológico.

Recorremos para famosa frase de Dobzhansky “nada na Biologia faz sentido exceto a luz da evolução” (1987), o termo “sentido” usado pelo biólogo

geneticista e evolucionista, resume basicamente o significado que a evolução tem na ciência Biologia. A reflexão que fazemos é que, se para o professor pensar a Biologia a partir dessa perspectiva traz tantos aspectos positivos e motivações, para o aluno não seria diferente, sendo mais um fator importante para o ensino da temática.

A partir do exposto, entendemos que o papel do eixo evolutivo, se mostrou nas compreensões dos professores, para muito além de uma forma de organização dos conteúdos biológicos, mobilizando e articulando diferentes saberes docentes. Como exposto no quadro 1, as compreensões após o desenvolvimento do Grupo Colaborativo, ampliaram nos seguintes aspectos: 1. Abordar conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo propicia pensar e refletir; 2. Abordar conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo propicia problematizar de maneira holística, incluindo aspectos sociais e/ou ambientais; 3. Compreender o desenvolvimento dos conteúdos em torno do eixo evolutivo é: cativante, atrativo, dinâmico, valorativo, significa dar sentido.

**Quadro 2:** Quadro Síntese – compreensões dos professores sobre eixo evolutivo.

<b>Compreensões no início do Grupo Colaborativo</b>	<b>Compreensões no final do Grupo Colaborativo</b>
Eixo evolutivo como forma de organização dos conteúdos biológicos	Abordar conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo propicia pensar e refletir
	Abordar conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo propicia problematizar de maneira holística, incluindo aspectos sociais e/ou ambientais
	Compreender o desenvolvimento dos conteúdos em torno do eixo evolutivo é: cativante, atrativo, dinâmico, valorativo, significa dar sentido

**Fonte:** Informações da pesquisa (2022).

No início do grupo colaborativo, as compreensões aproximaram-se para a “organização” que o eixo evolutivo exerce nos conteúdos, sendo que ao final do período investigado, as compreensões tendiam para as “consequências” de se organizar os conteúdos biológicos a partir do eixo evolutivo. Consequências no sentido de pensar e refletir sobre o conteúdo e suas relações; de problematizar com aspectos além do biológico, como social e ambiental. E também, em como essa organização gera sentimentos cativantes, atrativos, e valorativos para o professor.

Entendemos, portanto, que para os professores participantes da pesquisa, o papel do eixo evolutivo se mostrou para além da organização dos conteúdos biológicos, sendo significativo tanto para a formação do professor na sua dimensão epistemológica e histórica, quanto para a dimensão didática, com suas implicações no ensino.

Atrelado ao eixo evolutivo, foi abordado no Grupo Colaborativo a história da ciência e a epistemologia para compreensão da natureza da Biologia, a fim de propor e discutir o papel integrador da evolução, e por último, as implicações para o ensino e a aprendizagem.

Ressalta-se ainda que, no início do grupo os professores participantes responderam ao questionamento “Na sua opinião, por que inserir a história dos conceitos evolutivos no ensino da Evolução Biológica?” e houve indicativos por parte de cinco professores de que a abordagem histórica possibilita entender o processo evolutivo:

P1Q1: Porque esses conceitos mudaram com o tempo, e se tornam cada vez mais importantes para o aprendizado.

P4Q1: Para facilitar a compreensão sobre o assunto.

P6Q1: Para entender o processo da evolução.

P9Q1: Pois só se compreendermos a história iremos conseguir entender o processo evolutivo.

P10Q1: Garantir um entendimento sobre a evolução e diversidade dos seres vivos.

Para os professores participantes, a história da ciência, em específico da biologia evolutiva, possibilita entendimento sobre a temática, sobre seus conceitos. Além disso, dois professores expressaram que a abordagem histórica possibilita além do conhecimento sobre o assunto, realizar previsões futuras:

P3Q1: seria como uma explicação de onde e porque vem tudo e todos;

P7Q1: Conhecer a história pode ser um bom indicativo para [...] o futuro.

Observamos que P2 sinalizou, em suas compreensões, a história para além do entendimento conceitual, visto que para ele, a história da ciência mostra as implicações sociais na construção do conhecimento “*Para compreender como ocorreu a construção desse conhecimento, e as implicações dos diferentes atores sociais no processo*”.

Percebemos que no início do Grupo Colaborativo os professores possuíam a noção de que a história da ciência é relevante ao aprender e ensinar Evolução Biológica, no entanto, os professores não expressavam a compreensão de como isso ocorre, do porquê a história da ciência é fundamental no ensino e na aprendizagem dessa temática. Apesar disso, após os encontros do grupo, três professores compreenderam a história da ciência como alternativa didática, facilitadora da aprendizagem, porque evidencia a construção dos conceitos, além de compreender questões da natureza da ciência:

P1Q2: Mostra que os conceitos são *construídos* e *aprimorados* com o passar dos anos, torna a evolução mais palpável ao aluno, ele pode compreender que a ciência não é *estável*, assim como o processo evolutivo, que é gradual na maioria das vezes.

P4Q2: Pode auxiliar *desmistificando* conceitos que são trabalhados de forma tradicional e *tendenciosas* por muito tempo.

PQ26: Facilita a compreensão da construção do conhecimento e do *momento histórico* vivido durante essa construção.

Evidenciamos que mais elementos foram adicionados na compreensão de como a história se constituiu um elemento importante para o ensino da Evolução Biológica. Dentre eles: características do fazer científico, tais como estável/mutável, não neutralidade; e por último, a contextualização histórica, indispensável para saber os contextos de produção dos conceitos e teorias.

Na mesma linha de entendimento da construção histórica dos conceitos, P2 expressou que a história da ciência é mais do que alternativa, mas necessária ao ensinar Evolução Biológica “*não seja uma alternativa, mas uma necessidade. Não há como falar em evolução biológica sem estabelecer relação com a construção dos conceitos evolutivos*”. Da mesma forma, P5 entende que a história da ciência é necessária para a compreensão do fazer científico:

P5Q2: A história da ciência nos remete a reflexão sobre o fazer científico, que se modificou no decorrer do tempo, assim como a própria noção de ciência (o que antes era ou não ciência, modificou-se demais). Ao estudarmos a história da ciência conseguimos compreender muitas linhas de raciocínio que estruturaram teorias importantes.

Notamos que mais do que entender de ciência, seus conceitos e teorias, seu enfoque histórico, segundo as compreensões expressas após os encontros

do Grupo Colaborativo, possibilitou saber sobre a ciência. Sendo igualmente necessário saber acerca dos contextos de produção de determinado conceito ou teoria para compreensão de como os modelos explicativos são construídos.

Martins (1998) afirma que a história da ciência pode contribuir para a formação de uma visão mais adequada acerca da construção do pensamento científico, das contribuições dos cientistas e da própria prática científica, visto que permite o conhecimento da construção de conceitos, teorias, modelos, etc.

P3 concebeu a história da ciência como um recurso didático alternativo ao livro didático:

P3Q2: uma forma de ampliar os recursos a ser utilizado pelos professores em suas aulas. Considerando que os livros didáticos têm uma certa deficiência em apresentar mecanismos que os professores possam estar utilizando como ferramentas para que os mesmos possam abordar um tema específico.

O professor participante entendeu que a história da ciência, se constituiu em um recurso que o professor poderá utilizar em suas aulas, para além do que o livro didático apresenta. Martins (1998, p. 18) afirma que “história da ciência pode ser utilizada como um dispositivo didático útil, contribuindo para tornar o ensino da ciência a nível médio mais interessante e facilitar sua aprendizagem”.

Braunstein (2013) analisou a presença da evolução como eixo integrador em livros didáticos de Biologia dos autores aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático de 2012 (PNLD 2012). O autor concluiu que a evolução está muito concentrada e restrita a poucas unidades e tipos de termos, mas reflete que embora o resultado seja negativo, as condições atuais não seriam mais tão extremas como as apresentadas pela bibliografia no passado, havendo tendência de mudança estrutural dos livros ao passar as unidades evolutivas mais para o início das obras. Segundo o autor, as diferentes análises descritivas, estatísticas e iconográficas se revelaram promissoras na busca desse eixo integrador.

Pinheiro, Echalar, Queiroz (2021) ponderam que apesar das coleções do Plano nacional do Livro Didático PNLD 2018 avançarem na discussão da Biologia como uma ciência historicamente contextualizada, é fundamental que ressaltem o papel da história da ciência na produção dos conhecimentos biológicos que sofrem influências políticas, econômicas, sociais e culturais em

cada época histórica, para que os estudantes tenham uma visão de mundo e Ciência mais abrangente e crítica. Desse modo, sem a intenção crítica aos livros didáticos, mas como uma reflexão das potencialidades que neles se encontram, uma vez que se constituem um recurso de extrema importância no âmbito da educação brasileira, Zamberlan e Silva (2012) ponderam que os livros podem ser um meio para melhorar a compreensão da evolução dos seres vivos, caso estabeleçam a relação entre ela e determinados conteúdos biológicos.

Por fim, notamos que a história da ciência na formação continuada dos professores se mostrou, a partir de suas compreensões, com múltiplas possibilidades, tanto para formação do professor, como para o ensino e aprendizagem da Evolução Biológica. Se revelou, conforme exposto no quadro 2: a abordagem histórica possibilita a compreensão dos conceitos evolutivos; A história da ciência mostra as implicações sociais na construção do conhecimento; A abordagem histórica possibilita a compreensão do todo incluindo predições futuras; A História da ciência, como alternativa didática, facilita a aprendizagem da Evolução Biológica e da ciência; A História da Ciência como necessária ao ensinar Evolução Biológica; A história da ciência para compreensão do fazer científico; A História da ciência como recurso didático.

**Quadro 3:** Síntese das compreensões dos professores sobre história da ciência no ensino e aprendizagem da Evolução Biológica.

<b>Compreensões no início do Grupo Colaborativo</b>	<b>Compreensões no final do Grupo Colaborativo</b>
A abordagem histórica possibilita a compreensão dos conceitos evolutivos	A história da ciência, como alternativa didática, facilita a aprendizagem da Evolução Biológica e da ciência
A história da ciência mostra as implicações sociais na construção do conhecimento	A história da ciência como necessária ao ensinar Evolução Biológica
A abordagem histórica possibilita a compreensão do todo incluindo predições futuras	A história da ciência para compreensão do fazer científico
	A história da ciência como recurso didático

Fonte: a autora (2022).

No quadro 2 notamos a síntese das compreensões evidenciadas a partir dos discursos dos professores sobre a história da ciência e seu papel no ensino e aprendizagem da Evolução Biológica. As múltiplas possibilidades ao se

recorrer à história da ciência ficam evidentes nas compreensões dos professores, como recurso didático, fator que facilita a aprendizagem dos conceitos e do entendimento do fazer científico.

Inferimos que as compreensões dos professores após o grupo colaborativo se aproximaram e revelaram a articulação da epistemologia e história da evolução com a didática, visto que se reportaram para o processo instrucional, de ensino e de aprendizagem. A história da ciência, como alternativa didática, facilita a aprendizagem da Evolução Biológica e da ciência.

Nesse contexto, entendemos que a relação dos aspectos epistêmico, histórico e didático, mobilizou e articulou diferentes saberes docentes, sendo eles o saber de formação profissional (pedagógico), saber curricular, saber disciplinar e o saber experiencial. Tais saberes, emergentes na articulação das dimensões do conhecimento biológico, são discutidos na próxima seção, onde elucidamos as compreensões dos professores participantes a respeito da construção de uma sequência didática. Esclarecemos que se trata de um olhar mais estreito para a dimensão didática, do processo de ensino e aprendizagem da Evolução Biológica.

### **Didática da Biologia: saberes docentes necessários para o ensino no eixo evolutivo**

Nesta seção abordamos as compreensões dos professores sobre a elaboração de uma sequência didática, momento da formação continuada ao qual foram desafiados a estruturarem uma aula de Biologia para o Ensino Médio, tendo a evolução como eixo integrador e organizador. Portanto, as compreensões são referentes ao questionamento “Refleta sobre o processo de elaboração da sequência didática, sua influência no ensino e na aprendizagem da Evolução Biológica”. Esclarecemos que não recebemos o retorno do questionário de P10, e nessa questão em específico, P7 não respondeu.

A partir dos discursos dos professores P1, P3, P4 e P6 compreendemos que a sequência didática estimulou a criatividade, auxiliou e facilitou ao professor, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem, ao estimular o aluno, além de propiciar ensino multidisciplinar:

P1Q2: Construir uma sequência didática não só estimula a *criatividade* e metodologias ativas em sala de aula, como também poderá *auxiliar* outros professores a tratar conceitos biológicos e evolutivos que as vezes são ignorados.

P3Q2: A elaboração de uma sequência didática pode *facilitar* o processo de ensino-aprendizagem, pois a informação que o aluno está recebendo pode interagir com conceitos já existentes do educando, partindo da análise da construção desses conceitos pode-se construir novos conceitos, tendo como base a evolução e seus desdobramentos e abrir portas para a o ensino multidisciplinar.

P4Q2: poderá *favorecer* o processo de ensino e aprendizagem, trazendo novas formas de pensar.

P6Q2: A elaboração de sequências didáticas pode *facilitar* o trabalho dos docentes e sugerir práticas que despertem o interesse dos discentes.

Tais compreensões sobre a elaboração da sequência didática, na busca por articulação entre história, epistemologia e didática, nos revela que a sua elaboração em torno do eixo evolutivo facilita o trabalho do professor e conseqüentemente gera aprendizagem para o aluno. Por conseguinte, inferimos, que a didática foi a dimensão que mais prevaleceu nas compreensões destes professores participantes, ao elaborarem a sequência didática. Visto que apresentaram preocupações relacionadas a aprendizagem e questões instrucionais do processo de ensino.

P4 argumenta que o favorecimento do ensino e a aprendizagem trará novas formas de pensar na organização do conteúdo biológico. Nesse sentido, P3 expressa que favorecerá porque o novo conhecimento ao interagir com o existente, em uma construção dos conceitos, pode abrir portas para o ensino multidisciplinar. Tal compreensão, sobre como ocorre a aprendizagem, vem ao encontro com o que Carvalho e Gil-Pérez (2011) propõem para as necessidades da formação do professor, seja inicial ou continuada, que dentre outras, está a aquisição de conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências.

Dentre os conhecimentos teóricos de P3 sobre a aprendizagem está *saber que os alunos aprendem significativamente construindo conhecimentos*. P3 relacionou como a aprendizagem ocorre com a construção dos conceitos científicos, especialmente da evolução, o que possibilita associar com outros conceitos, como pode ser compreendido no trecho “*tendo como base a evolução e seus desdobramentos e abrir portas para a o ensino multidisciplinar*”.

Inferimos, com base nos principais verbos usados pelos professores para refletir a experiência da construção da sequência didática (auxílio, facilitação, favorecimento) revela o planejamento como fator essencial para a implementação da organização dos conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo. Portanto, segundo as compreensões expressas por P1, P3, P4 e P6, ato de planejar, como ação didática, favorece o processo de ensino e aprendizagem da Evolução Biológica.

O planejamento é um processo de racionalização, organização e coordenação da ação docente, articulando a atividade escolar e a problemática do contexto social. Ele se caracteriza por ser uma atividade de reflexão acerca das opções e ações, logo, a ação de planejar não se reduz ao preenchimento de formulários para controle administrativo, é, antes, uma atividade consciente de reflexão, previsão das ações docentes, fundamentadas em opções político-pedagógicas (LIBÂNEO, 2006).

Libâneo (2006) resume as principais funções do planejamento: 1. Assegurar a racionalização, organização e coordenação do trabalho docente; 2. Prever objetivos, conteúdos e métodos; 3. Assegurar a unidade e a coerência do trabalho docente, relacionando os elementos que compõem o processo de ensino, objetivos (para que ensinar), os conteúdos (o que ensinar), os alunos e suas possibilidades (a quem ensinar), os métodos e técnicas (como ensinar) e a avaliação, que está intimamente relacionada aos demais; 4. Atualizar o conteúdo do plano sempre que é revisto, aperfeiçoando-o e adequando-o às condições de aprendizagem dos alunos; 5. Facilitar a preparação das aulas, selecionar o material didático em tempo hábil, saber que tarefas professores e os alunos devem executar, replanejar o trabalho frente a novas situações que aparecem no decorrer das aulas (LIBÂNEO, 2006).

Em suma, o planejamento na prática docente deve agir como um guia de orientação e reflexão, apresentando assim uma ordem sequencial, além de objetividade, coerência e flexibilidade.

Com relação à objetividade, o professor ao planejar elenca seus objetivos de ensino e de aprendizagem, e para atingi-los, estabelece ordem sequencial e progressiva.

Para alcançar os objetos, são necessários vários passos, de modo que a ação docente obedeça a uma sequência lógica. Não quer dizer que, na prática, os passos não possam ser invertidos. A coerência dessa possibilidade é uma coisa positiva, embora indique que a nossa previsão falhou: somente sabemos que falhou porque dizemos uma previsão dos passos (LIBÂNEO, 2006, p. 224).

Consideramos que a compreensão dos professores, de que a sequência didática facilita o trabalho do professor, se aproxima de uma das principais funções do planejamento elencadas por Libâneo (2006), que é assegurar a racionalização, organização e coordenação do trabalho docente, de modo que a previsão das ações docentes possibilite ao professor a realização de um ensino de qualidade e evite a improvisação e a rotina.

O planejamento, portanto, tem papel essencial da didática do professor, visto que na medida em que o mesmo reflete e planeja sua prática, em um movimento contínuo, o professor vai criando sua própria didática e enriquecendo-a, ganhando mais segurança. Agindo assim, o professor usa o planejamento como uma oportunidade de reflexão e avaliação da sua prática.

Dois professores, P2 e P5, expressaram que a elaboração de uma sequência didática em torno do eixo evolutivo constitui-se em um desafio, sendo necessário sair da “zona de conforto”, como segue:

P2Q2: O processo de elaboração da sequência não foi fácil, porque é difícil trabalhar um conteúdo biológico buscando estabelecer relações com vários aspectos ao longo do espaço-tempo [...]. Estamos habituados a trabalhar o conteúdo científico de uma forma mais direta, sem ampliar as discussões. O desenvolvimento da formação e da sequência didática lembraram a necessidade de *sair da zona de conforto* para ter uma educação com qualidade, buscando formar cidadãos críticos e atuantes em sociedade.

P5Q2: sequência didática está se constituindo um grande desafio, pois é difícil alinhar toda a teoria e inovação que vimos a prática escolar que anda bastante rígida e desgastante [...] E o ato de escrever é desafiador, pois nos tira da “zona de conforto” que temos em nosso cotidiano docente. Mas é uma das melhores ferramentas de aplicar um conhecimento construído.

Os professores participantes citam dificuldades em estabelecer relações com o conteúdo biológico, alinhando a teoria com a prática. Citam também as dificuldades da prática por esta ser “rígida e desgastante”. Ambos os

participantes reforçam que o ato de escrever a sequência didática os tiram da “zona de conforto”.

Ademais, os desafios se mostraram, por meio das compreensões dos professores, para além da organização do conteúdo biológico e articulação da teoria com a prática, sendo evidenciadas questões desafiadoras da prática docente cotidiana e também, de sua própria formação. P2 atestou que é difícil trabalhar um conteúdo biológico buscando estabelecer relações e que:

P2Q2: Para fazer isso, é preciso de *disponibilidade* do docente, porque é um processo, ao menos inicial, de *pesquisa, leitura* e reflexão, para perceber as relações que estavam e/ou estão presentes, mas que *não somos ensinados a notar ou questionar* quais fatores estão estimulando essa mudança/adaptação.

Notamos que a formação do docente se revela como imprescindível para o enfrentamento das dificuldades encontradas na tentativa de estabelecer relações entre os conteúdos biológicos na prática. Carvalho e Gil-Pérez (2011) refletem que os professores de Ciências, carecem de uma formação adequada, e que muitas vezes não há a consciência de tal insuficiência, diferentemente da compreensão que P2 revelou, que identificou as limitações de sua formação inicial.

Carvalho e Gil-Pérez (2011), ao levar em conta a complexidade do ensino, abordam um conjunto de necessidades formativas dos professores de ciências, que se resumem ao “saber” e “saber fazer”, presente em oito necessidades principais: 1. conhecer a matéria a ser ensinada; 2. questionar as ideias docentes de “senso comum” sobre o ensino e aprendizagem das ciências; 3. adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências; 4. saber analisar criticamente o “ensino tradicional”; 5. saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva; 6. saber dirigir o trabalho dos alunos; 7. saber avaliar; 8. adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática.

Notamos que P2, portanto, ao conceber as limitações de sua formação, explana a solução para tal, incluindo a “*pesquisa, leitura e reflexão*”, fato que se aproxima da necessidade formativa “adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática”.

A iniciação do professor à pesquisa transforma-se assim em uma necessidade formativa de primeira ordem, no sentido de orientar a formação do

professor como uma (re) construção dos conhecimentos docentes, como uma pesquisa dirigida. Tendo em vista que a atividade do professor e, por extensão, sua preparação, surgem como tarefas de uma extraordinária complexidade e riqueza que exigem associar de forma indissolúvel docência e pesquisa (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Os autores alegam que para o professor orientar a aprendizagem de seus alunos como uma construção de conhecimentos científicos, isto é, como uma pesquisa, ele próprio necessita possuir a vivência de uma tarefa investigativa. Mais ainda, a compreensão de que a atividade do professor ou professora de ciências possui a complexidade e riqueza potencial implica conceber seu trabalho como uma tarefa aberta e criativa, ou seja, como uma pesquisa a ser realizada por equipe docentes (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Inferimos que a necessidade formativa “questionar as ideias docentes de ‘senso comum’ sobre o ensino e aprendizagem das ciências” expressa nas compreensões de P2 e P5, ao citarem que elaborar uma sequência didática em torno do eixo evolutivo constitui-se um desafio, uma vez que o professor “sai da zona de conforto”. Carvalho e Gil-Pérez (2011) alegam que dentre essa necessidade, está o questionamento da ideia de que ensinar é fácil, bastando alguns conhecimentos científicos, experiência, “senso comum”, ou encontrar a receita adequada. Portanto, é necessário tomar consciência da necessidade de um trabalho coletivo e de uma concepção teórica que articule as colocações didáticas. Ademais:

Não consideramos necessária, nem conveniente, a transmissão de propostas didáticas, apresentadas como produtos acabados, mas sim favorecer um trabalho de mudança didática que conduza os professores (em formação ou em atividade), a partir de suas próprias concepções, a ampliarem seus recursos e modificarem suas perspectivas (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p.30).

O professor participante P8, compreendeu que a sequência didática, assim como a formação, contribuiu para diferenciar sua prática: “*a elaboração vem para contribuir com o ensino de uma maneira diferenciada de que trabalhamos*”. O mesmo cita que “P8: *muitas vezes somos norteamos de acordo com nossa formação*”.

Observamos que o aprofundamento no fenômeno estudado, o que emergiu do novo a partir do caos, relevou que a formação tanto inicial como continuada, se constitui determinante para o ensino de Biologia em torno do eixo evolutivo.

Na compreensão de P2, o professor revela que não há formação adequada para estabelecer tais relações propostas no grupo de formação “*não somos ensinados a notar ou questionar quais fatores estão estimulando essa mudança/adaptação*”. Nesse sentido, P5 afirma que apesar dos desafios encontrados para a estruturação da sequência didática, se coloca como protagonista na renovação de sua prática:

P5Q2: Mas algo deve partir de nós, como Freire dizia: "Se a educação não pode tudo, alguma coisa de importante ela pode". Tenho me ancorado nisso para estruturar a sequência didática. Na importância de *meu fazer docente*, e na transformação que uma *formação continuada pode me promover*, afinal, nós professores devemos sempre mantermo-nos curiosos.

A formação continuada apareceu como fator importante também nas compreensões de P4, onde o professor cita o trabalho em dupla, proposta colaborativa do desenvolvimento da formação, P4 “*O trabalho em duplas sempre proporciona muitos aprendizados para os envolvidos, considero como uma experiência muito positiva*”.

Segundo Tardif (2011) o exercício profissional docente necessita de conjunto de saberes docentes, ao quais, são elementos constitutivos da prática docente, articulando simultaneamente diferentes saberes: os sociais, transformados em saberes escolares através dos saberes disciplinares e dos saberes curriculares, os saberes oriundos das ciências da educação, os saberes pedagógicos e os saberes experienciais. Em suma, o professor é alguém que deve conhecer sua matéria, sua disciplina e seu programa, além de possuir certos conhecimentos relativos às ciências da educação e à pedagogia e desenvolver um saber prática baseado em sua experiência cotidiana com os alunos.

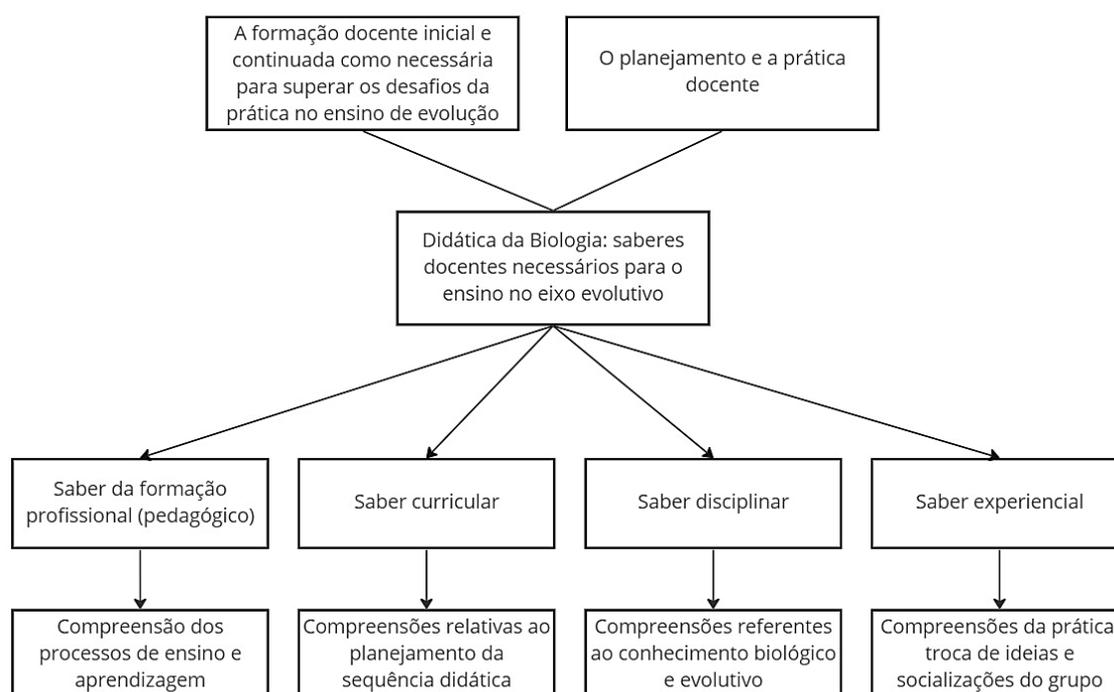
Desse modo, o exercício da prática bem como o processo de ensino, é complexo e não pode ser reduzido ou simplificado a partir de um conjunto de técnicas e modelos a serem aplicados. Segundo Tardif (2011) a prática docente

não se fundamenta na mera transmissão de conhecimentos já constituídos, ela integra diferentes saberes que se relacionam, sendo eles: saber da formação profissional, saber curricular, saber disciplinar, saber experiencial e o saber cultural. Portanto, o saber docente é “formado pelo amálgama, mais ou menos coerente, de saberes oriundos da formação profissional, saberes disciplinares, curriculares e experienciais” (TARDIF, 2011, p. 36).

O saber de formação profissional (pedagógico) é adquirido na formação inicial e continuada dos professores nas instituições de ensino; o saber curricular é proveniente dos programas e dos manuais escolares; o saber disciplinar provém dos conteúdos e matérias a serem ensinadas, nesse estudo, os saberes relativos ao conhecimento biológico e evolutivo; o saber experiencial, advém da prática da profissão; por último, temos ainda o saber cultural, herdado de sua trajetória de vida e de seu pertencimento a uma cultura particular, que eles partilham em maior ou menor grau com os alunos.

A partir do exposto, considerando que os múltiplos saberes docentes fazem dos professores um grupo social e profissional cuja existência, depende, em grande parte, da sua capacidade de dominar, integrar e mobilizar tais saberes enquanto condições para sua prática, em uma múltipla articulação de saberes na prática docente, agrupamos, portanto, as compreensões de P2, P4, P5 e P8, na categoria final, e emergente: “*Os saberes docentes necessários para o ensino no eixo evolutivo*”. Nesse contexto, os saberes docentes mobilizados no Grupo Colaborativo, emergiram como necessários para o ensino de evolução em torno do eixo evolutivo durante a atividade de elaboração da sequência didática.

Dessa forma, os saberes docentes necessários para o ensino do eixo evolutivo, que emergiram mediante os discursos dos professores e possibilitou a compreensão do fenômeno estudado, são: saberes da formação profissional; curricular, disciplinar e experiencial. A figura 3 apresenta as compreensões emergentes dos professores nas categorias intermediárias, seu agrupamento na categoria final e os respectivos saberes docentes.



**Figura 5:** Fluxograma das compreensões emergentes dos professores participantes da pesquisa e suas relações com os saberes docentes. Fonte: informações da pesquisa (2022).

Os saberes relativos à formação profissional dos professores são saberes pedagógicos e da ciência da educação, desenvolvidos nas instituições de formação de professores. Eles precedem e dominam a prática da profissão, mas não provêm dela. Assim, os saberes pedagógicos apresentam-se como concepções provenientes de reflexões sobre prática educativa, reflexões racionais e normativas que orientam a atividade educativa. Os saberes pedagógicos articulam-se com as ciências da educação, na medida que eles tentam integrar os resultados da pesquisa às concepções que propõem, a fim de legitimá-los “cientificamente” (TARDIF, 2011).

Os saberes da formação profissional proveem da formação, da socialização profissional nas instituições de formação de professores. Segundo Tardif (2011), os cursos de formação de professores são, em geral, idealizados segundo um modelo aplicacionista do conhecimento, que se caracteriza por:

[...] aulas baseadas em disciplinas e constituídas de conhecimentos proposicionais. Em seguida, ou durante essas aulas, eles vão estagiar para “aplicarem” esses conhecimentos. Enfim, quando a formação termina, eles começam a trabalhar sozinhos, aprendendo seu ofício na prática e constatando, na

maioria das vezes, que esses conhecimentos proposicionais não se aplicam bem na ação cotidiana (TARDIF, 2022, p.271).

Um dos principais problemas desse modelo é que ele apresenta lógica disciplinar e não profissional, visto que comporta três polos separados, os pesquisadores, formadores e professores. Nessa lógica, as disciplinas como psicologia, filosofia e didática, não tem relação entre elas, constituindo “unidades autônomas fechadas em si mesmas e de curta duração e, portanto, têm pouco impacto” (TARDIF, 2011, p.271).

Uma forma de superar esse modelo formativo, é a colaboração entre pesquisadores e professores da pesquisa sobre seus próprios saberes profissionais. Além disso, impedir a fragmentação dos saberes (característica da lógica disciplinar), pela socialização profissional.

A lógica da socialização profissional, com seus ciclos de continuidades e de rupturas, suas experiências de iniciação (a primeira lição, a primeira turma, o primeiro início de ano letivo, etc.), seus questionamentos identitários e éticos, sua relação complexa com os saberes de diversas fontes, suas urgências na tomada de decisões, seus momentos reflexivos mesclados de afetos e de proselitismo deve, progressivamente, excluir a lógica disciplina como fundamento da formação (TARDIF, 2011, p.276).

Dessa forma, a elaboração da sequência didática no Grupo Colaborativo, possibilitou que os professores participantes articulassem seus próprios saberes profissionais, além de impedir a fragmentação dos saberes. Assim, as dimensões epistêmicas, históricas e didáticas, se expressaram nos diferentes saberes necessários para a prática docente, em especial para o ensino no eixo evolutivo.

Tardif (2011, p. 255) chama de epistemologia da prática profissional “o estudo do conjunto dos saberes utilizados realmente pelos professores em seu espaço de trabalho cotidiano para desempenhar todas suas tarefas”. Assim, o saber engloba os conhecimentos, competências, as habilidades e atitudes, o saber-fazer, e saber-ser. Logo, a epistemologia da prática profissional revela tais saberes, na tentativa de compreendê-los como são integrados, como os produzem, utilizam, aplicam e transformam. Visa compreender ainda, como se dá a natureza desses saberes, assim como o papel que desempenham tanto no

processo de trabalho docente quanto em relação à identidade profissional dos professores.

A epistemologia da prática do profissional sustenta que é preciso estudar o conjunto dos saberes mobilizados e utilizados pelos professores em todas as suas tarefas. Portanto, a atividade de elaboração da sequência didática proposta na formação continuada desenvolvida, permitiu a mobilização de saberes, bem como sua construção durante a formação. Sendo assim, inferimos que os saberes pedagógicos foram mobilizados durante o planejamento da sequência didática, visto que as compreensões se aproximaram, dentre outras questões, do estímulo da criatividade, auxílio e facilitação para o professor e para o processo de ensino-aprendizagem. Entendemos que tais compreensões se aproximam do papel do planejamento na atividade docente, sendo portanto, um saber pedagógico adquirido na formação profissional.

O “desafio” de elaborar a sequência didática, expressado por P2 e P5, e justificadas porque na formação inicial “P2: *não somos ensinados a notar ou questionar*”, além da compreensão de P8 no qual “*a elaboração vem para contribuir com o ensino de uma maneira diferenciada de que trabalhamos*” visto que “P8: *muitas vezes somos norteados de acordo com nossa formação*”, revelam a mobilização de saberes experienciais articulados com os saberes da formação profissional.

Os saberes experienciais têm origem na prática cotidiana dos professores em confronto com as condições da profissão, são baseados em seu trabalho cotidiano e no conhecimento de seu meio, brotam da experiência e são por ela validados. Além disso, têm a característica de incorporar “à experiência individual e coletiva sob a forma de hábitos e de habilidades” (TARDIF, 2011, p. 39).

Notamos a mobilização de saberes experienciais nas falas de P2 e P5, “P2: *Estamos habituados a trabalhar o conteúdo científico de uma forma mais direta, sem ampliar as discussões*” e “P5: *é difícil alinhar toda a teoria e inovação que vimos a prática escolar que anda bastante rígida e desgastante*”.

Em síntese, entendemos que o saber pedagógico foi mobilizado nas compreensões relativas aos processos de ensino e aprendizagem, de mediação. Já o saber curricular foi mobilizado nas compreensões referentes ao

planejamento da sequência didática, quanto aos objetivos, conteúdos selecionados métodos e estratégias, atividades e recursos didáticos. Os saberes disciplinares foram mobilizados nas compreensões conceituais do conteúdo biológico e evolutivo, no qual, observamos a articulação com as dimensões epistêmica e histórica. O saber experiencial foi mobilizado a partir dos relatos da prática e atividade docente, nas trocas de experiências e vivências com os colegas durante as discussões do grupo colaborativo, e as ideias compartilhadas entre as duplas na elaboração da sequência didática.

Nesse sentido, considerando que a realidade da prática docente propicia a avaliação dos outros saberes, por meio da sua retradução em função das condições limitadoras da experiência, entendemos como fundamental articular os saberes experienciais com os saberes disciplinares, curriculares e da formação profissional, especialmente em espaços formativos, como o Grupo Colaborativo, onde o professor é convidado a fazer esse exercício. Portanto, pensando em espaços de formação continuada, o ideal é promover formações que busquem tal articulação, aliado a alguma atividade/prática docente – no caso desse estudo, o ensino de Biologia em torno do eixo evolutivo.

Por fim, entendemos que os avanços teóricos da biologia evolutiva e da Didática da Biologia, indicam um ensino de Biologia permeado pelo eixo evolutivo unificando e integrando os conteúdos biológicos. No entanto, a prática docente, com a articulação de seus múltiplos saberes, no qual por vezes o que prevalece é o saber experiencial, não é uma aplicação direta da teoria. Assim como Tardif (2011) afirma, a teoria e a prática são portadoras e produtoras de práticas e saberes, de teorias e de ações, e ambas comprometem os atores, seus conhecimentos e suas subjetividades. Nesse contexto, a relação entre a pesquisa universitária, seus avanços teóricos e o trabalho docente nunca é uma relação entre uma teoria e uma prática, mas uma relação entre atores, entre sujeitos cujas práticas são portadoras de saberes.

## **5. REFLEXÕES FINAIS**

A formação continuada dos professores participantes do Grupo Colaborativo visou a articulação das dimensões epistêmica, histórica e didática do conhecimento biológico e evolutivo, tendo em vista a formação necessária para o ensino de Biologia em torno do eixo evolutivo. Dessa forma, respondendo à questão norteadora: Quais compreensões emergem do discurso de professores participantes de um grupo colaborativo relacionadas à epistemologia, história e didática da biologia, visando o ensino em torno do eixo evolutivo? Fazemos as seguintes teorizações:

- A articulação das dimensões epistêmica, histórica e didática do conhecimento biológico e evolutivo possibilitou a ampliação das compreensões dos professores sobre o papel do eixo evolutivo, revelando compreensões que extrapolavam a organização dos conteúdos biológicos, mobilizando e articulando diferentes saberes docentes.

- A articulação possibilitou a ampliação de compreensões a respeito das possibilidades da história da ciência, sendo entendida como facilitadora da aprendizagem, da compreensão conceitual e do fazer científico e como um recurso didático.

- A perspectiva prática do Grupo Colaborativo (elaboração da sequência didática) possibilitou a mobilização e articulação de diferentes saberes docentes (profissional, disciplinar, curricular e experiencial), incluindo as dimensões do conhecimento evolutivo, evidenciando que é muito mais complexa a atividade docente do que a aplicação direta da teoria na prática.

Por fim, o aprofundamento no fenômeno estudado revelou compreensões mais aprimoradas a respeito de como as dimensões do conhecimento biológico e evolutivo se relacionam e mobilizam os saberes docentes. Mostrou também um entendimento mais aprofundado de como a formação continuada pode ser guiada de forma que o professor compreenda, integre e mobilize seus diferentes saberes enquanto condições para sua prática, de forma a superar a fragmentação de conteúdos. Dessa forma, por meio da formação profissional docente, é possível visualizar de forma mais concreta, a real efetivação de uma prática educativa na qual a evolução se torne o eixo articulador e unificador do conhecimento biológico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín et al. Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 1, n. 3, p. 130-140, 2002.

ANDRÉ, M. E. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília, Liber Livro Editora, 2005.

ARAUJO, L. A. L. **Desafios de um ensino pluralista e integrado de evolução: análise de um curso de formação continuada para professores e biólogos**. 2020. 233f. Tese (doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

ARAÚJO, L. A. L. Evolução como eixo central da biologia: um curso para graduandos e pós-graduandos em ciências biológicas. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 28, 2022.

BRAUNSTEIN, G. K. **A evolução biológica segundo os autores de livros didáticos de Biologia aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2012): buscando um eixo integrador**. 203 f. 2013. Dissertação (mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Porto Alegre: 2013.

CALDEIRA, A. M. A. (Org.). **Didática e Epistemologia da Biologia**. 1ed. São Paulo: Espelho D'alma, 2020.

Carvalho, A. M. P. D., & Gil-Pérez, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. Cortez: 2011.

DALAPICOLLA, J.; SILVA, Victor de Almeida; GARCIA, Junia Freguglia Machado. Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, p. 150-173, 2015. LIBÂNEO, José Carlos. **didática**. Cortez Editora, 2006

DOBZHANSKY, T. "Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution." **The American Biology**, Teacher 75 (2): 87–92, 1973.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa-3**. Artmed editora, 2008.

HANISCH, S.; EIRDOSH, D. Educational potential of teaching evolution as an interdisciplinary science. **Evolution: education and outreach**, v. 13, n. 1, p. 1-26, 2020.

JAPIASSU, Hilton. **Introdução à epistemologia da psicologia**. Imago Editora, 1975.

JUSTINA, L. A. D. **Investigação sobre um grupo de pesquisa como espaço de formação inicial de professores e pesquisadores de Biologia**. 2011. 238 f. Tese Tese (Doutorado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2011

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, L. A. P. A história da ciência e o ensino de Biologia. **Ciência & Ensino** (5): 18–21, 1998.

MARTINS, L. A. P. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, L. A. P. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência e Ensino** 5: 18–21, 1998.

MARTINS, L. A. P.; BRITO, A. A. A história da ciência e o ensino da genética e evolução no nível médio: um estudo de caso. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, p. 246-280, 2006.

MARTINS, R.A. A história das Ciências e seus usos na educação In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo, Editora Livraria da Física, 2006

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino das Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAYR, E. **Biologia, ciência única**. Editora Companhia das Letras, 2005.

MEGLHIORATTI, F. A.; BORTOLOZZI, J.; CALDEIRA, A. M. A. História da Biologia: aproximações possíveis entre categorias históricas e concepções sobre ciência e evolução apresentadas pelos professores de Biologia. **Filosofia e história da ciência**. Ribeirão Preto: Kayrós Editora, p. 11-28, 2005.

MELLADO, V. J.; CARRACEDO, D. Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, p. 331-339, 1993.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, p. 621-626, 2012.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual: discursiva**. 3. ed. Revisada e Ampliada. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

OLIVEIRA, T. B.; BRANDO, F. R.; CALDEIRA, A. M. A. Evolução Biológica: ECO-EVO-DEVO na formação inicial de professores e pesquisadores. **Góndola**,

**Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc**, v. 12, n. 2, p. 81-98, 2017.

PIGLIUCCI, M.; MÜLLER, G. B. **Evolution—the extended synthesis**. 2010.

PINHEIRO, R. M. S.; ECHALAR, A. D. L. F.; QUEIROZ, J. R. O. As políticas públicas de livro didático no Brasil: editais do PNLD de Biologia em questão. **Educar em Revista**, v. 37, 2021.

SCHEIFELE, A. Formação inicial de professores de biologia a partir de um enfoque evolucionista: um estudo na prática de ensino. 2020, 233 f. Tese (doutorado) programa de pós-graduação - Educação para a Ciência e a Matemática, UEM, 2020.

TARDIF, M. **Saberes docentes e a formação profissional**. 12 ed., Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

ZABOTTI, K.; JUSTINA, L. A. J. O ensino dos temas “Origem da Vida” e “Evolução Biológica” em dissertações e teses brasileiras (2006 a 2016). **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 16, n. 36, p. 82-98, 2020.

ZAMBERLAN, E. S. J.; SILVA, M. R. O ensino de evolução biológica e sua abordagem em livros didáticos. **Educação & Realidade**, v. 37, p. 187-212, 2012.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando ao objetivo geral desta tese, que foi compreender a articulação das dimensões epistemológica, histórica e didática do conhecimento evolutivo, como base formadora de um Grupo Colaborativo de professores de Biologia, podemos fazer algumas inferências a respeito da nova compreensão construída ao longo do aprofundamento no fenômeno estudado.

Entendemos que a primeira etapa da pesquisa foi essencial para a proposição do Grupo Colaborativo, visto que a formação foi estruturada e organizada a partir da articulação da epistemologia e história da Biologia evolutiva, realizando alguns pressupostos didáticos.

O estudo do episódio histórico – as contribuições de Dobzhansky para construção da Teoria Sintética – permitiu refletir, no contexto do Grupo Colaborativo, a dinâmica dos acontecimentos históricos da Biologia evolutiva. A abordagem histórica propiciou o desenvolvimento de uma visão mais aprofundada dos acontecimentos e construção dos principais conceitos que são o cerne da Biologia.

Além disso, as reflexões epistemológicas oriundas do capítulo II e concretizadas na formação continuada, foram essenciais para inclusão dos pressupostos atuais da Biologia evolutiva, indo além dos conhecimentos teóricos do século XX. Propiciou, portanto, uma concepção mais integrada dos fenômenos naturais e processos biológicos mediante a compreensão da Evolução Biológica a partir de seu enfoque histórico e epistemológico.

Situamos essas considerações no campo da Didática, visto que tais reflexões podem servir ainda como base para um ensino mais unificador da Biologia. No entanto, pontuamos que o processo de ensino e a prática docente são complexos. Não podemos reduzi-lo a técnicas a serem aprendidas e reproduzidas. A Didática, é a área de conhecimento que se dedica ao estudo do processo de ensino, em toda sua complexidade.

Assim, a complexidade do processo de ensino pode ser compreendida mediante o estudo do sistema didático, composto pelo aluno, professor e o saber. Os saberes são o conhecimento científico e epistemológico; o aluno se

refere a aprendizagem e as estratégias de apropriação conceitual; o professor ao ensino e seus processos de mediação, incluindo as metodologias e técnicas de ensino. Esses três componentes constituem em uma tríade em que converge estudos teóricos e práticos de diferentes domínios e dimensões do conhecimento (CALDEIRA, 2009).

Tais dimensões do conhecimento incluem além da didática, as teorias de aprendizagem, estudos linguísticos e cognitivos, história e epistemologia do conhecimento científico. Nesse sentido, os conhecimentos teóricos em educação se colocam na reflexão sobre a prática docente, na articulação entre teoria e prática. A relação em que teoria e prática é que as mesmas se complementam e continuamente se transformam por meio da atividade humana, em detrimento da ideia de que teoria antecede à prática, e a prática poderia ser desenvolvida com sucesso aprendendo-se e aplicando-se um conjunto de técnicas e regras específicas do ensinar. Nesse sentido, a didática se coloca como disciplina de articulação entre teoria e prática (CALDEIRA; BASTOS, 2009).

Nesse viés, um aspecto importante da discussão sobre a articulação teoria prática, é a reflexão de quais saberes são relevantes para o exercício da docência, e que lugar ocupam a “teoria” e a “prática” no âmbito desses saberes (CALDEIRA; BASTOS, 2009).

Na construção de uma nova compreensão e interpretação do fenômeno estudado neste trabalho, observamos que o discurso dos professores durante o desenvolvimento do Grupo Colaborativo, mobilizou diferentes saberes docentes, ao articular os conhecimentos teóricos (epistemológicos, históricos) com a prática e atividade docente (didático).

Compreendemos que uma nova organização do conhecimento biológico, a partir do sentido unificador da evolução, requer uma série de saberes em uma articulação da teoria e prática que não se detenha a ideia de aplicar um conjunto de técnicas e regras específicas do ensinar.

Os saberes mobilizados durante a atividade de elaboração de sequência didática, tendo o conhecimento evolutivo como eixo articulador, mobilizou saberes da formação profissional, oriundos das áreas da psicologia e filosofia da educação, e a didática; mobilizou também os saberes disciplinares, referentes à

filosofia da Biologia e seus pressupostos teóricos e epistemológicos; os saberes curriculares, mediante os conhecimentos sobre livros didáticos, programas de ensino, documentos oficiais norteadores dos currículos escolares e por último os saberes experienciais oriundos da prática docente.

A complexidade e mobilização dos diversos saberes docentes para a atividade de reorganizar o conteúdo biológico trazendo um novo lugar ao conhecimento evolutivo no ensino de Biologia, trouxe uma compreensão mais aprimorada a respeito do papel da formação continuada no exercício profissional do professor.

A formação voltada para a atualização e aplicação um conjunto de técnicas e regras específicas do ensinar, a racionalidade técnica, não integra e relaciona os diversos saberes docentes, pelo contrário, tende à fragmentação dos saberes. Enquanto que, a formação voltada para a perspectiva colaborativa – reflexão da prática, compartilhamento de saberes e experiências – é fundamental para a mobilização, articulação e integração dos diferentes saberes docentes.

Entendemos que foi fundamental tratar das dimensões epistêmica e histórica do conhecimento biológico e evolutivo na formação dos professores na perspectiva colaborativa. Visto que esse enfoque propiciou uma formação voltada para a reflexão e de diferentes saberes necessários para o ensino de biologia tendo a evolução como eixo norteador.

Em uma contínua revisão da teoria, a prática docente, discutida e problematizada no Grupo Colaborativo, forneceu elementos de *feedback* importantes para a construção dos saberes experienciais, subsidiados pelos conhecimentos teóricos como o planejamento e as dimensões epistemológicos e históricas do conhecimento biológico e evolutivo. Nesse viés, assim como afirmam Caldeira e Bastos (2009, p. 41), trata-se então de um “processo que tem como um de seus pilares a atividade de reflexão sobre a prática, sobre a teoria e sobre articulação entre teoria e prática na busca dos objetivos propostos para as diferentes e etapas de ensino”.

Diante dessas constatações, permito realizar algumas reflexões para a minha formação enquanto pesquisadora e enquanto formadora. No início da pesquisa, minha compreensão sobre as possibilidades do ensino de Biologia

permeado pelo eixo evolutivo, estavam distantes da ideia e necessidade de diferentes saberes da atividade do professor. Elas se aproximavam de uma ideia mais simplista, que com um conjunto de aspectos históricos e filosóficos seriam “suficientes” para o ensino pelo eixo evolutivo. No entanto, o aprofundamento no fenômeno estudado, relevou a complexidade do ensino, da formação dos professores e a necessidade de superar a desarticulação de diferentes saberes necessários para o exercício profissional docente.

Sendo assim, enquanto pesquisadora, me mostrou a importância dos discursos docentes nas investigações a respeito do ensino de evolução, seus relatos e experiências da prática cotidiana. Enquanto formadora, me reforçou a necessidade de buscar uma formação que impeça a fragmentação dos saberes a fim de contribuir para a formação de um professor que articule teoria e prática de maneira reflexiva.

Por fim, trazemos alguns indicativos para pesquisas futuras para um maior aprofundamento e compressão das questões levantadas. O primeiro deles, que não foi possível dar conta nesse estudo, é um aprofundamento teórico sobre os inúmeros aspectos relativos à colaboração na formação continuada, em que momentos da formação de fato se concretizam ela, dentre outras questões. Além disso, sinalizamos para que futuras pesquisas se dediquem ao estudo da prática docente, do processo instrucional da evolução biológica, com o objetivo de evidenciar as condições da atividade docente para o ensino de Biologia em torno do eixo evolutivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDEIRA, A. M. A. **Didática e Epistemologia da Biologia.** (Org) CALDEIRA, A. M. A.; ARAÚJO, E. S. N. N. Introdução à Didática da Biologia. São Paulo: Escrituras Editora, 2009.

CALDEIRA, A. M. A.; BASTOS, F. **A Didática como área de conhecimento.** (Org) CALDEIRA, A. M. A.; ARAÚJO, E. S. N. N. Introdução à Didática da Biologia. São Paulo: Escrituras Editora, 2009.

## APÊNDICES

### Apêndice I: Instrumentos de coleta de dados primeiro encontro

#### I. Questionário Caracterização Grupo Colaborativo

##### 1. Gênero

- Feminino
- Masculino
- Não binário
- Outro

##### 2. Qual a sua idade?

- 20-30
- 30-40
- 40-50
- Outro: \_\_\_\_\_

##### 3. Qual sua atuação profissional?

- Professor de Ciências
- Professor de Biologia
- Professor de Ciências/Biologia
- Outro: \_\_\_\_\_

##### 4. Qual o tempo de atuação profissional?

- até 5 anos
- 5-10 anos
- 10-15 anos
- 15-20 anos
- 20-25 anos
- Outro: \_\_\_\_\_

##### 5. Você costuma fazer cursos de formação continuada?

- Frequentemente
- Pouco frequente
- Quase nunca
- Outro: \_\_\_\_\_

##### 6. Possui curso(s) de pós-graduação?

- Especialização
- Mestrado
- Doutorado
- Pós-doutorado
- Outro: \_\_\_\_\_

**7. Qual seu interesse em estudar a Evolução Biológica?**

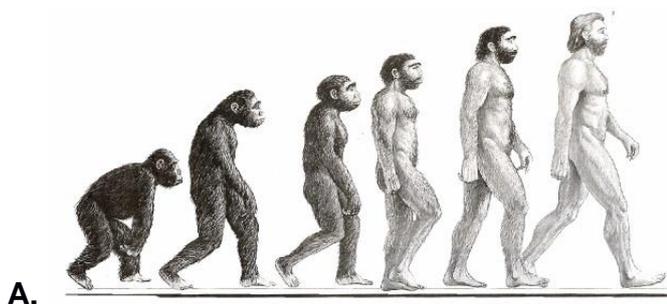
---

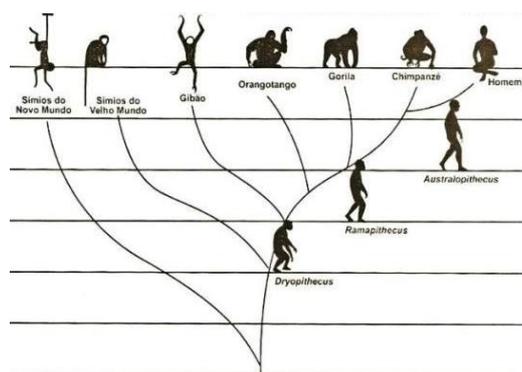
**8. Qual a sua expectativa para o curso/Grupo Colaborativo?**

---

**II. Questionário Primeiro Encontro**

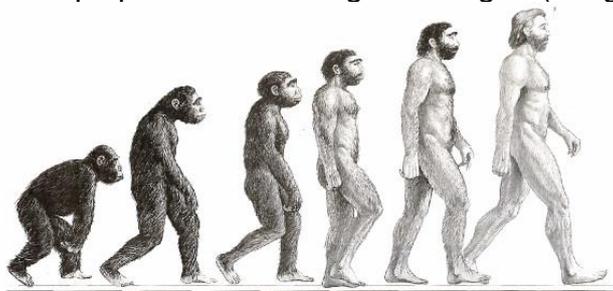
1. **Qual o interesse em estudar Evolução Biológica?**
2. Quais motivos (pessoais e profissionais) vos levaram a participar do Grupo Colaborativo sobre Evolução Biológica?
3. Definem o que é Evolução Biológica.
4. Na sua opinião, porque a inserir a histórica dos conceitos evolutivos no ensino da Evolução Biológica?
5. Como a Evolução Biológica e os conteúdos biológicos se relacionam?
6. Definem ambas as imagens a seguir.



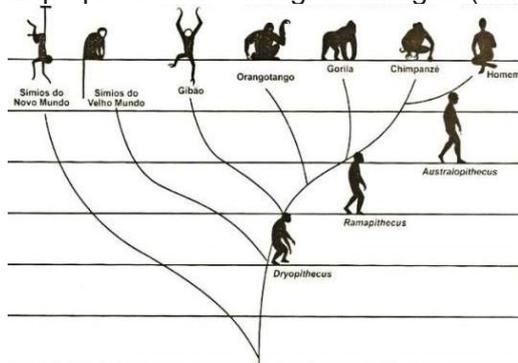


## Apêndice II: Instrumentos de coleta de dados último encontro

1. Com suas palavras, defina o que é Evolução Biológica, algo mudou conceitualmente para você?
2. Quais foram os pontos positivos e negativos do Grupo Colaborativo para sua formação e atuação profissional?
3. Como a história da ciência, mais especificamente, a construção histórica dos conceitos evolutivos pode ser uma alternativa para o ensino da Evolução Biológica?
4. Reflita sobre o processo de elaboração da sequência didática, sua influência no ensino e na aprendizagem da Evolução Biológica.
5. Como foi pensar e trabalhar os conteúdos biológicos permeados pelo eixo evolutivo?
6. Explique/defina a imagem a seguir (imagem 1)



7. Explique/defina a imagem a seguir (imagem 2)



8. Espaço para comentários e sugestões

### **Apêndice III: Transcrição de trechos do nono encontro do Grupo Colaborativo:**

Mediador: Como foi pensar e elaborar a sequência didática em torno do eixo evolutivo?

P2: Hoje foi dar aquela investigada na internet pra começar a procurar alguma coisa, mas assim, estou me entregando, eu não, eu ainda não tenho nenhuma ideia formulada, gostaria de ver se alguém quiser fazer grupo comigo estou me oferecendo, pra gente começar a trocar ideia mesmo. Mas eu ainda não tenho nenhuma pronta, fechada. E hoje quando eu fui pesquisar, sobre ideias de como trabalhar a evolução biológica, nossa como é difícil. Algumas ideias, nossa como é difícil né, tipo é muito difícil, me debati ali, ainda não conseguia formar uma ideia, pra ter essa pegada evolutiva né. Com certeza vou trabalhar essa atividade com aspectos históricos pra mostrar esse aspecto da evolução. Mas também tipo, das mudanças, dessas transformações que foram acontecendo. Como é difícil pensar algo assim! Quando você estava dando as aulas né, as suas falas, era algo que tu olhava assim e falava assim “a claro, com toda certeza”. Tu via, conforme você falava, a gente percebia uma determinada facilidade. Agora quando somos nós que temos que pensar na atividade, propor, como é difícil, né, organizar as ideias, colocar num papel. Enfim gente, to sem grupo, peço desculpas porque ainda não tive uma ideia exata, mas comecei a dar uma investigada hoje a tarde e percebi que não é um caminho fácil, embora a gente já tenho um... e eu acho que por isso não é um caminho fácil, porque a gente já tem uma ideia, da complexidade que é. A gente já entende que não é só chegar lá e falar alguma coisa. É falar com propriedade, é trazer exemplos, trabalhar com uma linha do tempo, aspectos históricos. Não é fácil. Eu acho que talvez pra quem não fez o curso e tem contato com essa temática de uma forma mais superficial, talvez, talvez né suposições, talvez essa pessoa entenda de uma forma mais fácil, não tem porque essa pessoa quebrar a cabeça. Mas quando tu se da conta da complexidade que é a temática, ela é primordial, essencial, ela realmente é o eixo da biologia. Mas como é difícil tu propor um conteúdo, porque

nós não somos ensinados a pensar dessa forma né, durante a nossa educação básica e até na universidade, no final da universidade que alguns professores começam a cruzar as informações que a gente viu durante todo o processo, mas não é algo realizado desde o início. Então esse tipo de pensamento é muito difícil de ser organizado, de ser formulado, mas é um exercício, eu acho que isso que é válido né, é ter esse movimento, esse exercício. Então esse é o meu relato.

P5:

Então né, tem um alfinetinho que fica aí alfinetando essa proposta né, e ai eu não sei, parece que eu não tive um momento propício pra me inspirar bem né, eu tive algumas ideias, eu conversei com a bem brevemente com a Andressa que ela é minha colega né, e ai eu pensei duas coisas. Então eu estou pensando em fazer duas coisas, a primeira é organizar todo o material didático que a gente teve, esse momento histórico e fazer uma sequência didática com tudo isso que você trouxe nesse curso, eu organizar e transpor de maneira didática aos alunos. Usar o cladograma que você montou, eu achei muito legal, eu vou trabalhar na outra aula né, então meus alunos estão sendo uma cobaia nesse momento. Mas eu quero organizar, eu sinto essa vontade de organizar tudo isso que eu vi, e tem muita coisa legal, esse negócio dos fósseis né, eu já fiz até um caça ao tesouro com um fóssil que foi uma loucura de difícil e desafiador, mas que foi bem legal ... e colocar tudo isso numa sequência didática... e jogar a bomba pros colegas. Eu sempre gostei de elaborar sequencia didática, eu acho que eu gostaria de fazer isso, e o que eu pensei com a Andressa, que a gente falou na escola bem rápido, é a gente pensar algo com o plástico né, porque a gente está fazendo na escola, uma campanha de arrecadação de tampinha de plástico. O objetivo final é fazer uma intervenção meio artístico cultural assim, pra ter a dimensão de tampinha que a gente gera, de lixo, so que a idea era a gente pensar no impacto do plástico e pensar algo com a evolução, e eu ainda não achei esse link entendeu. Mas eu ainda não encontrei o que seria o link do plástico com evolução, entende...

### Apêndice V: Processo de unitarização e categorização das informações da pesquisa referentes ao capítulo III

EXCERTOS	CATEGORIA INICIAL	CATEGORIA FINAL
<p>P5: [...] busco por uma questão de atualização profissional, cursos como esse eu considero uma preciosidade, porque os cursos que a gente, que são ofertados pra nós, muitas vezes não nos servem né, ou são insuficientes. Então por uma questão de conteúdo é sempre bom a gente estar se atualizando, falar de Biologia é muito prazeroso.</p> <p>P6: Eu me inscrevi porque gosto bastante da área, gostaria de me aprofundar e aprender mais sobre isso.</p> <p>P8: [...] faz bastante tempo que fiz a faculdade, e o assunto é bem interessante e tem poucos cursos assim pra gente se atualizar, então nesse sentido de recordar e atualizar o conteúdo em si, pra repassar pros alunos mesmo.</p>	<p>CI 1- Buscar atualização e aquisição de conhecimento biológico</p>	<p><b>CF1 - Formação continuada como racionalidade técnica</b></p>
<p>P1: Poder conhecer e aprender ferramentas e formas de aplicar o ensino de evolução.</p> <p>P2: [...] melhorar a minha prática docente, atualmente eu estou em sala de aula, estou lecionando, pensando em como abordar esse conteúdo que está presente em todos os momentos no currículo, pensando em melhores formas.</p> <p>P10: [...] aprender novas metodologias.</p>	<p>CI 2 - Fornecer Inovação metodológica/didática</p>	
<p>P3: Não houve pontos negativos, só positivos, pois todo conhecimento obtido pode ser relacionado com os conteúdos didáticos que podem ser repassados aos educandos.</p> <p>P6: Somente pontos positivos. Um curso leve, gostoso, com conteúdo de qualidade, professora com didática muito boa. Faria novamente, sem dúvidas. Aprendi muito, muitos conceitos foram transformados.</p> <p>P8: Curso agradável de participar, colocado os conteúdos de modo claro, com uma linguagem fácil.</p>	<p>CI3 - Formação conteudista/conceitual</p>	

EXCERTOS	CATEGORIA INICIAL	CATEGORIA INTERMEDIÁRIA	CATEGORIA FINAL
<p>P1: [...] por mais que a disciplina de evolução esteja concentrada no terceiro ano, eu acho que ela está em tudo, então a gente tem que tratar dela em todos os assuntos, e começar a transformar isso em uma coisa mais palpável aos alunos.</p> <p>P2: Ampliar minha compreensão sobre evolução e sua abordagem em todos os conteúdos biológicos [...]o ensino de Evolução Biológica está muito diluído dentro dos livros, ele é muito básico, não é muito aprofundado, em muitos momentos trabalho de forma pontual lá no terceiro ano. Mas a gente sabe que ele está presente em todos os conteúdos.</p>	<p>CI4 - Relacionar conteúdos biológicos pela evolução</p>		
<p>P5: Permitiu uma reflexão sobre os conteúdos científicos, bem como refletir sobre o fazer científico. Me dando mais segurança para abordar este conteúdo que é tão estruturante no campo da Biologia.</p> <p>P2: [...] quando tu se dá conta da complexidade que é a temática, ela é primordial, essencial, ela realmente é o eixo da Biologia. Mas como é difícil tu propor um conteúdo, porque nós não somos ensinados a pensar dessa forma né, durante a nossa educação básica e até na universidade, no final da universidade que alguns professores começam a cruzar as informações que a gente viu durante todo o processo, mas não é algo realizado desde o início. Então esse tipo de pensamento é muito difícil de ser organizado, de ser formulado, mas é um exercício, eu acho que isso que é válido né, é ter esse movimento, esse exercício.</p>	<p>CI5 - Processo de reflexão</p>	<p>CINT1 - Formação como espaço para reflexão de situações problemáticas</p>	<p><b>CF2 – Grupo Colaborativo: uma nova cultura formadora</b></p>
<p>P1: Uma formação com um Grupo Colaborativo é muito positivo pois permite a troca de experiências e não somente uma aula expositiva.</p> <p>P2: O Grupo Colaborativo contribui na troca de experiências entre os professores participantes, em que muitos possuíam anos de carreira, e retratavam as dificuldades e limitações sobre a condução da temática em suas aulas e da formação inicial limitada que tiveram.</p> <p>P7: As trocas com as colegas e profe foram muito valiosas</p>	<p>CI6 - Troca de experiências/ideias</p>	<p>CINT2 - Formação como prática colaborativa</p>	

### Apêndice V: Processo de unitarização e categorização das informações da pesquisa referentes ao capítulo IV.

Unidades e diferentes níveis de categorização. Baseado em Moraes e Galiazzi (2011, p.119).

EXCERTOS	CATEGORIA INICIAL	CATEGORIA INTERMEDIÁRIA	CATEGORIA FINAL
P1: De todas as formas, todos os conteúdos abrangem evolução em algum nível; P2: Os conteúdos biológicos se inter-relacionam/dialogam devido a evolução biológica, A partir da evolução biológica é possível traçar uma linha de raciocínio para compreender os fenômenos existentes; P5: Organiza o estudo das espécies. Compreendemos melhor questões anatômicas, fisiológicas e comportamentais dos organismo de maneira a relacionar isso a uma adaptação, inserindo em um contexto mais amplo e passível de ser compreendido; P8: através dos indícios evolutivos consigo explicar vários conteúdos; P10: A Biologia precisa interligar as diversas áreas que compoortam a disciplina, garantindo um entendimento do todo.	CI1 - Noção de que a EB é a base da Biologia, atuando como eixo evolutivo	CIN1 - Eixo evolutivo como forma de organização dos conteúdos biológicos	<p style="text-align: center;"><b>CF1: As possibilidades didáticas para o ensino de Biologia: a história e epistemologia da ciência e o eixo evolutivo</b></p>
P3: Despertaria interesse; P4: Na busca por estratégias para que o aluno tenha uma sequência no entendimento do que é trabalhado em sala de aula; P5: A Evolução deve ser relacionada com os conteúdos biológicos, pois facilita o entendimento de ambos. P9: Vários conceitos utilizados são necessários para trabalhar biologia. Espécie, variedade, mutação.	CI2 - EB como estratégia didática no sequenciamento dos conteúdos e facilitação da aprendizagem		
P1: estimula mais o pensamento; P2: Pensar para além do que é apresentado/exposto, e isso significa ter uma capacidade de reflexão e crítica para perceber a complexidade das relações estabelecidas ao longo do espaço-tempo, entre os mais diferentes organismos. P4: nos faz refletir, pensar e repensar; P5: Tudo que eu via de informações na biologia, já me fazia remeter a evolução nesse período de estudo. A biologia, é um convite de observação ao que nos rodeia, e assim, se faz um convite ao pensar e refletir sobre a natureza. P9: bem reflexivo; P6: como terminei a faculdade a 15 anos, muita coisa foi lembrada, relações foram estabelecidas, que na época não tinha parado para pensar. Estamos acostumados a simplesmente reproduzir o conteúdo do livro didático de forma mecânica em sala de aula, devido a falta de tempo e excesso de outros conteúdos que precisam ser trabalhados.	CI3 - Abordar conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo propicia pensar e refletir	CIN2 - Eixo evolutivo como desencadeador da organização dos conteúdos biológicos e seus significantes	

<p>p2: Organizar uma sequência de informações de forma problematizadora, estimulando os estudantes a pensar e estabelecer relações com os aspectos biológicos, socioculturais, econômicos, socioambientais, entre outros, considerando o espaço-tempo, e assim construir o seu conhecimento; p5: Me fez rever e me preocupar também, sobre o quanto a biologia tem MUITOS conceitos, e o quanto precisamos decodificar essa linguagem aos estudantes e a nós mesmos. De maneira a fazer sentido em nossa existência e nos permitir explicações compreensíveis e extrapolações com diversas situações problemas, tais como questões ambientais, tão emergentes na atualidade.</p>	<p>CI4 - Abordar conteúdos biológicos em torno do eixo evolutivo propicia problematizar de maneira holística, incluindo aspectos sociais/ambiental</p>		
<p>E a evolução ajuda a organizar tudo isso, mas para que pensemos evolutivamente, precisamos estar constantemente fazendo esse exercício, e não é fácil, pois viemos de um modo de pensar linear e acrítico. Grupos como esse, são essenciais aos profissionais que ensinam ciências e biologia.</p>	<p>CI5 - Compreender o desenvolvimento dos conteúdos em torno do eixo evolutivo é: cativante, atrativo, dinâmico, valorativo. Significar, dar sentido</p>		
<p>P5: Foi uma atividade prazerosa. Fazia tempo que não me encontrava com pessoas da área para falar de biologia...para estudar, atualizar-se. Parecia que estava onde um professor deveria estar, logo, me senti valorizada; P7: Foi muito bom, cativante P8: Ficou bem mais fácil, tornando mais atrativo e dinâmico.</p>	<p>CI6 - A abordagem histórica possibilita a compreensão dos conceitos evolutivos</p>		
<p>P1: Porque esses conceitos mudaram com o tempo, e se tornam cada vez mais importantes para o aprendizado. P4: Para facilitar a compreensão sobre o assunto; P6: Para entender o processo da evolução; P9: Pois só se compreendermos a história iremos conseguir entender o processo evolutivo; P10: Garantir um entendimento sobre a evolução e diversidade dos seres vivos.</p>	<p>CI7 - A história da ciência mostra as implicações sociais na construção do conhecimento</p>		
<p>P2: Para compreender como ocorreu a construção desse conhecimento, e as implicações dos diferentes atores sociais no processo.</p>	<p>CI8- A abordagem histórica possibilita a compreensão do todo</p>		
<p>P3: seria como uma explicação de onde e porque vem tudo e todos; P7: Conhecer a história pode ser um bom indicativo pra prever o futuro.</p>			

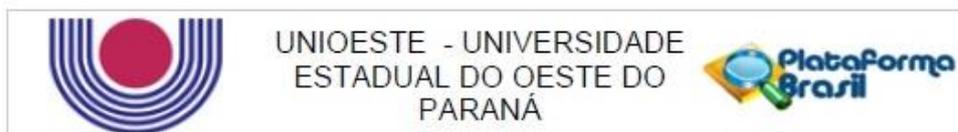
	incluindo predições futuras	CIN3 Múltiplas possibilidades da história da ciência para o ensino e aprendizagem da Evolução Biológica	
P1: Mostra que os conceitos são construídos e aprimorados com o passar dos anos, torna a evolução mais palpável ao aluno, ele pode compreender que a ciência não é estável, assim como o processo evolutivo, que é gradual na maioria das vezes; P4: pode auxiliar desmistificando conceitos que são trabalhados de forma tradicional e tendenciosas por muito tempo; P6: Facilita a compreensão da construção do conhecimento e do momento histórico vivido durante essa construção.	CI9 -A História da ciência, como alternativa didática, facilita a aprendizagem da EB e da ciência		
P2: não seja uma alternativa, mas uma necessidade. Não há como falar em evolução biológica sem estabelecer relação com a construção dos conceitos evolutivos.	CI0 - A História da Ciência como necessária ao ensinar EB		
P3: uma forma de ampliar os recursos a ser utilizado pelos professores em suas aulas. Considerando que os livros didáticos têm uma certa deficiência em apresentar mecanismos que os professores possam estar utilizando como ferramentas para que os mesmos possam abordar um tema específico.	CI11 - A História da ciência como alternativa didática		
P5: A história da ciência nos remete a reflexão sobre o fazer científico, que se modificou no decorrer do tempo, assim como a própria noção de ciência (o que antes era ou não ciência, modificou-se demais). Ao estudarmos a história da ciência conseguimos compreender muitas linhas de raciocínio que estruturaram teorias importantes. P5: a sequência didática está se constituindo um grande desafio, pois é difícil alinhar toda a teoria e inovação que vimos a prática escolar que anda bastante rígida e desgastante. Mas algo deve partir de nós, como Freire dizia: "Se a educação não pode tudo, alguma coisa de importante ela pode". Tenho me ancorado nisso para estruturar a sequência didática. Na importância de meu fazer docente, e na transformação que uma formação continuada pode me promover, afinal, nós professores devemos sempre mantermo-nos curiosos. E o ato de escrever é desafiador, pois nos tira da "zona de desconforto" que temos em nosso cotidiano docente. Mas é uma das melhores ferramentas de aplicar um conhecimento construído.	CI12 - A história da ciência para compreensão do fazer científico		

<p>P2: O processo de elaboração da sequência não foi fácil, porque é difícil trabalhar um conteúdo biológico buscando estabelecer relações com vários aspectos ao longo do espaço-tempo. Para fazer isso, é preciso de disponibilidade do docente, porque é um processo, ao menos inicial, de pesquisa, leitura e reflexão, para perceber as relações que estavam e/ou estão presentes, mas que não somos ensinados a notar ou questionar quais fatores estão estimulando essa mudança/adaptação. Estamos habituados a trabalhar o conteúdo científico de uma forma mais direta, sem ampliar as discussões. O desenvolvimento da formação e da sequência didática lembraram a necessidade de sair da zona de conforto para ter uma educação com qualidade, buscando formar cidadãos críticos e atuantes em sociedade.</p>	<p>C13 - Elaborar sequência didática em torno do eixo evolutivo constitui-se um desafio. É sair da zona de conforto.</p>	<p>CIN4 - A formação docente inicial e continuada como necessária para superar os desafios da prática no ensino de evolução</p>	<p><b>CF2 - Didática da Biologia: saberes docentes necessários para o ensino no eixo evolutivo</b></p>
<p>P4: O trabalho em duplas sempre proporciona muitos aprendizados para os envolvidos, considero como uma experiência muito positiva;</p>	<p>C14 - A Colaboração como positiva na formação do professor</p>		
<p>P8: A elaboração vem para contribuir com o ensino de uma maneira diferenciada de que trabalhamos. Acredito muitas vezes norteamos de acordo com nossa formação ,daí a importância do curso para nós mostrar novas formas de trabalho.</p>	<p>C15 - A formação como norteadora da prática.</p>		
<p>P1: Construir uma sequência didática não só estimula a criatividade e metodologias ativas em sala de aula, como também poderá auxiliar outros professores a tratar conceitos biológicos e evolutivos que as vezes são ignorados;</p> <p>P3: A elaboração de uma sequência didática pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem, pois a informação que o aluno está recebendo pode interagir com conceitos já existentes do educando, partindo da análise da construção desses conceitos pode-se construir novos conceitos, tendo como base a evolução e seus desdobramentos e abrir portas para a o ensino multidisciplinar.</p> <p>P4: poderá favorecer o processo de ensino e aprendizagem, trazendo novas formas de pensar;</p>	<p>C16 - A sequência didática estimula a criatividade, auxilia e facilita o professor, facilita e favorece o processo de ensino-aprendizagem, gera ensino multidisciplinar</p>	<p>CIN5 - O planejamento e a prática docente</p>	

P6: A elaboração de sequências didáticas pode facilitar o trabalho dos docentes e sugerir práticas que despertem o interesse dos discentes;			
---	--	--	--

## ANEXOS

### Anexo I: Parecer de aprovação no comitê de ética de pesquisa com seres humanos



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** GRUPO COLABORATIVO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA: UM ESTUDO DA INSERÇÃO HISTÓRICA DE CONCEITOS EVOLUTIVOS

**Pesquisador:** Kamilla Zabotti

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 36584620.6.0000.0107

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.296.836

##### Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa de doutorado, que visa compreender as (re)construções conceituais de professores participantes de um Grupo Colaborativo em relação ao ensino de Evolução Biológica como eixo central da Biologia no Ensino Médio, mediante estudos históricos de Dobzhansky e sua inserção no ensino.

##### Objetivo da Pesquisa:

###### Objetivo Geral:

Compreender as (re)construções conceituais de professores participantes de um Grupo Colaborativo em relação ao ensino de Evolução Biológica como eixo central no Ensino Médio mediante estudos históricos de Dobzhansky e sua inserção no ensino.

###### Objetivos Secundários:

- Realizar pesquisa histórica das contribuições de Dobszansky para construção dos conceitos evolutivos na formulação da Teoria Sintética da Evolução;
- Elaboração e proposição de um estudo sobre a Evolução Biológica, tendo como centralidade as contribuições de Dobzhansky, com um Grupo Colaborativo de professores;
- Levantamento e análise das ideias dos professores sobre evolução e seu ensino mediante a inserção de história da Biologia;
- Desenvolver uma proposta de ensino para o entendimento da Evolução Biológica, tendo como

**Endereço:** RUA UNIVERSITARIA 2069

**Bairro:** UNIVERSITARIO

**CEP:** 85.819-110

**UF:** PR **Município:** CASCAVEL

**Telefone:** (45)3220-3092

**E-mail:** cep.prppg@unioeste.br



UNIOESTE - UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO OESTE DO  
PARANÁ



Continuação do Parecer: 4.296.836

centralidade a história da ciência e suas preposições atuais (evo-devo);

- Compreender como a perspectiva histórica da Evolução, com ênfase nas contribuições de Dobzhansky, pode ser inserida no Ensino Médio;
- Compreender a visão dos professores sobre o grupo e sua influência no ensino e a na aprendizagem da Biologia unificada em torno do eixo evolutivo;
- Compreender o Grupo Colaborativo como espaço formativo de pesquisa, e como espaço para formação continuada, segundo os professores e seus efeitos no ensino.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

- Durante a aplicação do questionário e das entrevistas gravadas em vídeo áudio dos professores participantes poderão se sentir constrangidos, ou apresentarem desconforto durante as questões.
- A pesquisadora não prevê as medidas para minimizar tais riscos nas informações básicas do projeto, mas esclarece no TCLE e no documento "Instrumentos de coleta de Dados" anexado.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

- A pesquisadora não complementou as informações faltantes no campo "Cronograma de Execução" na Plataforma Brasil. O Cronograma geral foi apresentado apenas no Projeto Brochura e no corpo do documento "Instrumentos de Coleta de Dados".
- No documento "Instrumentos de Coleta de Dados" também foram apresentados esclarecimentos sobre as dúvidas preexistentes quanto a coleta dos dados.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos obrigatórios obrigatórios foram apresentados de acordo com o exigido. O TCLE foi revisado e complementado.

**Recomendações:**

- O campo CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO (Plataforma Brasil - Informações Básicas do Projeto) deve ser preenchido informando as principais etapas de realização do trabalho de Pesquisa, conforme Cronograma Geral apresentado no Projeto Brochura.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Projeto APROVADO.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: RUA UNIVERSITARIA 2069	CEP: 85.819-110
Bairro: UNIVERSITARIO	
UF: PR	Município: CASCAVEL
Telefone: (45)3220-3092	E-mail: cep.prppg@unioeste.br



UNIOESTE - UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO OESTE DO  
PARANÁ



Continuação do Parecer: 4.296.836

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1610100.pdf	21/09/2020 21:43:54		Aceito
Outros	Formulario_CEP.pdf	21/09/2020 21:43:04	Kamilla Zabotti	Aceito
Outros	Instrumentos_coleta_dados.docx	21/09/2020 21:39:19	Kamilla Zabotti	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa.pdf	21/09/2020 21:38:35	Kamilla Zabotti	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	21/09/2020 21:38:09	Kamilla Zabotti	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_CEP.docx	21/09/2020 21:37:44	Kamilla Zabotti	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	14/08/2020 10:15:55	Kamilla Zabotti	Aceito
Outros	Pesquisa_ao_iniciada.pdf	11/08/2020 09:38:52	Kamilla Zabotti	Aceito
Outros	Autorizacao_campo_pesquisa.pdf	11/08/2020 09:00:58	Kamilla Zabotti	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CASCADEL, 24 de Setembro de 2020

---

Assinado por:  
Dartel Ferrari de Lima  
(Coordenador(a))