



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

ELISA VAZ BORGES SILVA

O PENSAMENTO CONCEITUAL E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE
BIOLOGIA: A TRANSMISSÃO GÊNICA COMO OBJETO DO
CONHECIMENTO

GOIÂNIA

2020

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o(a) autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

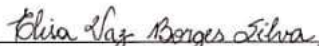
Nome completo da autora: Elisa Vaz Borges Silva

Título do trabalho: O pensamento conceitual e a formação de professores de Biologia: a transmissão gênica como objeto do conhecimento

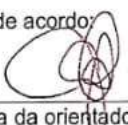
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ **SIM** ☐ **NÃO¹**

Independente da concordância com a disponibilização eletrônica, é imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura da autora²

Ciente e de acordo:


Profª Adria Daniela L. Figueiredo Echalar
Matrícula SIAPE 2455160
Universidade Federal de Goiás
Assinatura da orientadora²

Data: 13 /03 /2020

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² As assinaturas devem ser originais sendo assinadas no próprio documento. Imagens coladas não serão aceitas.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

ELISA VAZ BORGES SILVA

O PENSAMENTO CONCEITUAL E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE
BIOLOGIA: A TRANSMISSÃO GÊNICA COMO OBJETO DO
CONHECIMENTO

Dissertação apresentada à banca de defesa do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Goiás – UFG – como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e Matemática, sob orientação da Profa. Dra. Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar.

GOIÂNIA

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Silva, Elisa Vaz Borges

O pensamento conceitual e a formação de professores de Biologia:
a transmissão gênica como objeto do conhecimento [manuscrito] /

Elisa Vaz Borges Silva. - 2020.

131 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Profa. Adda Daniela Lima Echalar.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Pró
reitoria de Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências e Matemática, Goiânia, 2020.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Conceito científico. 2. Ensino e aprendizagem. 3. Pensamento
teórico. 4. História e Filosofia da Ciência. I. Echalar, Profa. Adda
Daniela Lima, orient. II. Título.

CDU 51:37



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata da sessão de Defesa de Dissertação de **Elisa Vaz Borges Silva**, que confere o título de Mestra em EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, na área de concentração em **Qualificação de Professores de Ciências e Matemática**.

Aos **21 dias do mês de fevereiro de 2020**, a partir das **9h**, no **AUDITÓRIO DO ICB 1 - UFG**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "**O PENSAMENTO CONCEITUAL E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA: A TRANSMISSÃO GÊNICA COMO OBJETO DO CONHECIMENTO**". Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, Professora Doutora Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar - UFG com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora Sandra Valéria Limonta Rosa - UFG, membro titular externo; Professora Doutora Simone Sendin Moreira Guimarães - UFG, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Professora Doutora Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Sandra Valéria Limonta Rosa, Professor do Magistério Superior**, em 21/02/2020, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar, Professor do Magistério Superior**, em 21/02/2020, às 11:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Simone Sendin Moreira Guimaraes, Coordenadora**, em 21/02/2020, às 11:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_confere&id_orqap_acesso_externo=0 informando o código verificador **1143177** e o código CRC **280C782D**.

AGRADECIMENTOS

“Render-te-ei graças, Senhor, de todo o meu coração”

Salmos 138:1ª

A Deus a quem sempre louvarei.

A minha família...

“Ohana quer dizer família. Família quer dizer nunca abandonar ou esquecer”.
(Lilo & Stitch)

Ao meu bem, Welington Candido Silva, que me acalma, que me faz rir, que me faz segura. Meu primeiro, único e verdadeiro amor.

Aos meus filhos Milena e Heitor Borges Silva, a quem busco ser o melhor exemplo, minhas alegrias e razão de viver.

Aos meus pais Valdir Francisco Borges e Celina Rosa Vaz Borges minha base sólida, a quem tenho infinito amor, respeito e admiração.

Aos meus irmãos bem mais velhos Max Leandro Borges, Bianka Vaz Borges e Viviane Vaz Borges Araújo, meus parceiros de sempre, apoio sem medida. Amo muito tudo isso.

Aos meus sogros Valmir Silva e Lizanete Cândida Silva, pelo marido lindo que me deram, por cuidar e amar tanto meus filhos.

Aos cunhados (Bimael Pereira Duarte, Sérgio Borges Martins de Araújo, Luciana Barbosa Vieira Borges, Luciano Cândido Silva, Elaine Cândida Silva, Dayana Soares de Freitas Silva), muito obrigada por tudo.

À minha afilhada linda Anne Carolynne Barbosa Borges que eu amo tanto.

Aos meus sobrinhos lindos que amo tanto também, Max Leandro Barbosa Borges, João Vitor Borges Martins, Eduardo e Leonnardo Ezri Borges Araújo, Lara Antonella e Yasmin Soares Silva.

Muito obrigada família que aceitou a minha ausência, me incentivou e apoiou em todos os momentos.

Aos meus amigos...

“Amigo estou aqui. Os seus problemas são meus também, e isso eu faço por você e mais ninguém, o que eu quero é ver o seu bem.
Amigo estou aqui”.
(Wood e Buzz Lightyear)

À professora Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar, mais que amiga e orientadora, uma mãe mais nova e uma excelente pesquisadora. Obrigada por toda atenção, disponibilidade, cuidado, dedicação e por proporcionar de forma tão extraordinária discussões e reflexões que foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

A minha amiga Karlla Vieira do Carmo, minha parceria desde a graduação e quem me apresentou a História e Filosofia da Ciência, que me ajudou muito a ingressar no mestrado.

A meus irmãos de pesquisa (filharAdda) Jonatas Teixeira Machado, Núbia Carla de Souza Silva, Marcos Antonio Alves Filho e, em especial, Regiane Machado de Sousa Pinheiro e Ana Luisa Neves Otto, por compartilharem todos os momentos de aprendizados, discussões e angústias, por terem tanto carinho e atenção, por serem superamigas sempre.

Aos meus pares de pesquisa Lucas Salvino Gontijo e Viviane dos Anjos Silva, que contribuíram com as discussões e desenvolvimento do nosso objeto de pesquisa.

Aos pesquisadores do *KADJÓT* - Grupo interinstitucional de estudos e pesquisas as relações entre Tecnologias e Educação. Em especial, a professora Dra. Joana Peixoto pelos ricos ensinamentos.

Aos pesquisadores do COLLIGAT - Grupo de estudos (Re)pensando a formação de professores de Ciências da Natureza, em especial, aos professores Dra. Simone Sendin Moreira Guimarães e Dr. Rones de Deus Paranhos por todo apoio, atenção e discussões contribuindo com minha formação pessoal e intelectual.

Aos membros da banca, Simone e Dra. Sandra Valéria Limonta Rosa, por terem aceitado carinhosamente o convite e contribuído de forma significativa com essa investigação.

Aos colegas e amigos da décima primeira turma de mestrado do PPGECEM, em especial a Devaneide Barbosa de Sousa que se tornou uma grande amiga de boas conversas.

À FAPEG pelo apoio financeiro para realização da pesquisa. O meu muito obrigada a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização do mestrado.

SILVA, E. V. B. **O pensamento conceitual e a formação de professores de Biologia: a transmissão gênica como objeto do conhecimento.** 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

RESUMO

Essa pesquisa visou discutir a importância do pensamento por conceito na formação de professores de Biologia a partir do estudo histórico e filosófico de um conceito biológico. Propomos aqui responder à seguinte indagação: em que medida a compreensão histórico-filosófica do conceito de transmissão gênica pode contribuir para a formação do pensamento conceitual de professores de Biologia? Para tanto, buscamos explicar como as possíveis relações entre a História e Filosofia da Ciência (HFC) e o pensamento conceitual de professores de Biologia em formação podem fundamentar os modos de pensar e ensinar deste profissional, em uma perspectiva crítica. O método de investigação utilizado foi o materialismo histórico-dialético (MHD); sendo assim, utilizamos como fundamento o pensamento de teóricos como Engels (1976), Kopnin (1978), Lefebvre (1991), Marx e Engels (2007), Marx (2008) e Kosik (2011). Nos fundamentamos também na Teoria Histórico-Cultural (VYGOTSKY, 2009) e na teoria do Ensino Desenvolvimental (DAVYDOV, 1988). Trata-se de uma pesquisa teórica, de caráter bibliográfico, na qual foram efetivadas três revisões de literatura complementares, a fim de compreender o objeto de investigação em sua plenitude. Privilegiamos, nas revisões, as seguintes temáticas: o lugar da HFC e da formação de professores nas pesquisas acadêmicas analisadas, a formação do pensamento conceitual e o conhecimento de Biologia. O *corpus* inicial das revisões se constituiu de 33 trabalhos (dissertações e teses). Na análise efetivada, identificamos que 45% dos trabalhos se fundamentam em elementos da lógica formal quanto às concepções de formação de professores, em especial, pelo praticismo enquanto propósito de formação. Os trabalhos de HFC, por sua vez, a priorizam como uma metodologia em si ou conteúdo em si. Ainda como resultado desta pesquisa, apresentamos o movimento histórico e filosófico de desenvolvimento do conceito de transmissão gênica, articulando neste processo a perspectiva de cada corrente filosófica da Biologia (vitalismo, fisicalismo e organicismo), de modo a explicitar a intensa relação entre história social e natural. Além disso, buscamos avançar na relação entre HFC e a mediação didático-pedagógica por meio da proposta de formação do pensamento conceitual pelo professor de Biologia como intencionalidade formativa e de ensino. Apresentamos, ao longo das discussões, elementos e condicionantes necessários para que a formação do pensamento conceitual do professor de Biologia possa ser reconhecida e utilizada de forma efetiva como práxis educativa transformadora.

PALAVRAS-CHAVE: conceito científico; ensino e aprendizagem; pensamento teórico; História e Filosofia da Ciência.

ABSTRACT

This research aimed to discuss the importance of thinking as a concept in the training of Biology teachers from the historical and philosophical study of a biological concept. Here we propose to answer the following question: to what extent can the historical-philosophical understanding of the concept of gene transmission contribute to the formation of Biology teachers conceptual thought? Therefore, we seek to explain how the possible relations between History and Philosophy of Science (HFC) and the conceptual thinking of Biology teachers in training can base this professional's methods of thinking and teaching, in a critical perspective. The research method used was historical-dialectical materialism (MHD); therefore, we use as basis the thought of theorists like Enges (1976), Kopnin (1978), Lefebvre (1991), Marx e Engels (2007), Marx (2008) and Kosik (2011). We are also based on the Historical-Cultural Theory (VYGOTSKY, 2009) and the theory of Developmental Teaching (DAVYDOV, 1988). It is a theoretical research, of bibliographic character, in which three complementary literature reviews were made, in order to fully understand the object of investigation. In the reviews, we privileged the following themes: the role of HFC and teacher training in the academic research analyzed, the conceptual thinking formation and the Biology knowledge. The initial review consisted of 33 papers (dissertations and theses). In the analysis, we identified that 45% of the works are based on elements of formal logic regarding the conceptions of teacher training, especially by practicalism as a training purpose. The HFC works, for its part, prioritize it as a methodology in itself or content in itself. As a result of this research, we present the historical and philosophical movement for the concept of gene transmission development, articulating the perspective of each philosophical current in Biology (vitalism, physicalism and organicism) in this process, in order to explain the intense relationship between social and natural history. In addition, we seek to advance the relationship between HFC and didactic-pedagogical mediation through the proposal of conceptual thinking formation by the Biology teacher as formative intentionality in teaching. We present, throughout the discussions, elements and conditions necessary for the Biology teacher's conceptual thinking formation to be recognized and used effectively as a transformative educational praxis.

KEYWORDS: scientific concept, teaching and learning, theoretical thinking; History and Philosophy of Science.

LISTA DE SIGLAS

ANFOPE – Associação Nacional pela Formação de Profissionais da Educação

BAAS – Associação Britânica para o Avanço da Ciência

BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

BM – Banco Mundial

CAPES – Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNE – Conselho Nacional de Educação

D – Dissertação

EAD – Educação a Distância

ECB – Ensino de Ciências e Biologia

FURB – Universidade Regional de Blumenau

HFC – História e Filosofia da Ciência

IES – Instituição de Ensino Superior

IB – USP – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

LD – Livros didáticos

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

MEC – Ministério da Educação

MESP – Movimento Escola Sem Partido

MHD – Materialismo Histórico-Dialético

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

PPG – Programa de Pós-Graduação

PRP – Programa Residência Pedagógica

PUC-SP - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

T – Tese

THC – Teoria Histórico-Cultural

UEL – Universidade Estadual de Londrina

UEM – Universidade Estadual de Maringá

UFBA – Universidade Federal da Bahia

UFCE – Universidade Federal do Ceará

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFG – Universidade Federal de Goiás

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFS – Universidade Federal de Sergipe

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UNESP – Universidade Estadual Paulista

Unicamp – Universidade Estadual de Campinas

Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

USP – Universidade de São Paulo

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Síntese esquemática dos estatutos e suas categorias propostas.	18
Figura 2 - Detalhamento dos trabalhos analisados	33
Figura 3 - Levantamento das revisões de literatura – distribuição por regiões do país.....	34
Figura 4 - Representação da rede conceitual da transmissão gênica.....	105
Figura 5 - Representação imagética da transmissão gênica como tema estruturante da Biologia enquanto Ciência.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concepção de HFC das D&T analisadas.....	37
Tabela 2 - Concepção de formação de professores das D&T analisadas	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Levantamento e revisões de literatura.....	27
Quadro 2 - Teses e Dissertações que contemplam as temáticas “História e Filosofia da Ciência” e “Formação de Professores”. D – dissertação; T – tese	28
Quadro 3 - Teses e dissertações que versam sobre o pensamento conceitual em Biologia	30
Quadro 4 - Teses e dissertações que articulam um conhecimento científico da Teoria da Herança à discussão da História e Filosofia da Ciência	31
Quadro 5 - Comparação entre as diferentes abordagens filosóficas na compreensão do mundo da Biologia e do conceito de transmissão gênica	102

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
O movimento da construção do objeto de pesquisa	17
Estrutura da dissertação	22
CAPÍTULO I - FORMAÇÃO DE PROFESSORES, HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O PENSAMENTO CONCEITUAL: O QUE AS PRODUÇÕES ACADÊMICAS NOS APONTAM.....	24
1.1 O movimento de compreensão do objeto de conhecimento	26
1.2 Processos e caracterização da revisão de literatura: o primeiro olhar para a temática..	34
1.2.1 O lugar da HFC nas pesquisas acadêmicas analisadas	37
1.2.2 A formação de professores nas pesquisas acadêmicas analisadas.....	41
1.2.3 A formação do pensamento conceitual e o conhecimento de Biologia.....	44
CAPÍTULO II - O DESENVOLVIMENTO LÓGICO E HISTÓRICO DO CONCEITO “TRANSMISSÃO GÊNICA”	48
2.1 A Ciência Biologia - relações entre História Natural e História Social	50
2.2 O conhecimento lógico-histórico do conceito transmissão gênica.....	52
2.2.1 Vitalismo - o período da “força vital”	56
2.2.2 Mecanicismo/Fisicalismo - “Oposição ao pensamento sobrenatural”	66
2.2.3 Organicismo - “o todo é mais do que a soma das partes”	75
CAPÍTULO III - O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CONCEITUAL DA BIOLOGIA PELO DOCENTE: IMPLICAÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES E PARA O ENSINO ESCOLAR.....	92
3.1 A relação entre a HFC, o pensamento conceitual e a formação docente no ensino de Biologia nas pesquisas acadêmicas brasileiras	94
3.2 O conceito científico de transmissão gênica na relação com os movimentos históricos e filosóficos da Biologia: o concreto pensado.....	101
3.3 As relações do pensamento por conceito com as políticas atuais para a formação de professores	108
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
REFERÊNCIAS	120
APÊNDICE	128

INTRODUÇÃO

O objeto dessa pesquisa, o pensamento por conceito, constitui a base de reflexão sobre a qual discutimos a formação de professores de Biologia. Toda análise é feita tendo como fundamento o estudo histórico e filosófico de um conceito biológico.

A natureza da educação é constituída pela prática que corresponde à realização de uma atividade humana que tem um sentido, uma finalidade. É a atividade humana que mediatiza a relação entre o sujeito da atividade e os objetos da realidade. Portanto, toda atividade tem um objeto e um sentido. É por meio da educação que o homem se humaniza, sendo que a atividade é o trabalho sobre a formação e o desenvolvimento do ser humano, em condições materiais e sociais concretas. A educação, assim, é um processo social e não individual (LIBÂNEO, 2008).

O trabalho, portanto, deve ser compreendido como princípio ontológico que propicia o surgimento e desenvolvimento da humanidade e dos processos de humanização. Ele é condição para a humanização dos homens; e a compreensão e apropriação do conhecimento historicamente construído é parte do processo de humanização dos sujeitos. Neste sentido, o “saber tem valor enquanto formador do homem, perdendo seu aspecto utilitarista de “servir para”, deixando assim de ser entendido como valor-de-troca. O saber não é importante apenas para a inserção no mercado de trabalho, o saber é importante porque saber é ser humano” (MORETTI; MOURA, 2010, p. 353).

O trabalho docente se efetiva na relação da ação social do professor com a sua compreensão consciente do papel da escola e do conhecimento na formação dos estudantes (CAMARGO; ROSA, 2018). Ele é estabelecido como a produção direta e intencional em cada indivíduo pelas conquistas históricas alcançadas em seu processo de desenvolvimento. Sendo assim, o objeto da educação diz respeito à identificação dos elementos culturais que precisam ser apropriados pelos indivíduos para que ocorra a humanização.

Analisando a atividade docente verifica-se que a relação entre trabalho e formação docente é indissociável. A formação de professores corresponde a uma trajetória da formação de indivíduos, intencionalmente organizada, para a efetivação de determinada prática social e deve ser, portanto, analisada em seu complexo contexto social (MARTINS, 2010). Desse modo, a relação entre formação e trabalho docente deve ser entendida como

uma formação de sujeitos históricos e humanizados, mediante a apropriação da cultura construída socialmente.

Para que a escola cumpra seu papel de promover a formação cultural e científica dos estudantes, em articulação com a diversidade social e cultural, necessário se faz que os professores desenvolvam o pensamento conceitual-pedagógico para ajudar os estudantes a pensar e atuar por e com conceitos (LIBÂNEO, 2015).

Todavia, investigações e pesquisas acerca destas temáticas ora demarcam a formação de professores como praticista, evidenciando o recuo da teoria em detrimento da prática, ora como uma formação centrada na teoria, suprimindo o todo que compõe o trabalho docente. A formação de professores deve ser discutida como um movimento contínuo no qual teoria e prática constituem uma unidade. O teórico deve ser entendido como uma sistematização objetiva do real cujo critério de validade reside, justamente, na prática social (MOURA; SFORNI; LOPES; 2017).

Uma das questões mais importantes para a educação escolar é a organização dos conteúdos que os estudantes devem aprender (DUARTE, 2015). O conteúdo é o conjunto de conhecimentos científicos de uma disciplina, constituídos a partir das condições históricas e epistemológicas que os originaram e os tornaram essenciais. Sendo assim, para aprender um conteúdo científico é necessário compreender o processo de sua origem e desenvolvimento na trajetória de sua constituição como objeto de conhecimento e não apenas entender o seu resultado (LIBÂNEO, 2015).

Os conhecimentos científicos a serem apreendidos se constituem em conceitos que se formam no processo de ensino-aprendizagem com base nos processos investigativos e procedimentos lógicos, próprios de uma ciência. Neste sentido, Davydov (1988, p. 128) afirma que “ter um conceito sobre um objeto significa saber reproduzir mentalmente seu conteúdo, construí-lo. A ação mental de construção e transformação do objeto constitui o ato de sua compreensão e explicação, a descoberta de sua essência”. Para tanto, é necessário que os alunos apresentem as

mudanças no desenvolvimento psíquico, propiciando-lhes novas capacidades intelectuais para apropriação de conhecimentos de nível mais complexo. Nessa concepção, o conhecimento pedagógico do professor é condição necessária para ajudar o aluno a mobilizar suas capacidades intelectuais para a apropriação dos conceitos. O professor deve não só dominar o conteúdo, mas, especialmente, os métodos e procedimentos investigativos da ciência ensinada (LIBÂNEO, 2015, p. 12).

As ações da atividade de ensino do professor e da atividade de aprendizagem do estudante são articuladas em um movimento com os conhecimentos teóricos, assumindo uma relação totalmente mediada. Neste sentido, a intencionalidade do professor na constituição das atividades de ensino deve estar vinculada às ações que viabilizam a aprendizagem de um conceito, proporcionando reflexão, análise, síntese e um novo olhar no modo de pensar sua atividade pedagógica (MOURA; SFORNI; LOPES, 2017). Libâneo (2008) esclarece que a estrutura de uma atividade de ensino deve ser constituída pelas necessidades, motivos, finalidades e condições de realização desta atividade. O motivo é o objetivo que estimula o sujeito a executar a atividade, que surge de necessidades, as quais o impulsionam para um objeto.

Neste sentido, a organização da atividade pedagógica se relaciona ao conhecimento teórico apropriado pelo professor, que fundamentará as ações de ensino que tenham como intencionalidade promover a aprendizagem e o desenvolvimento do estudante. A atividade de ensino se constitui, então, como um elemento de formação do estudante e do professor e se caracteriza por organizar e formar o processo de aprendizagem, possibilitando o desenvolvimento de ambos (CEDRO; MOURA, 2004).

Adquirir a consciência do papel da atividade de ensino no processo pedagógico requer uma nova percepção a respeito da formação do professor, pois o conteúdo passa a ser assumido como algo dinâmico, que pode ser criado, transformado e apreendido, permitindo estabelecer novos caminhos para a formação do professor. Sendo assim, a atividade de ensino “passa a ser uma solução construída de uma situação-problema, cujas perguntas principais são: a quem ensinar, para quem ensinar, o que ensinar, e como ensinar” (MOURA, 1996, p. 31).

Defendemos, nesta dissertação, que o professor, ao conseguir pensar por conceito, logo desenvolve o pensamento teórico, se apropria dos aspectos históricos e filosóficos do conteúdo que leciona, bem como tem uma compreensão mais ampla do conhecimento científico e da sociedade em que vive e trabalha. E que se tal modo de pensar permear o curso de licenciatura pode fornecer subsídios para que o professor desenvolva atividades didáticas que podem vir a proporcionar melhores condições para a apreensão dos conhecimentos científicos por parte dos seus estudantes.

Compreendemos que para a investigação, análise e apropriação deste objeto de estudo é relevante considerar a sua historicidade, visto que a realidade é historicamente construída e o conhecimento científico é um dos produtos dessa construção. Para Kosik (2011, p. 237, grifo do autor) “na história o homem realiza a si mesmo. Não apenas o

homem *não sabe* quem é, antes da história e independentemente da história; mas só na história o homem existe. O homem se realiza, isto é, se humaniza na história”.

Temos consciência de que um dos grandes desafios no ensino de Ciências e Biologia (ECB) no Brasil, que ainda persiste, diz respeito a conseguir torná-lo significativo para os estudantes. A Biologia, enquanto uma Ciência relativamente nova, tem seu caráter dotado pelo acúmulo de conteúdos que, muitas vezes, desmotivam os alunos. Outro problema está relacionado às aulas tradicionais, nas quais os conhecimentos científicos são apresentados por meio de uma estrutura linear, datada de marcos científicos. Agregue-se a isto o fato da Biologia ainda ser apresentada nas escolas como uma Ciência desprovida de influências sociais e econômicas que a determinam (MATTHEWS, 1995).

Partimos, portanto, na contramão do que é apresentado acima ao nos pautarmos na discussão, já existente, sobre a inserção da HFC na formação de professores e no ECB, e em como esta pode se constituir em princípio para apropriação do conhecimento científico, já que corresponde a uma importante perspectiva para constituir a atividade de ensino (MARTINS, 2007).

A historicidade, na lógica dialética, não é um momento, mas constitui a dinâmica, o movimento de construção e transformação do fenômeno a ser investigado e para entendê-la é necessário conhecer a totalidade e as contradições que a envolvem (KOPNIN, 1978). O desenvolvimento lógico e histórico de um conceito deve se pautar na historicidade, objetivando captar seu movimento, suas transformações, suas contradições, suas relações com a totalidade concreta.

Reconhecemos, assim, a formação e o ensino neste movimento, como produtos históricos e capazes de promover o conhecimento da realidade, sendo que a abordagem pautada na perspectiva da HFC pode contribuir para esse processo de compreensão da realidade. É importante ressaltar que a inclusão da perspectiva histórico-filosófica tanto no ensino de Ciências como na formação de professores é frequentemente defendida por muitos pesquisadores desta área (CAMPANÁRIO, 1998; CARNEIRO; GASTAL, 2005; MARTINS, 2006, 2007; MATTHEWS, 1995; DAMASIO; PEDUZZI, 2017; PRESTES; CALDEIRA, 2009; SHERRATT, 1982).

Os argumentos a favor da inclusão da HFC no ensino de Ciências e nos programas de formação de professores são que ela pode: 1) humanizar e contextualizar o conteúdo científico ensinado; 2) ressaltar o valor cultural da Ciência; 3) discutir o caráter mutável do conhecimento científico; 4) permitir uma melhor compreensão do método científico e 5) tornar as aulas mais reflexivas e, portanto, mais motivadoras e desafiadoras. Neste

contexto, o professor que se apropria de um conhecimento fundamentado sobre as bases da HFC pode vir a compreender a Ciência de uma forma mais efetiva, contribuindo assim para desenvolver um conhecimento mais crítico (MATTHEWS, 1995).

Martins (2007), ao tratar da perspectiva da HFC, nos adverte, todavia, que somente a consideração dos aspectos históricos e filosóficos na formação de professores das áreas científicas ou no ensino de Ciências não assegura a inserção desses conhecimentos em uma aula nem a reflexão mais aprofundada de tal ação no campo da Didática das Ciências, por parte dos professores. A autora ressalta que “as principais dificuldades surgem quando pensamos na utilização da HFC para fins didáticos, ou seja, quando passamos dos cursos de formação inicial para o contexto aplicado do ensino e aprendizagem das ciências” (p. 115).

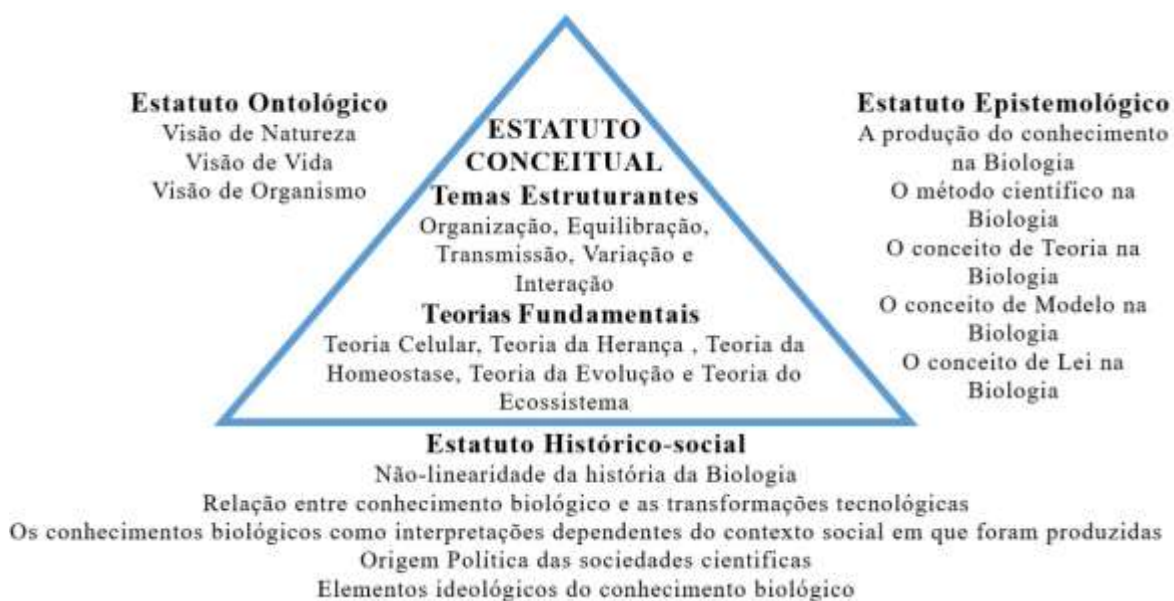
Ao se trabalhar ou ensinar um conhecimento científico deve-se explicitar o caminho de sua construção. Nesse processo, o sujeito apreende a realidade, que não é apenas imediata, mas contextualizada historicamente. A partir desta perspectiva, percebemos que “é necessário que o conhecimento científico ao ser ensinado explicita o caminho de sua construção, não sendo compreendido como meramente instrumental, mas um componente essencial para a leitura e crítica da realidade multifacetada” (NASCIMENTO Jr.; SOUZA; CARNEIRO, 2011, p. 225).

O pensamento teórico, na base materialista dialética, atua como um meio de percepção da essência do fenômeno que, de acordo com Engels (1976), Kopnin (1978), Lefebvre (1991), Marx e Engels (2007), Marx (2008) e Kosik (2011) se constitui por múltiplas determinações. Propomos aqui apreender não apenas os resultados de um conhecimento ou de sua prática, mas constituir o movimento em busca da essência do objeto em análise a partir do seu processo de desenvolvimento, já que este deve ser entendido como um objeto historicamente construído pela humanidade. Neste contexto, iniciamos a construção do objeto desta pesquisa pela investigação sobre os estudos que articulam a formação de professores de Biologia a partir de uma perspectiva da História e Filosofia da Ciência (HFC).

O movimento da construção do objeto de pesquisa

Ao tomarmos como ponto de análise o processo de constituição dos conhecimentos científicos (estatuto conceitual) que compõe a rede conceitual da Biologia e a constitui enquanto Ciência, partimos das relações e contradições entre as formas de ver o mundo na qual as teorias científicas foram elaboradas (estatuto ontológico), da estrutura do

pensamento científico quanto à definição das hipóteses, teorias, modelos e leis da Ciência (estatuto epistemológico) e do contexto histórico-social no qual o processo de construção da Ciência ocorreu (estatuto histórico-social). Os chamados quatro estatutos estruturantes da Biologia supracitados apresentam uma concepção histórica e filosófica do processo de construção da Biologia numa perspectiva materialista dialética (NASCIMENTO Jr., 2010). (Figura 1).



Fonte: Nascimento Júnior (2010, p. 382).

Figura 1 - Síntese esquemática dos estatutos e suas categorias propostas.

Na Biologia as teorias se constituem como modelos explicativos utilizados para a compreensão entre áreas do conhecimento, buscando entendimento dos fenômenos biológicos (NASCIMENTO Jr.; SOUZA; CARNEIRO, 2011).

Para Kosik (2011) a teoria não é uma verdade ou a apropriação da realidade, mas representa a compreensão desta, ou seja, ela é um constructo elaborado a partir da realidade objetiva, logo, é uma construção humana para explicar a realidade, constituída a partir de um conhecimento historicamente acumulado e ressignificado nos períodos históricos para chegar a uma formulação que explique um fenômeno. Ela se constitui do conhecimento científico e da ideia, sendo que o conhecimento científico tem por finalidade levar à compreensão da essência do objeto, da lei do seu movimento e evolução; já a ideia está relacionada à representação da realidade, ela pode ser caracterizada como um pensamento objetivo que surge para expressar a objetividade. Sendo assim, para a

dialética, o estudo das formas do pensamento deve se efetivar numa perspectiva mais ampla, objetiva, deve, enfim, levar o sujeito a compreender, efetivamente, o surgimento e desenvolvimento de uma teoria. A ideia do fenômeno é uma característica do conceito, portanto este é indispensável para a teoria no movimento do pensamento, pois no conceito se concentra o conhecimento de aspectos essenciais, particularmente do objeto (KOPNIN, 1978).

O movimento de construção desta investigação se direcionou, inicialmente, para o estudo lógico-histórico das teorias que fundamentam a Biologia enquanto Ciência e neste delinear buscamos investigar os conceitos que permeiam a história da Biologia de ponta a ponta, ou seja, conceitos longitudinais à Biologia. Com o intuito de verticalizar o objeto desta pesquisa, optamos por delimitar uma das teorias e verticalizar os estudos sobre o conhecimento lógico-histórico da Teoria da Herança nas obras de Mayr (1998), Nascimento Jr. (2010) e Moore (1986).

A “teoria da herança” é uma das áreas básicas da Biologia e apresenta conceitos integradores a ela (MOORE, 1986). Os conhecimentos que permeiam tal teoria estão em constante desenvolvimento e vivenciam diversas mudanças ao longo dos anos em aspectos conceituais; mudanças estas provenientes de novas pesquisas tecnológicas, como o projeto genoma, a clonagem e os organismos geneticamente modificados. O entendimento das novas tecnologias desta teoria está diretamente relacionado ao conhecimento de conceitos básicos relativos aos mecanismos de transmissão (JUSTINA, 2001).

O notável desenvolvimento da Biologia no século XX está relacionado com a melhor compreensão dos mecanismos da transmissão gênica estudados nos componentes biológicos da Teoria da Herança. Anteriormente a este período, questões relativas a esta teoria raramente surgiam. Os estudos realizados que abarcavam o conceito da transmissão eram desenvolvidos por professores de anatomia, por médicos fisiologistas e por estudiosos da Biologia do desenvolvimento que investigavam o desenvolvimento dos seres vivos levando em consideração todas as etapas do ciclo de vida (MAYR, 1998).

Nas últimas décadas, os conhecimentos relativos à “teoria da Herança” estão se desenvolvendo rapidamente e para que este ramo da Ciência seja compreendido e apreciado em toda sua profundidade deve ser apresentada inicialmente uma estrutura conceitual da área, trabalhando não somente o produto destas pesquisas, mas também o processo, sem esquecer, portanto, de levar em consideração as contribuições de estudos antigos, afinal, é preciso considerar a própria estrutura de formação conceitual (MOORE, 1986).

Após estudos sobre a retomada histórica desta teoria, corroboramos com Nascimento Jr. (2010) quando ele apresenta o conceito de transmissão como um tema estruturante desta “teoria” e da Biologia. Assim, advogamos que os conceitos estruturantes da Biologia (organização, equilíbrio, transmissão, variação e interação) são nucleares e integradores de toda Biologia. De modo consequente, entendemos que a transmissão, assim como os demais conceitos, está envolvida em todas as atividades biológicas, evidenciando seu papel central e integrador no movimento do pensamento biológico e, consequentemente, no ensino de Biologia.

Todavia, ao estudar a palavra transmissão, percebemos que este é um conceito amplo e envolve variáveis que nem sempre o remetem à hereditariedade, podendo, por exemplo, estar relacionado ao significado de ação ou efeito de transmitir algo a outrem, como a transferência de um direito ou poder, ou a passagem de um vírus de uma pessoa infectada para outra saudável, ou ainda à comunicação de um pensamento ou sentimento de uma pessoa para outra. Neste sentido, não poderíamos considerar nesta investigação a palavra transmissão de forma isolada e, sendo assim, ratificamos que a “transmissão gênica” é o que constituiu o cerne da reflexão que nos propomos a desenvolver.

A partir deste conhecimento imediato, propomos aqui entender: de que modo a compreensão histórico-filosófica do conceito de transmissão gênica pode contribuir para a formação do pensamento conceitual de professores de Biologia?

Diante deste problema, esta pesquisa traz as seguintes questões de investigação:

1. Em que contextos socioculturais se constituiu o conceito de transmissão gênica?
2. De que forma o estudo lógico-histórico de um conceito pode contribuir para os professores de Biologia se apropriarem da ciência que lecionam?

Tais questionamentos nos suscitam explicar as relações entre HFC e o pensamento conceitual de professores de Biologia em formação, que constituem os modos de ensinar para sua atuação enquanto intelectual-crítico. Para tanto, é necessário:

- compreender os contextos históricos e filosóficos que perpassam o movimento de formação do conceito de transmissão gênica;
- explicar de que forma o conhecimento lógico-histórico de um conceito pode contribuir com o pensamento teórico dos professores de Biologia.

Pretendemos, assim, estudar o processo das formas de pensamento, evidenciando a inter-relação entre singular, particular e universal nessas formas enquanto reflexo das relações do mundo objetivo (KOPNIN, 1978).

Entendemos que o conhecimento do conceito de transmissão gênica (singular), constitui o pensamento do professor (particular) e a formação da rede conceitual sobre a Biologia (universal) que deve fundamentar o professor de Biologia em formação e seu trabalho. Portanto, não é qualquer conceito que pode ser considerado como uma singularidade. Na lógica dialética, o conceito pode ser uma singularidade quando explica a particularidade (pensamento do professor), ajuda a entender a totalidade da formação de conceitos e a pensar como o homem forma o conceito - o objeto do conhecimento. Isso porque

se a realidade é um todo dialético e estruturado, o conhecimento concreto da realidade [...], é um processo de concretização que procede do todo para as partes e das partes para o todo, dos fenômenos para a essência e da essência para os fenômenos, da totalidade para as contradições e das contradições para a totalidade; e justamente nesse processo de correlações em espiral no qual todos os conceitos entram em movimento recíproco e se elucidam mutuamente, atinge a concreticidade (KOPNIN, 1978, p. 50).

Diante do exposto, esta dissertação parte em busca das contribuições da teoria histórico-cultural (THC), formulada inicialmente por Lev Semyonovich Vygotsky (1896 - 1934), e da teoria do ensino desenvolvimental de Vasily Vasilyevich Davydov (1930-1998) para pensar a formação inicial e continuada de professores, em especial, da área de Biologia.

A THC estabelece relação com a corrente psicológica que explica o desenvolvimento da mente humana com base nos princípios da filosofia marxista - o MHD. Ela se fundamenta na perspectiva histórico-social do desenvolvimento do psiquismo humano e no processo de apropriação da cultura, mediante a comunicação entre pessoas, reforçando a atividade sócio-histórica e coletiva dos indivíduos na formação das funções mentais superiores (LIBÂNEO, 2004).

Essa teoria chegou lentamente ao Brasil a partir da segunda metade da década de 1970. Grupos de estudos sobre a obra de Vygotsky se formaram na década de 1980 e os trabalhos e pesquisas sobre a teoria se intensificaram a partir da segunda metade dos anos 1990, disponibilizando hoje uma vasta bibliografia (LIBÂNEO; FREITAS, 2006).

De acordo com Libâneo (2004), essas teorias podem motivar pesquisadores dos campos da didática e da formação de professores por possibilitar compreender a relevância da formação teórica dos professores, se apropriando do uso das instrumentalidades do trabalho docente e da importância dos contextos culturais e institucionais em que se dão o

ensino-aprendizagem. Tais teorias evidenciam a relevância do ensino sistematizado dos conhecimentos científicos e culturais projetados nos conhecimentos escolares.

Rosa e Sylvio (2016) acrescentam que a compreensão destas teorias e suas relações com o ensino-aprendizagem podem

nos ajudar a alcançar os principais objetivos da educação escolar: levar o aluno à aprendizagem consciente e crítica dos conhecimentos escolares, de modo que este constitua individualmente o pensamento teórico necessário para compreender melhor o mundo em que vive, apropriar-se cada vez mais e melhor da cultura, emancipar-se e transformar a realidade (p. 420).

Tais contribuições devem ser consideradas tendo em vista que o trabalho pedagógico possui intencionalidades políticas, éticas, didáticas em relação às qualidades humanas, sociais e cognitivas esperadas dos estudantes. Nesse sentido, não há como pensar a Biologia, ou os conceitos que a fundamentam, sem discutir as questões que permeiam o ensino e a formação do professor ou, ainda, sem mencionar o contexto atual de reformas educacionais que atingem a educação.

Intentamos até aqui explicar o objeto desta dissertação como um exercício de compreensão da realidade, fundamentados pelo materialismo histórico-dialético que constitui nosso referencial teórico e método de investigação. A seguir apresentaremos a estrutura da nossa dissertação.

Estrutura da dissertação

Esta dissertação é composta por três capítulos. No primeiro, vislumbramos (re)conhecer as múltiplas determinações que constituem o objeto desta pesquisa. De tal modo, apresentamos as discussões e reflexões a respeito da formação de professores a partir da perspectiva da HFC e do pensamento conceitual. São apresentadas três análises das produções acadêmicas brasileiras, já que estas fazem parte de um contexto e de condições objetivas da realidade estudada, relacionadas com as temáticas HFC, formação de professores de Biologia, pensamento conceitual e conteúdos vinculados à teoria da herança. Esta análise apresenta os dados descritivos, identificando a historicidade e os contextos em busca da essência deste conjunto de pesquisas.

O conceito científico aqui construído faz parte de um processo de relação com outros conceitos. Um conceito nuclear é integrador ao objeto de estudo e corresponde a uma base para outros conceitos, sendo essenciais na fundamentação do conhecimento. A apropriação do conhecimento é possível a partir da compreensão do conceito nuclear, das relações conceituais e da identificação do caminho percorrido pelo movimento

investigativo que originou o objeto de estudo. O conceito representa um conjunto de métodos que converge nas relações particulares da relação abstrata (LIBÂNEO, 2009).

No segundo capítulo apresentamos, inicialmente, a articulação entre história natural e história social na constituição da Biologia enquanto Ciência. Em seguida, buscamos compreender como se constitui o movimento lógico-histórico do conceito de transmissão gênica e contextos a partir da perspectiva das correntes filosóficas de pensamento da Biologia.

No movimento de construção do concreto pensado sobre o fenômeno estudado, o terceiro capítulo visa fazer o movimento de síntese das discussões apresentadas nos capítulos I e II e exhibe uma representação da rede conceitual a partir do estudo lógico-histórico do conceito de transmissão gênica.

Considerando que o conhecimento é apreendido e analisado e reencontra o concreto nesse movimento, a análise reencontra o concreto por meio da abstração do movimento das partes ao todo, do todo às partes e das partes entre si. Entendemos, pois, que

O concreto é concreto, porque é a síntese de muitas determinações, isto é, unidade do diverso. Por isso, o concreto aparece no pensamento como o processo da síntese, como resultado, não como ponto de partida, embora seja o verdadeiro ponto de partida e, portanto, o ponto de partida também da intuição e da representação (MARX, 2008, p. 258-259).

Com o intuito de compreender a essência do conceito de transmissão gênica buscamos, por meio da síntese dos elementos essenciais ao conteúdo, em suas relações com a rede conceitual que o sustenta, apreender o movimento de constituição do conceito. “A síntese situa o momento no todo, no movimento, em seu posto, no conjunto das relações [...] é impossível que uma análise se efetue sem nenhuma síntese” (LEFEBVRE, 1991, p. 120).

Temos ciência de que não conheceremos a totalidade do conceito, afinal, entendemos que este não pode ser desvinculado da totalidade historicamente acumulada e produzida pela humanidade.

No que se refere ao conceito de transmissão gênica, é importante destacar que todo conhecimento integrado a este conceito foi também construído nas relações com os fatos históricos da sociedade aqui apontados, visto que “a totalidade concreta não é um método para captar e exaurir todos os aspectos, caracteres, propriedades, relações e processos da realidade; é a teoria da realidade como totalidade concreta” (KOSIK, 2011, p. 44).

Buscamos, assim, neste terceiro capítulo, trabalhar o papel do pensamento por conceito na formação de professores, tendo em vista que por ele podemos pensar o lógico e

o histórico do conceito de transmissão gênica e as possíveis mediações pedagógico-didáticas a serem estabelecidas no processo de apropriação conceitual. Finalizamos a discussão com a problematização das concepções e as atuais políticas de formação de professores.

Retomamos o problema de pesquisa nas considerações finais e buscamos reforçar a importância do desenvolvimento do pensamento conceitual no professor de Biologia em formação a fim de que ele consiga articular as relações entre história natural, história social e o pensamento conceitual da Biologia, na especificidade do conceito de transmissão gênica.

CAPÍTULO I

FORMAÇÃO DE PROFESSORES, HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O PENSAMENTO CONCEITUAL: O QUE AS PRODUÇÕES ACADÊMICAS NOS APONTAM

No exercício de compreensão da relação entre pensamento por conceito e formação de professores de Biologia, que constitui o objeto desta pesquisa, este capítulo busca apreender as concepções que demarcam a realidade concreta da produção acadêmica sobre essas temáticas. Entendemos que as discussões já efetivadas pela HFC sobre a formação de professores e o ensino de Ciências/Biologia podem representar o caminho inicial de um exercício reflexivo e crítico sobre os fundamentos básicos do pensamento teórico, possibilitando uma finalidade educativa mais robusta e com possibilidade emancipadora, na qual o processo de formação docente seja pautado na lógica de um profissional aqui denominado por “intelectual-crítico”.

Duarte (2006) explica que não é tarefa fácil conceituar um intelectual-crítico e que tal ação depende da perspectiva filosófico-ontológica a partir da qual ela é abordada. Um intelectual pode ser assim qualificado pelo tipo de atividade que realiza, atividade esta inserida na totalidade das relações sociais; ou, ainda, pelo tipo de posição que ocupa na divisão social do trabalho. Sabe-se também que a formação dos intelectuais é organizada pela sociedade objetivando colocá-los a serviço da reprodução material e espiritual da sociedade burguesa.

O profissional intelectual-crítico no qual nos pautamos, todavia, reconhece e cria condições de superação da sociedade que se estrutura sobre relações de dominação de uma classe social sobre outra. Para tanto, ele tem o auxílio de uma teoria crítica, afinal, não há

pensamento crítico sem o aporte de conteúdo; somente o conteúdo, ou seja, a teoria crítica, é capaz de levá-lo a compreender como e com que intensidade a educação contribui para a reprodução dessas relações. As teorias críticas dão, pois, subsídios teóricos para que o intelectual reconheça a marca da contradição entre humanização e alienação. Sendo assim, o principal foco das teorias críticas, no que diz respeito à formação do intelectual-crítico, se caracteriza pela “ perspectiva da necessidade de superação da organização societária atual, isto é, a superação da sociedade regida pelo capital” (DUARTE, 2006, p. 94).

A este profissional, no âmbito da educação, cabe o papel de abordar de maneira dialética as relações entre a objetivação histórica do gênero humano e a formação social do indivíduo, sendo necessário assumir um posicionamento contrário à seletividade no processo de distribuição social do conhecimento pelo sistema escolar, defendendo um currículo escolar que promova a apropriação por todos os alunos do patrimônio científico, artístico e filosófico construído até aqui. Com seu auxílio o estudante se propõe a compreender as coisas em si e a transformar a realidade, superando as mazelas da sociedade capitalista (DUARTE, 2006).

A alienação capitalista separa o homem de seu trabalho e de sua identidade humana, social, na qual este não se reconhece no que produz, não conhece o sistema produtivo e não se interessa pela causa pública. Esta se constitui atividade produtiva construída em determinadas condições históricas e é demarcada por uma relação social que impõe ao homem determinadas formas de pensar e agir. Mesmo que determinante, entendemos que a alienação capitalista “é uma forma construída historicamente e, desta forma, tal como foi construída, pode ser superada” (FAVORETO; FIGUEIREDO; ZANARDINI, 2017, p. 983).

Defendemos, portanto, nesta investigação, que o processo de formação docente seja fundamentado na formação de profissionais intelectuais-críticos por meio não só da apropriação dos conteúdos científicos, mas também da compreensão de que estes conteúdos só têm sentido quando considerados na relação com os contextos socioculturais da escola, visto que esta perspectiva possibilita um avanço qualitativo no desenvolvimento humano.

Para que se realize o processo de apropriação dos conhecimentos na forma de conceitos é necessária uma transformação no desenvolvimento psíquico, propiciando novas capacidades intelectuais para a apropriação de conhecimentos em níveis mais complexos. Nesse sentido, a relação entre a formação e o trabalho do professor é condição necessária para ajudar o estudante a mobilizar suas capacidades intelectuais para apropriação dos

conceitos. É também condição essencial ao professor conhecer o conteúdo, os métodos e os procedimentos investigativos da Ciência ensinada (LIBÂNEO, 2015).

Assim, no processo de aproximação do objeto, fizemos uma investigação sobre o que já havia de discussões científicas que articulassem as temáticas HFC¹, pensamento conceitual e formação de professores de Biologia. Em busca de conhecer a singularidade das pesquisas, apresentamos uma análise em um movimento de conhecimento das estruturas dos trabalhos, historicidade e contradições que os caracterizam.

Na primeira seção discutiremos o movimento de compreensão do objeto de conhecimento e os processos e caracterização da revisão de literatura. Posteriormente, apresentaremos uma análise sobre as concepções que demarcam as pesquisas acadêmicas analisadas acerca da HFC e da formação de professores e apontaremos, por fim, as relações entre a formação do pensamento conceitual e o conhecimento de Biologia.

1.1 O movimento de compreensão do objeto de conhecimento

A lógica dialética se refere a uma estrutura/sistema de categorias pela qual se busca apreender o movimento da realidade. O método materialismo histórico-dialético (MHD), como referencial teórico que fundamenta esta investigação, procura compreender o fenômeno para além da aparência. Ao se afirmar na busca pela essência ele demanda apreender esse movimento – a categoria está, pois, na realidade; diante disso, o que buscamos apresentar é resultado do que é possível apreender desse movimento (KOSIK, 2011).

A revisão bibliográfica se apresenta aqui como um ponto de partida da investigação e caminho para as análises e sínteses estabelecidas sobre os conhecimentos já produzidos referentes às temáticas em estudo. Essa revisão não visa isolar um ou outro aspecto empírico, coletar um ou outro dado para análise ou ainda se constituir em uma mera descrição do fenômeno. Ela busca mapear, examinar, estabelecer categorias de análise, evidenciar os diversos enfoques e concepções apresentadas com a finalidade de apreender a realidade e revelar o fenômeno em seu próprio processo de desenvolvimento como condição para se determinar os aspectos essenciais do fenômeno em questão (VOSGERAU; ROMANOWSKI, 2014).

A revisão em si não leva à compreensão da “essência” de um fenômeno ou do objeto de investigação, mas é uma determinação necessária, desde que o investigador

¹ Nas revisões sistemáticas de literatura aqui apresentadas utilizaremos a sigla HFC para retratar todas as variáveis que tangem as discussões sobre história e filosofia de conteúdos biológicos.

consiga fazer uma síntese dialética da produção do conhecimento já existente sobre seu objeto de pesquisa. Investigações que partem desta perspectiva auxiliam na compreensão sobre o que já existe de pesquisas que abarcam o objeto de análise em questão, contribuindo com os estudos, discussões e avanços destes trabalhos, e promovendo possíveis inclinações para os próximos estudos.

Na busca por compreender as relações que constituem o objeto desta dissertação e refinar o problema e objetivos propostos, optamos por investigar o que tem sido pesquisado sobre a temática e fazer, a partir desse levantamento, três revisões de literatura com vistas a fundamentar de forma mais significativa a estrutura do referido objeto desta pesquisa. Os três levantamentos bibliográficos foram realizados a partir do site da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e não contou com delimitação temporal (Quadro 1).

Quadro 1 - Levantamento e revisões de literatura

Revisão	Data de Busca	Objetivos	Descritores (Sempre utilizados ora em conjunto, ora de forma isolada)	Total de trabalhos analisados
Relações entre HFC e formação de professores	Junho de 2018	Compreender quais as concepções de formação de professores e de HFC que demarcam as produções acadêmicas que pesquisam esta relação para o ensino-aprendizagem de conhecimentos biológicos.	• história e filosofia da Ciência; • formação de professores; • Biologia.	11
Relações entre o pensamento conceitual e a Biologia	Novembro de 2018	Identificar teses e dissertações que versem sobre o pensamento conceitual de conteúdos biológicos, fundamentados pela teoria histórico-cultural e o ensino desenvolvimental.	• pensamento conceitual; • conceito; • Biologia; • teoria histórico-cultural; • ensino desenvolvimental.	5
Relações entre HFC e um conhecimento biológico constitutivo da rede conceitual direta à Teoria da Herança	Agosto de 2019	Contribuir com elementos conceituais para constituição do conhecimento lógico-histórico e filosófico do conceito transmissão gênica.	• história e filosofia da ciência; • Biologia; • Genética; • transmissão gênica; • Teoria da Herança.	17

Fonte: elaborado pela autora (2020).

Em todas as buscas foram utilizados descritores inseridos nos caminhos de busca avançada, ora eles eram pesquisados de forma concomitante, ora pesquisados juntos e em separado, de forma intercalada. Inicialmente foi realizada a leitura dos títulos das teses e dissertações e aqueles que apresentavam relação com o objeto de pesquisa eram separados para que fosse feita a leitura e análise do resumo e das palavras-chave. De acordo com essas leituras iniciais, foi possível selecionar as produções acadêmicas que abordavam a temática em estudo para que pudessem compor o *corpus* final das revisões. Estas produções selecionadas foram lidas na íntegra. As análises destas pesquisas serão apresentadas e discutidas principalmente neste capítulo e ponderadas ao longo desta dissertação.

O primeiro levantamento bibliográfico objetivou promover uma análise de dissertações e teses que articulavam as temáticas “Formação de Professores de Biologia” e “História e Filosofia da Ciência” a fim de compreender quais as concepções de formação de professores e de HFC demarcavam essas produções acadêmicas brasileiras no que diz respeito a sua relação com o ensino e aprendizagem de conhecimentos biológicos.

Ao navegar na BDTD foram encontrados 273 trabalhos relacionados à temática. Deste total, apenas 12 articulavam a HFC à formação de professores de Biologia. Uma das dissertações encontradas apresentou como palavra-chave “Formação de Professores”, porém não fazia uma discussão sobre o processo de formação ao longo de toda a pesquisa, por isso ela foi descartada ao longo do processo. Tivemos, ao final, onze trabalhos selecionados que efetivamente articulavam as temáticas em estudo, sendo oito dissertações e três teses (Quadro 2).

Quadro 2 - Teses e Dissertações que contemplam as temáticas “História e Filosofia da Ciência” e “Formação de Professores”. D – Dissertação; T – Tese

Ano/ Cód.		Título	Autor(a)	Orient. (a)/ Coorient. (a)	PPG	IES	Região
2002	T ₁	O movimento do sangue no corpo humano: história e ensino	Nadir Castilho Delizoicov	Edel Ern Maria Helena da Silva Carneiro	Educação	UFSC	Sul
2008	T ₂	Uma aproximação didática por meio da história do conceito de circulação sanguínea	Sérgio Guardiano Lima	Marcelo Carbone Carneiro	Educação para a Ciência	UNESP	Sudeste

2009	D ₁	Relatos dos professores de ciências sobre a Natureza da Ciência e sua relação com a História e a Filosofia da Ciência	Edson Rodrigues Santana	Aginaldo Arroio	Educação, área de concentração em ensino de Ciências e Matemática	USP	Sudeste
2010	D ₂	História e Filosofia da Biologia na formação inicial de professores: reflexões sobre o conceito de evolução biológica	Andre Luis Correa	Ana Maria de Andrade Caldeira Fernanda Aparecida Meglhioratti	Educação para a Ciência, área de concentração em Ensino de Ciências	UNESP	Sudeste
2011	T ₃	História e Filosofia da Ciência no ensino De Ciências Naturais: O consenso e as perspectivas a partir de documentos oficiais, pesquisas e visões dos formadores	Kilwangy Kya Kapitango-A-Samba	Elio Carlos Ricardo	Educação	USP	Sudeste
2013	D ₃	História e Filosofia das Ciências na educação científica: percepções e influências formativas	Maria Elba Soares	Claudia Christina Bravo e Sá Carneiro Raquel Crosara Maia Leite	Educação Brasileira	UFCE	Nordeste
2014	D ₄	A abordagem Histórica e Filosófica da Ciência no curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Sergipe - campus São Cristóvão	Leonardo Ferreira de Almeida	Carmem Regina Parisotto Guimarães	Ensino de Ciências Naturais e Matemática	UFS	Nordeste
	D ₅	Características da base de conhecimentos de professores no ensino de biologia celular a partir de um curso de formação continuada	Júlia Katzaroff Ballerini	Sílvia Regina Quijadas Aro Zuliani Maria Terezinha Siqueira Bombonato	Educação para a Ciência	UNESP	Sudeste
2015	D ₆	Síntese Estendida: uma investigação histórico-filosófica	Luiz Felipe Reversi	João José Caluzi	Educação para a Ciência	UNESP	Sudeste
	D ₇	Contribuições da história e filosofia da ciência para a formação inicial de professores de ciências e biologia: limites e possibilidades	Maycon Raul Hidalgo	Alvaro Lorencini Júnior	Educação para Ciências e Matemática	UEM	Sul
2017	D ₈	História e Filosofia da Ciência: evolução das pesquisas em ensino de ciências e análise da perspectiva docente sobre essa abordagem	Laís de Jesus Carvalho	Carmen Regina Parisotto Guimarães Myrna Friederichs Landin de Souza	Ensino de Ciências e Matemática	UFS	Nordeste

Fonte: elaborado pela autora (2020).

O segundo levantamento, realizado em novembro de 2018, objetivou identificar teses e dissertações que versassem sobre o pensamento conceitual de conteúdos biológicos. Ao todo foram encontrados setenta e oito trabalhos, dos quais apenas cinco articulavam a temática do estudo com conceitos em Biologia (Quadro 3).

Quadro 3 - Teses e dissertações que versam sobre o pensamento conceitual em Biologia

Fonte: elaborado pela autora (2020).

Ano/Cód.		Título	Autor(a)	Orientador(a)	PPG	IES	Região do PPG
2010	D ₉	Estudo de conceitos de seres vivos nas séries iniciais	Darcy Ribeiro de Castro	Nelson Rui Ribas Bejarano	Ensino, Filosofia e História das Ciências	UFBA	Nordeste
2013	D ₁₀	A construção de conceitos científicos no estudo do tema “origem da vida”	Camila Grimes	Edson Schroeder	Educação	FURB	Sul
2015	T ₄	Ação mediada em aulas de Biologia: um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular	Patrícia Silveira da Silva Trazzi	Ivone Martins de Oliveira	Educação	UFES	Sudeste
2017	D ₁₁	A experimentação no ensino de Biologia: contribuições da teoria do ensino desenvolvimental para a formação do pensamento teórico	Edna Sousa de Almeida Miranda	Sandra Valéria Limonta Rosa	Educação	UFG	Centro-Oeste
2018	D ₁₂	A mediação docente dos conceitos básicos da genética para alunos com deficiência intelectual	Juliana Caixeta Padilha	Maria Izabel Barnez Pignata	Ensino na Educação Básica	UFG	Centro-Oeste

Nessa etapa da pesquisa foram utilizados descritores a fim de identificar as pesquisas que trabalharam com o mesmo referencial adotado nesta pesquisa. Primeiramente a busca foi realizada com os descritores “Biologia”, “teoria histórico cultural” e “conceito” – foram encontrados 86 trabalhos. Em uma segunda busca utilizamos os descritores “ensino desenvolvimental”, “Biologia” e “conceito” – nessa etapa encontramos mais dois trabalhos. Na terceira busca utilizamos os descritores “Biologia”, “teoria histórico cultural”, “ensino desenvolvimental” e “pensamento conceitual” – nesta terceira busca encontramos apenas um trabalho.

É preciso ratificar que a revisão que nos propomos a fazer objetiva compreender não só como os professores de Biologia discutem e pensam a formação de conceitos, mas também conhecer os trabalhos que discutem essa temática, que foram pautados pelo mesmo referencial teórico.

Na busca por compreender um pouco mais sobre a historicidade que envolve a teoria da herança e a formação do conceito de transmissão gênica que, como já mencionado, interessa ao nosso estudo, investigamos essa temática na mesma base de dados com o intuito de encontrar trabalhos com elementos conceituais que nos ajudassem

no estudo lógico-histórico e filosófico dessa teoria – da antiguidade à contemporaneidade. Este constituiu nosso terceiro levantamento e foi feito em agosto de 2019.

Para o terceiro levantamento utilizamos os descritores “história e filosofia da ciência” e “genética” – foram encontrados 98 trabalhos. Ao utilizarmos os descritores, “biologia”, “história e filosofia da ciência” e “teoria da herança” encontramos apenas um trabalho. Realizamos a busca utilizando também os seguintes descritores: “história e filosofia da ciência”, “biologia” e “genética” e com eles conseguimos identificar 32 trabalhos.

Foram obtidos ao todo cento e trinta trabalhos, dos quais apenas dezessete articulavam um conhecimento biológico constitutivo da rede conceitual direta à Teoria da Herança sob o olhar da HFC. Esse *corpus* se constituiu de três teses e catorze dissertações, publicizadas a partir do ano de 1997 (Quadro 4).

Quadro 4 - Teses e dissertações que articulam um conhecimento científico da Teoria da Herança à discussão da História e Filosofia da Ciência

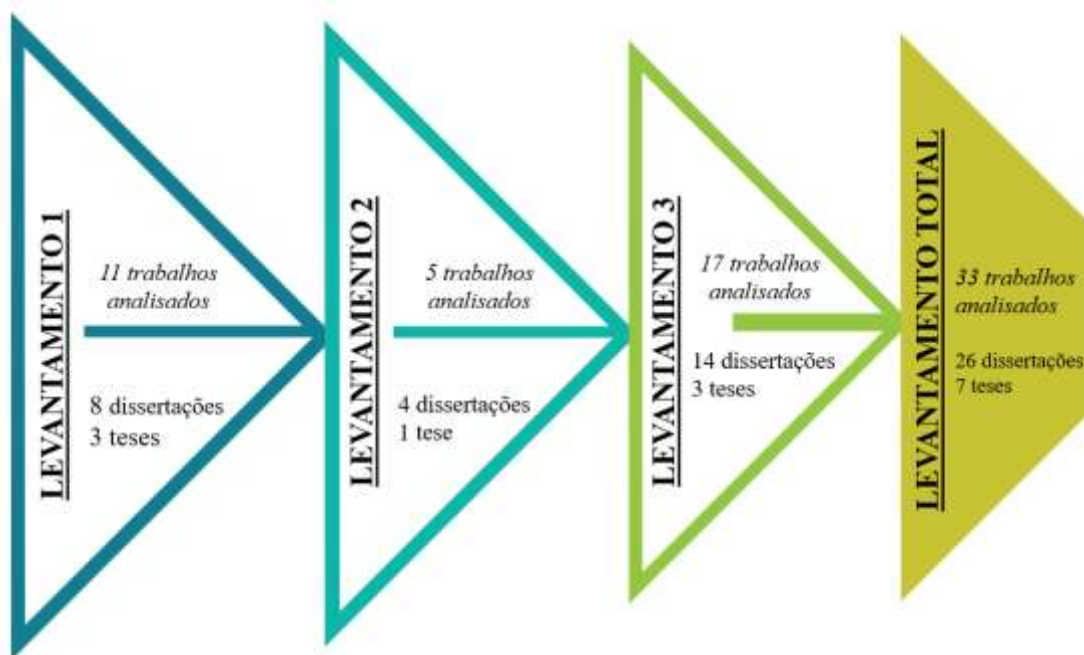
Ano/ Cód.	Título	Autor(a)	Orientador(a)	PPG	IES	Região do PPG
1997 T ₅	A teoria cromossômica da herança proposta, fundamentação, crítica e aceitação	Lilian Al-Chueyr Pereira Martins	Roberto de Andrade Martins	Genética	UNICAMP	Sudeste
2001 D ₁₃	Ensino de genética e história de conceitos relativos à hereditariedade	Lourdes Aparecida Della Justina	Nadir Ferrari	Educação	UFSC	Sul
2004 T ₆	A produção coletiva do conhecimento científico: um exemplo no ensino de genética	Raquel Crosara Maia Leite	Nadir Ferrari Demétrio Delizoicov (Co-orient.)	Educação	UFSC	Sul
2007 D ₁₄	Epigênese radical - A perspectiva dos sistemas desenvolvimentais	João Francisco Botelho	Gustavo Andrés Caponi	Filosofia	UFSC	Sul
2008	T ₇	Ana Paula Oliveira Pereira de Moraes Brito	Lilian Al-Chueyr Pereira Martins	Ensino de Ciências e Educação Matemática	PUC-SP	Sudeste
	D ₁₅	Sandra Regina Gimenez Rosa	Marcos Rodrigues da Silva Londrina	História da Ciência	UEL	Sul

2009	D ₁₆	Genes: questões epistemológicas, conceitos relacionados e visões de estudantes de graduação	Leyla Mariane Joaquim	Charbel Niño El-Hani	Ensino, Filosofia e História das Ciências	UFBA	Nordeste
2010	D ₁₇	Os estudos de Avery, Macleod e McCarty e a ideia do DNA como responsável pela hereditariedade: interpretações historiográficas e apontamentos para o ensino de Biologia	Caroline Belotto Batisteti	João José Caluzi Elaine Sandra Nicolini Nabuco de Araujo (Co-orient.)	Educação para a Ciência	UNESP/ Campus de Bauru	Sudeste
2013	D ₁₈	O tratamento dado à história da Biologia nos livros didáticos brasileiros recomendados pelo PNLEM-2007: análise das contribuições de Gregor Mendel	Fabricio Barbosa Bittencourt	Maria Elice Brzezinski Prestes	Ensino de Biologia	USP	Sudeste
	D ₁₉	Mendel: pai da genética ou um membro de uma tradição Científica?	Fernando Gianetti Fiorin	Marcos Rodrigues da Silva	Ensino de Ciências e Educação Matemática	UEL	Sul
	D ₂₀	História da Biologia e ensino: contribuições de Ernst Haeckel (1834-1919) e sua utilização nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2012 – Ensino Médio	Marcelo Viktor Gilge	Maria Elice Brzezinski Prestes	Instituto de Biociências Genética	IB - USP	Sudeste
2015	D ₂₁	A história da Ciência como subsídio para a construção do conhecimento do conceito da dupla hélice	Marilane de Jesus Ferreira	Mariana Aparecida Bologna Soares de Andrade	Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza	UTFPR	Sul
	D ₂₂	A racionalidade Genética no pensamento evolutivo	Leonardo Augusto Luvison Araújo	Aldo Mellender de Araújo	Genética e Biologia Molecular	UFRGS	Sul
	D ₂₃	O desenvolvimento do conceito de <i>linkage</i> (1902-1915): uma contribuição histórica para o ensino de genética	Ariane Brunelli	Lilian Al-Chueyr Pereira Martins	Ensino de Ciências	USP	Sudeste
2016	D ₂₄	O conceito de gene em livros didáticos de Biologia Celular e molecular do ensino superior	Neima Alice Menezes Evangelista	Charbel Niño El-Hani	Ensino, Filosofia e História das Ciências	UFBA	Nordeste
2017	D ₂₅	Visões sobre genes de pesquisadores em genética, biologia molecular e genômica em diferentes níveis de formação	Leonardo Celin Patiño (UFBA)	Charbel Niño El-Hani Ana Maria Rocha de Almeida (Co-orient.)	Ensino, Filosofia e História das Ciências	UFBA	Nordeste
	D ₂₆	Conceitos e transposição didática de genótipo e fenótipo: uma análise de livros didáticos	Aline Alves da Silva	Lourdes Aparecida Della Justina	Educação	Unioeste	Sul

Fonte: elaborado pela autora (2020).

Cientes de que a produção acadêmica que compõe o *corpus* de revisão desta pesquisa representa a produção de conhecimento em sua construção humana social e histórica, totalizamos nosso estudo inicial com 33 trabalhos (Figura 2).

Figura 2 - Detalhamento dos trabalhos analisados



Fonte: elaborada pela autora (2020).

As análises e discussões das temáticas que emergem dos três levantamentos constituem o movimento desta pesquisa no sentido de nos apropriarmos do objeto. A partir das análises e discussões referentes aos trabalhos selecionados nosso objeto foi ficando cada vez mais claro e específico, o que nos permitiu compreender seu movimento de construção, sua formação, recorrências e lacunas.

Vale ressaltar que no decorrer dessa revisão de literatura não foi identificada nenhuma pesquisa que trabalhasse especificamente com o desenvolvimento histórico do conceito de transmissão gênica, ou que ao menos entendesse este conceito como sendo central e integrador da Biologia. Assim, identificamos o ineditismo desta pesquisa que se caracteriza, como mencionado, pelo fato de focar na investigação acerca do conceito de transmissão gênica.

1.2 Processos e caracterização da revisão de literatura: o primeiro olhar para a temática

Como não houve delimitação prévia de período, o recorte da produção acadêmica abarcou as publicações feitas entre os anos de 1997 e 2018. Este dado nos chama a atenção, pois, apesar de muitos pesquisadores da área da Educação em Ciências apresentarem argumentos a favor da inserção da HFC no ensino, há pouco tempo se discute a relação entre essa temática (HFC) e sua contribuição para o ensino no meio acadêmico brasileiro.

A preocupação com a inclusão da perspectiva histórica no ensino de Ciências, no entanto, não é um fato novo (SHERRATT, 1982). De acordo com Prestes e Caldeira (2009), no século XIX a Associação Britânica para o Avanço da Ciência (BAAS), na Grã-Bretanha, já solicitava que fossem ensinados aos estudantes o movimento de construção e investigação de um conhecimento científico, reforçando a ideia do filósofo e pedagogo John Dewey.

No que se refere aos levantamentos realizados nesta pesquisa, percebemos uma predominância de trabalhos nas regiões Sudeste (treze - T₂, T₃, T₄, T₅, T₇, D₁, D₂, D₅, D₆, D₁₇, D₁₈, D₂₀ e D₂₃) e Sul (onze - T₁, T₆, D₇, D₁₀, D₁₃, D₁₄, D₁₅, D₁₉, D₂₁, D₂₂ e D₂₆) do Brasil. Outras sete pesquisas ocorreram na região Nordeste (D₃, D₄, D₈, D₉, D₁₆, D₂₄ e D₂₅) e duas na região Centro-Oeste (D₁₁ e D₁₂) (Figura 3).

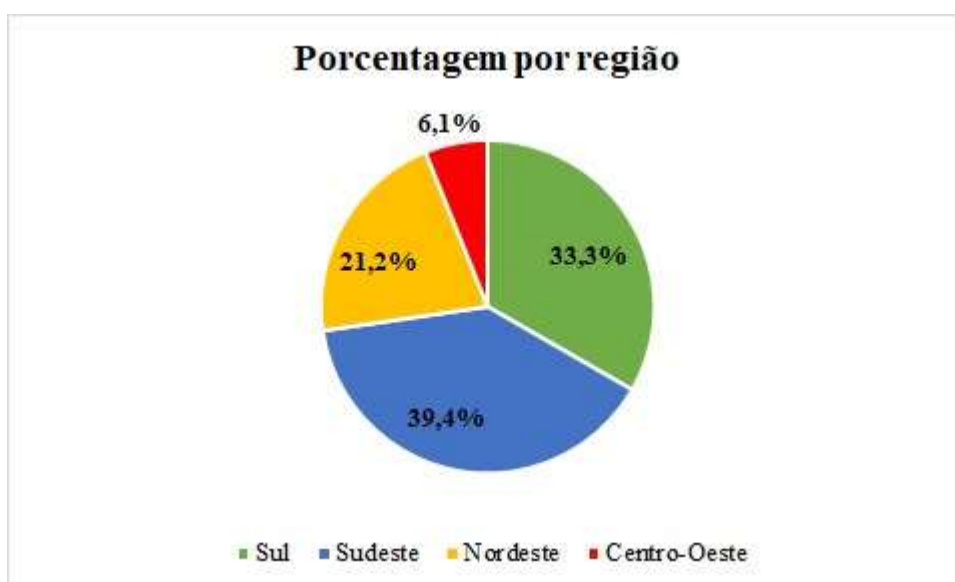


Figura 3 - Levantamento das revisões de literatura – distribuição por regiões do país

Fonte: elaborada pela autora.

Tais constatações ratificam os apontamentos feitos por Megid Neto (1999, p. 4) em sua pesquisa realizada na década de 1990, na qual verificou que “até os primeiros anos da década de 90 a maior parte dos programas de mestrado e de doutorado na área de Educação concentrava-se no Sudeste (58,6%) e no Sul (20,0%) do país”. É relevante perceber que após 20 anos a produção sobre a temática se mantém em percentual similar no somatório das regiões Sul e Sudeste, embora se perceba uma melhor distribuição das produções entre as duas regiões. Tal dado pode nos indicar que os pesquisadores desta temática estão ficando nas regiões onde defenderam suas pesquisas ou mudaram de área após a defesa.

Verificamos também, neste levantamento, que a região Norte do país ainda não possui pesquisa sobre o tema; já as regiões Nordeste e Centro-Oeste se desenvolveram um pouco neste estudo. Este resultado também corrobora as afirmações feitas por Megid Neto (1999) em seu estudo. Nele ela conclui que se faz necessário ampliar programas de pós-graduação em Educação em Ciências nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, aumentar o número de vagas e criar, nas instituições acadêmicas já existentes nessas regiões, núcleos de estudo e pesquisa com interesses voltados para essa área.

O fato do PPG em Educação para a Ciência, área de concentração em ensino de Ciências da Faculdade de Ciências (UNESP), apresentar a maioria dos trabalhos encontrados se justifica pelo fato dele ter sido um dos primeiros a se credenciar junto à Capes na área de ensino de Ciências e Matemática, iniciando suas atividades em 1997. Desde o seu início o Programa vem implementando parcerias nacionais e internacionais com grupos de pesquisa e instituições diversas e programas interinstitucionais, incentivando a reflexão sobre os processos envolvidos na construção dos conhecimentos científicos e contribuindo para a produção de conhecimentos filosóficos, científicos e pedagógicos destinados à formação de professores (NARDI, 2009).

Um fato que chama a atenção nas análises do *corpus* é a recorrente discussão que se faz em relação ao livro didático. Catorze pesquisas (T₂, T₄, T₆, D₆, D₁₅, D₁₆, D₁₇, D₁₈, D₁₉, D₂₀, D₂₁, D₂₃, D₂₄ e D₂₆) analisaram os conceitos biológicos em livros didáticos (LD). O interesse destas pesquisas vem aumentando desde a década de 1970, em âmbito nacional e internacional, tendo em vista a importância do LD no processo de ensino-aprendizagem (PINHEIRO, 2018).

A importância do LD no cenário educacional brasileiro tem justificado investigações sobre sua produção e apropriação no campo educacional. No ensino de Ciências, eles são identificados como os materiais educativos mais investigados tanto em artigos quanto em dissertações e teses. O que mais é analisado nesses livros são os

conteúdos de ensino. Essas investigações são de grande valor, já que os livros didáticos constituem um recurso de fundamental importância, representando, em muitos casos, o único material de apoio didático disponível para alunos e professores (FERREIRA; SELLES, 2004).

Os trabalhos encontrados abordam a relevância de análise dos LD, identificando-os como um instrumento pedagógico fundamental, por meio do qual os alunos são introduzidos na aprendizagem de uma disciplina científica. Ressaltam ainda que a adesão à lógica da HFC como abordagem de ensino pode auxiliar na composição dos materiais históricos produzidos pelos autores de LD e criticam nos livros a ausência de uma abordagem histórica e filosófica que torne possível que professores e estudantes lidem de modo consciente com o conhecimento a ser trabalhado.

A importância da HFC no ensino de Ciências e Biologia também demarca os editais do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para livros de Ciências (Edital PNLD 2016) e de Biologia (Edital PNLD 2015). A falta da temática foi um dos itens de exclusão de uma obra do processo de seleção. O edital de Convocação n. 01/2013 para o PNLD de Ciências da Natureza (Biologia) de 2015, por exemplo, explicitou no item “Critérios eliminatórios da área de Ciências da Natureza” a demanda de observar se a obra analisada “desenvolve os conteúdos e apresenta as atividades, de forma contextualizada, considerando (...) a dimensão histórica da produção de conhecimento (...)” (BRASIL, 2015, p. 63).

A respeito da inserção da HFC nos LD, as autoras Carneiro e Gastal (2005, p. 38) asseveram:

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.

Pinheiro (2018), ao propor uma análise de livros didáticos de Biologia aprovados pelo PNLD de 2015, evidenciou por meio de seus estudos que a forma como os conteúdos estão dispostos nos livros didáticos não possibilita a construção do pensamento biológico como um processo sócio-histórico. A mesma autora ressalta que os conteúdos fundamentais da Biologia devem ser tratados pelo livro didático dando destaque aos processos sócio-históricos, fundamentados por uma abordagem filosófica, proporcionando, assim, o processo de construção do conhecimento científico e uma visão de mundo e de

Ciência mais abrangente e crítica para os estudantes. A autora ainda acrescenta que, para usar o livro de forma crítica, é essencial que o professor apresente pensamento teórico e conceitual dos conteúdos e de todos os aspectos que envolvem o processo de ensino-aprendizagem.

Diante dos dados que compõem o *corpus* de revisão, procuraremos explicitar, nas próximas sessões, o movimento do pensamento sobre as temáticas analisadas, assim, buscaremos superar os dados sensíveis imediatos e, por meio da abstração, explicar teoricamente a realidade estudada a partir de três blocos de análise: o lugar da HFC nas produções acadêmicas, as concepções de formação de professores e a relação entre pensamento por conceito e conhecimento biológico.

1.2.1 O lugar da HFC nas pesquisas acadêmicas analisadas

Na análise do nosso *corpus* de pesquisa, os 33 trabalhos, verificamos que 15 desses trabalhos se propuseram a discutir diretamente a HFC articulada à formação de professores (T₁, T₂, T₃, T₆, D₁, D₂, D₃, D₄, D₅, D₆, D₇, D₈, D₉, D₁₇ e D₂₁); oito deles articularam a HFC com a Educação Básica (D₁₀, D₁₃, D₁₅, D₁₈, D₁₉, D₂₀, D₂₃ e D₂₆), quatro deles abordaram um estudo histórico filosófico de um conhecimento biológico sem, contudo, fazer relação com o ensino ou a formação de professores (T₅, T₇, D₁₄ e D₂₂), dois dos trabalhos analisaram a HFC na Educação Básica e no Ensino Superior (D₂₄ e D₂₅) e apenas um analisou a HFC no ensino superior (D₁₆). Três pesquisas que constituem o *corpus* do segundo levantamento referente ao pensamento conceitual de conteúdos biológicos não trazem um estudo da HFC (T₄, D₁₁ e D₁₂) porque não se propuseram a discutir essa perspectiva.

Diante dos dados levantados, é possível afirmar que dos 30 trabalhos que apresentam uma discussão sobre a HFC e a formação de professores, cinco deles trabalham a HFC como um conteúdo e 25 a apresentam como abordagem (Tabela 1).

Tabela 1 - Concepção de HFC das D&T analisadas

CONCEPÇÃO	TESES E DISSERTAÇÕES
HFC como conteúdo	D ₁ , D ₅ , D ₁₄ , D ₂₂ e D ₂₄
HFC como abordagem	T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₅ , T ₆ , T ₇ , D ₂ , D ₃ , D ₄ , D ₆ , D ₇ , D ₈ , D ₉ , D ₁₀ , D ₁₃ , D ₁₅ ; D ₁₆ ; D ₁₇ ; D ₁₈ ; D ₁₉ ; D ₂₀ ; D ₂₁ ; D ₂₃ , D ₂₅ e D ₂₆

Fonte: elaborada pela autora.

A perspectiva histórico-filosófica envolve estudos em epistemologia e metodologia de pesquisa em História da Ciência e Filosofia da Ciência, tendo em vista conhecer os

conceitos da Ciência com a qual se está lidando. Envolve também um conhecimento histórico do período estudado. O trabalho docente com a HFC pode se apresentar em duas vertentes: como conteúdo (forma) ou como abordagem/estratégia didática (conteúdo-forma) (MARTINS, 2007). Delizoicov (2002, p. 207) acrescenta ainda que

A inserção do componente histórico-epistemológico nos cursos de formação de professores tem contribuições a dar para a melhoria do ensino de ciências e de biologia, no ensino fundamental e médio. A História e a Filosofia da Ciência oportuniza ao professor não só a redimensionar a abordagem de conteúdos em sala de aula como também a melhorar a sua própria compreensão da dinâmica da disseminação e da produção de conhecimentos científicos.

A redução do conteúdo à forma ou vice-versa corresponde à lógica formal, na qual o entendimento chega a formas sem conteúdo, por meio da não-contradição, associada à racionalidade moderna e ao empirismo. Essa lógica se caracteriza por ser, também, dicotômica, a-histórica e acrítica (LEFEBVRE, 1991). O princípio dessa lógica que dicotomiza conteúdo e forma se baseia na repetição das formas ou na centralidade do conteúdo, podendo se efetivar em ação conteudista ou de uma epistemologia da prática.

Cinco dos trabalhos analisados entendem a HFC como um conteúdo. Isso ocorre quando se promove a disciplinarização desta discussão. Todavia, essas pesquisas não deixam claro a forma como deveria ser trabalhada essa perspectiva, apresentando isoladamente os aspectos históricos. Nesses trabalhos há pouca discussão do referencial teórico e epistemológico e não ocorre uma problematização da atividade pedagógica. Como um conteúdo, a HFC é tida como mais uma disciplina do processo formativo, pode se constituir em um adendo e não como uma proposta formativa, tendo em vista que não representa, nesses casos, uma forma de pensar a Ciência.

A adoção da perspectiva histórico-filosófica no ensino não assegura a integração desses conhecimentos no processo de ensino e aprendizagem, ou ainda, uma reflexão mais aprofundada por parte dos professores sobre o papel da HFC para o campo da Didática das Ciências. Também não garante, obrigatoriamente, a construção efetiva do conhecimento. A abordagem histórica deve focar nas rupturas epistemológicas e os instrumentos utilizados para esta proposta devem ser fundamentados teoricamente (CARNEIRO; GASTAL, 2005; MARTINS, 2007).

A grande maioria das pesquisas analisadas versa sobre a importância da inserção da HFC para o ensino de Ciências e/ou Biologia na educação básica e/ou na formação de professores como abordagem. Tais pesquisas defendem a abordagem não fragmentada,

desmistificada e histórica do conhecimento científico que pode contribuir para sua efetiva compreensão. Podemos aproximar os estudos de Libâneo (2015) nesta discussão, pois para o pesquisador, para compreender um conceito, é preciso reconstituir seu surgimento e desenvolvimento no movimento histórico da Ciência.

A HFC pode apresentar enfoques diferentes quando trabalhada como abordagem: o enfoque é chamado de internalista quando discute os fatores científicos, teorias, conceitos e de externalista quando dá destaque aos aspectos sociais, políticos, econômicos, luta pelo poder, fatores do espaço tempo a que a ciência foi e está exposta (MARTINS, 2005). A autora explica que um estudo pautado pela HFC que busque um conhecimento completo deve trabalhar a unidade dos dois tipos de abordagens.

Norato (2019) afirma que ao se estudar a HFC como abordagem é preciso evitar a dicotomização entre processo e produto, porém o que a autora constata em sua investigação é que as produções acadêmicas que versam sobre essa temática têm dicotomizado conteúdo e forma ao ensinar os conceitos científicos da Biologia, renunciando à HFC integradora. Ademais, evidencia que a abordagem por si só não é suficiente, sendo necessário um aporte teórico-pedagógico que fundamente o processo de ensino e aprendizagem.

A HFC utilizada como abordagem também pode se apresentar como “uma possibilidade de natureza metodológica, como uma ferramenta de apoio ao professor, alternativa de memorização dos conteúdos, estratégia motivadora de discussões, entre outros” (NORATO, 2019, p. 20). Na sua relação com o ensino de Biologia, a HFC apresenta diversas possibilidades, no entanto, compreendemos que ela se constitui em uma abordagem integradora, priorizando um ensino no qual forma e conteúdo estabelecem uma unidade dialética.

Nas pesquisas T₇, D₁₄, D₁₆, D₁₇ e D₁₈ a HFC é abordada como uma possibilidade de natureza metodológica, ou seja, é priorizada como uma forma de ensinar. Contudo, a forma, ao ser separada do conteúdo, se traduz em um equívoco, pois quando se encontra separada traz dilemas sobre os fundamentos desta verdade, ficando restrito ao metafísico, esquecendo da construção racional do pensamento no empírico durante o processo. Ao centrar na metodologia (empírico) e esquecer do conteúdo, resulta em um ensino como um protocolo de passos que deve ser seguido, não levando em consideração as especificidades do processo histórico de sua produção e das relações socioculturais dos estudantes.

Como exemplo desse raciocínio podemos citar o trabalho D₁₈; nele afirma-se que que a perspectiva da História da Ciência pode também ser “aplicada” no ensino de

Biologia, bem como em outras disciplinas. Essa afirmação representa uma contradição para a perspectiva da HFC como abordagem. O pesquisador, ao apresentar a HFC como uma aplicação ao ensino, a desconsidera como um conhecimento que constitui um modo de pensar. Corroborando com Rosa (2015), entendemos que ensinar não é simplesmente conhecer os conteúdos das disciplinas e apresentá-los aos alunos em determinado momento. Para ensinar faz-se necessário que o docente, ao realizar a mediação pedagógica, tenha uma fundamentação teórica “da história e das finalidades sociais e políticas da educação escolar, dos conteúdos escolares, dos processos psicológicos de aprendizagem e dos métodos e técnicas didáticas adequadas” (p. 6).

A HFC quando adotada não como conteúdo, mas como uma abordagem em uma perspectiva de reflexividade crítica, pode promover uma aprendizagem crítica, reflexiva, criativa e situada sócio e historicamente. Ela pode ser apresentada como uma estratégia didática, coadjuvante na formação de cidadãos críticos e, também, como um instrumento que colabora para revelar a realidade da construção do conhecimento científico e das suas implicações políticas, sociais, econômicas e ambientais (SAMBA, 2011). Para que seja entendida como estratégia didática contextualizada e incorporada no processo de construção do conhecimento, e não como um conteúdo ou metodologia a mais a ser trabalhado, é preciso superar a lógica formal no intuito de oferecer uma aprendizagem efetiva para a emancipação intelectual dos sujeitos.

A HFC é identificada, por sua vez, pelo trabalho D₂₆ como mediadora no processo de ensino-aprendizagem, não devendo ser considerada uma metodologia de ensino, mas sim uma ferramenta a ser utilizada para conduzir as reflexões que corroborem a elucidação da construção do conhecimento. Porém, no decorrer de suas análises, não apresenta o conceito de mediação ou o que a pesquisadora entende por mediação.

A mediação e a clareza na intencionalidade pedagógica são as estruturas da atividade pedagógica que podem propiciar excelentes condições de transformação das relações que o estudante mantém com o professor e o saber. Libâneo (2011) assegura que a melhor maneira de realizar a mediação didática pelo trabalho dos professores “é o provimento aos alunos dos meios de aquisição de conceitos científicos e de desenvolvimento das capacidades cognitivas e operativas, dois elementos da aprendizagem escolar interligados e indissociáveis” (p. 6).

A busca pela superação da oposição entre a forma e o conteúdo corresponde à lógica dialética. Para romper tal dicotomia é necessário compreender o movimento entre estas, uma vez que a lógica formal se fundamenta na constituição do pensamento imediato,

ou seja, quando acessamos a esta na sua forma pura, onde não se apresenta a essência do conteúdo. A compreensão do movimento enquanto unidade de contraditórios, na relação entre forma e conteúdo e por meio da síntese dos elementos essenciais ao conteúdo, em suas relações com a rede conceitual que o sustenta, nos possibilita compreender o movimento de constituição da Ciência (LEFEBVRE, 1991). Neste sentido, a relação forma e conteúdo deve ser “o ponto de partida, que ultrapasse os muros da escola e proporcione correlações advindas das análises macro e micro” (VIDIGAL; DIAS; FRANCO, 2017, p. 613).

As pesquisas que trabalham a HFC como abordagem ressaltam a importância de um enfoque histórico, social e cultural nos processos de formação dos conceitos científicos e formação de professores. Ela poderia ter sido abordada, também, de forma separada, como história ou como filosofia da Ciência, mas permaneceu apresentada apenas sob a perspectiva de abordagem e não como uma disciplina, conteúdo ou conceito a ser trabalhado.

Em defesa da HFC como abordagem, essas pesquisas entendem que ela é uma ferramenta na formação docente e deve permear, de forma didática, todas as disciplinas biológicas para que possam ser minimizados os problemas de sua implementação no processo de ensino. Não como maneira de descrever a história ou acumular conhecimento sobre a história, mas como mecanismo capaz de propiciar uma análise crítica das condições da criação e apropriação do conhecimento científico. Acrescentam ainda que o movimento da HFC no ensino de Ciências apresenta preceitos acadêmicos ou políticos que justificam a reflexão e a ação investigativa na práxis educativa.

Superar a concepção de HFC como conteúdo a ser ensinado, indo em direção à HFC como abordagem integradora, requer um conhecimento histórico, ontológico e epistemológico da Ciência a ser trabalhada.

1.2.2 A formação de professores nas pesquisas acadêmicas analisadas

No *corpus* analisado foram encontradas quinze pesquisas que discutem a formação de professores. Ao analisarmos as concepções que a fundamentam, identificamos que onze trabalhos se pautam em uma perspectiva de formação de professores crítica e quatro em uma perspectiva reflexiva (Tabela 2).

Tabela 2 - Concepção de formação de professores das D&T analisadas

CONCEPÇÃO	TESES E DISSERTAÇÕES
Reflexiva	D ₂ , D ₃ , D ₅ e D ₈
Crítica	T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₆ , D ₁ , D ₄ , D ₆ , D ₇ , D ₉ , D ₁₇ e D ₂₁

Fonte: elaborada pela autora.

De acordo com Duarte (2003, p. 620), a formação do professor reflexivo é pautada pela “epistemologia da prática” em que

a escola deve deslocar seu foco de atenção do conhecimento escolar para o conhecimento tácito (cotidiano), deve deixar de considerar o saber escolar superior ao saber cotidiano e deve valorizar as formas de percepção e pensamento próprias da prática cotidiana.

O mesmo autor afirma que esta perspectiva é, portanto, fundamentada pela desvalorização do papel do conhecimento científico/teórico/acadêmico na formação do professor. Se o conhecimento tácito, cotidiano, pessoal é o mais valorizado na escola, então o trabalho do professor deixa de ser o de mediar os conhecimentos mais desenvolvidos e ricos que a humanidade vem construindo ao longo de sua história.

Ao pensarmos criticamente nos fundamentos da epistemologia da prática percebemos que esta concepção se mostra sem perspectivas para promover a transformação social, ou seja, se constitui em reflexão que não avança para a constituição de uma práxis transformadora. Afinal, não exige do professor a compreensão da estrutura e das relações interdisciplinares de sua disciplina, muito menos a compreensão da realidade histórica e sociocultural na qual está envolvido. Em tal concepção ocorre a priorização da prática e o recuo da teoria, ou o uso mínimo dela, respondendo ao praticismo (SOUZA; MAGALHÃES, 2016).

A perspectiva praticista da centralidade das metodologias nos revela uma intencionalidade do Estado neoliberal em tornar os sujeitos da aprendizagem os únicos responsáveis pela sua própria formação, retirando do Estado a responsabilidade formativa e as limitações impostas pelo próprio sistema (DUARTE, 2001).

Embora alguns dos trabalhos (T₂, D₁ e D₂₁) afirmem se posicionar a favor de uma perspectiva crítica, apresentam elementos de uma lógica que permeia a epistemologia da prática, visto que defendem que a reflexão sobre a prática docente, por si só, contribuirá para o redirecionamento e aperfeiçoamento da ação docente. O docente pautado pela lógica das práticas ou do conteudismo ou, ainda, das competências, tem dificuldade de ter noção

sobre a totalidade do processo de ensino-aprendizagem, o que favorece a desvalorização do papel do professor em sala, transformando a sua atuação em diversificação metodológica ou de “transmissão” de conhecimentos, o que historicamente não resulta em emancipação intelectual ou na compreensão efetiva da Ciência, nem por parte dos estudantes, nem por parte dos docentes (DUARTE, 2001).

O mesmo autor assevera também que a formação por competências segue a lógica formal, em que se aprende a prática desvinculada da teoria, caracterizada como um treinamento de professores e alunos para as “inovações” do mundo contemporâneo. Com o argumento de criar autonomia nos processos formativos o “aprender a aprender” segue uma lógica neoliberal que acredita “formar” por meio de técnicas/metodologias necessárias para atender o mercado de trabalho ou para “motivar” os alunos.

A educação deve proporcionar a construção de uma compreensão por parte do indivíduo de que o conhecimento não é algo estático, de que o conhecimento vivencia um processo dinâmico, um movimento constante de construção e constituição. Quando este movimento é rompido e ocorre o enaltecimento da prática, emerge o anacronismo, em que a formação dos sujeitos é embasada em características adaptativas ao mercado (DUARTE, 2001).

Uma consequência desta opção pode ser o não posicionamento político sobre a educação enquanto ação emancipadora ou transformadora. Para Souza e Magalhães (2016) não existe neutralidade na Ciência, mas um exercício metódico e crítico do trabalho científico; para tanto a posição do professor deve ser de um sujeito crítico emancipado, cujo trabalho é problematizador, político, que afeta as escolhas dos sujeitos envolvidos no processo.

O professor intelectual-crítico, que fundamenta onze dos trabalhos analisados, objetiva se apropriar do processo de formação do conhecimento sobre a lógica dialética, articulando sua aula como práxis educativa, promovendo transformações e se constituindo profissional na luta pela emancipação. Isso porque o professor não vive seu processo de ensino deslocado das condições concretas da sociedade. Não há como discutir a Biologia sem discutir as questões que tangenciam o ensino e a formação do professor. Como realizar uma pesquisa na esfera educacional sem mencionar o contexto histórico e político para pensar o atual processo de ensino? (DUARTE, 2001).

A relação constituída entre conhecimento do processo histórico de desenvolvimento de um conceito científico e a capacidade de reflexão crítica só é possível se o objeto for apreendido na sua historicidade e não na sua “história”. O conhecimento desse processo

histórico, contudo, por si só, não leva à tomada de consciência por parte do professor dos valores e significados ideológicos implícitos nos conteúdos escolares, no ensino, nas instituições. O conhecimento do objeto é um desafio do professor que organiza a sua atividade de ensino a partir do movimento lógico e histórico do conceito, promovendo problemas de aprendizagem que levem a processos de reflexão e análise para apropriação do objeto do conhecimento (PANOSSIAN; MORETTI; SOUZA, 2017).

Para as referidas autoras este movimento permite a reconstrução do objeto pelo sujeito, a superação de sua aparência e a tomada de consciência de suas propriedades e relações que constituem a sua essência. Consideramos, assim, que o estudo do movimento lógico e histórico do conceito é um dos princípios para reconhecer a relevância de um determinado conceito como objeto de ensino, possibilitando o desenvolvimento do pensamento teórico dos indivíduos.

1.2.3 A formação do pensamento conceitual e o conhecimento de Biologia

Nas leituras e análises do *corpus* identificamos quatro pesquisas que propõem a “construção” de um conhecimento biológico trabalhando sob uma perspectiva histórico-filosófica: T₂ - Circulação sanguínea; T₄ - fotossíntese e respiração celular; D₂ - Evolução biológica; D₉ - origem da vida. Foram identificados outros dezessete trabalhos que investigam a construção de um conhecimento da Biologia na estreita relação com a Teoria da Herança, a saber: a Teoria Cromossômica da Herança (T₅ e T₇); episódio da transformação bacteriana e a sua relação com a descoberta do DNA como material genético (D₁₅); a vida e as contribuições de autores importantes para a construção humana da Teoria: Mendel (D₁₈; D₁₉ e T₆); a evolução histórica do modelo da dupla hélice (D₂₁); a Síntese Moderna da Evolução (D₂₂); construção histórica do conceito de gene (D₁₃, D₁₆, D₂₄ e D₂₅); Biogenética (D₂₀); *linkage* (D₂₃); “genótipo e fenótipo” (D₂₆); “DNA” (D₁₇) e Pré-formação e epigênese (D₁₄).

Outro fato que chama a atenção nas análises das produções é que nenhuma delas traz uma relação integradora dos conceitos, como por exemplo, entender o conceito de dupla-hélice ou de gene compreendendo a ideia de transmissão gênica, pois não é realizada uma relação com o todo. Neste sentido, corroborando com Freitas e Rosa (2015), entendemos que o conceito não pode ser isolado em si mesmo, pois só pode haver uma verdadeira apropriação de um conceito quando este é articulado a uma rede de outros conceitos.

Mesmo que nenhum dos trabalhos investigue especificamente a construção do conceito de transmissão gênica, os estudos destas pesquisas contribuíram para o estudo lógico-histórico deste conceito com episódios históricos, autores, obras e conceitos que permeia sua rede conceitual.

Os trabalhos T₄, D₉, D₁₀, D₁₁ e D₁₂ efetivaram investigações que versam sobre o estudo por conceito em Biologia, pautadas pelo mesmo referencial teórico que fundamenta esta investigação. Porém, apenas um trabalho (D₁₁) enfatiza a relevância do domínio conceitual pelo professor. Nenhuma das pesquisas analisadas apresenta um estudo lógico-histórico do conceito com o qual trabalham.

O desenvolvimento de um conceito analisado sob uma perspectiva histórico-cultural e do ensino desenvolvimental não é compreendido a partir de uma construção. Conforme nos aponta Sforzi (2004), compreender as transformações, movimentos e desenvolvimento do conceito não é importante apenas como um desenvolvimento quantitativo de informação, mas principalmente porque essas transições revelam, junto ao conceito, o método de conhecimento científico, expondo, assim, a criação e a natureza dos conceitos, o que não ocorre com o ensino pautado no pensamento empírico que se limita ao dado concreto.

Ao problematizar a apropriação do conhecimento a partir da formação dos conceitos, a autora supracitada enfatiza que a aprendizagem de conceitos não deve ser um fim em si mesma, mas deve ser entendida como possibilidade de acesso a conteúdos e métodos de pensamento mais complexos. Para além de apenas uma assimilação de novas informações, a aprendizagem de conceitos deve possibilitar a formação de um sistema de pensamento mais organizado a partir do estudo dos conceitos.

As diversas formas de movimento do pensamento do conceito facilitam a representação do histórico pelo lógico, a reprodução da essência do objeto, da história de sua formação e do seu desenvolvimento. A forma de pensamento desenvolvida pode ser definida como um “modo de representação da realidade por meio de abstrações. Toda forma de pensamento constitui certo elo do movimento no sentido da realidade objetiva, nela se traduzem os resultados do conhecimento” (KOPNIN, 1978, p. 187).

Para Gagliardi (1985) os conceitos e redes de conceitos estabelecem relações de restrição mútua que determinam que cada elemento possui um significado específico, ou seja, não há significado em si mesmo de cada conceito. Cada significado é resultado do jogo de interações mútuas entre todos os elementos integrantes. Um conceito é determinado pela maneira como é conectado a outros conceitos. A propriedade de ser um

conceito é uma propriedade de conexão, uma qualidade vinculada à pertença a certo tipo de rede. O fato de construir um conceito estruturante determina uma reestruturação do sistema cognitivo, o que o torna apto a construir outro conhecimento.

Vygotsky (2009) explica que um conceito é estabelecido em um determinado sistema de relações de generalidade, que são os vínculos fundamentais entre os conceitos. A generalização significa tomada de consciência e sistematização de conceitos. Portanto, é relevante que as pesquisas que investigam a formação e o desenvolvimento de um conceito evidenciem as relações que o envolvem e as contradições constitutivas dessas relações.

O pensamento por e com conceitos promove a articulação entre o estudante e o objeto do conhecimento que é organizado pelo professor como uma atividade de estudo com a finalidade de que o estudante apreenda as ações mentais conexas ao conceito teórico (FREITAS, 2010). O estudo de um conceito no qual a compreensão do processo de aprendizagem ocorre de forma fixa, isolada, em que os objetos aparecem para os estudantes sem sentido, está pautado na lógica formal, a qual se limita ao pensamento empírico e aparente dos objetos ou fenômenos estudados. Concordamos com Sforni (2004, p. 63) quando ela afirma que a “lógica formal não delimita o processo de percepção-abstração do conceito como pertencente a um tipo particular de conceito, mas como sinônimo de qualquer forma de aquisição do conhecimento”. Sendo assim, a partir desta lógica, o pensamento empírico é formado e este desconsidera as contradições e reestruturações do conhecimento científico, explicitando o caráter da ciência como construção humana.

O essencial ao conceito é sua relação com a realidade e “a maior dificuldade no campo do estudo dos conceitos foi a ausência de uma metodologia experimental elaborada que permitisse penetrar fundo no processo de formação dos conceitos e estudar a sua natureza psicológica” (VYGOSTKY, 2009, p. 151). O autor reconhece que os conceitos possuem significações históricas e sociais, com uma aplicação sobre problemas científicos durante seu processo de constituição.

Conforme temos discutido, a formação do conceito se encontra na realidade em relação com outros conceitos – em uma rede conceitual – sendo que a compreensão de seu desenvolvimento e sua constituição se pauta na perspectiva da historicidade. Na intensa relação entre história social e natural é necessário explicitar os contextos sócio-histórico, econômico e político que perpassam todo o movimento de construção do conceito científico, contribuindo para a forma de pensar os modos de ensinar.

Os resultados desse primeiro movimento de investigação constituem em um ponto de partida para a compreensão do fenômeno estudado. Uma vez explicitadas as relações essenciais que constituem o fenômeno, ele poderá e deverá ser analisado tomando por base seus contextos.

Na busca por avançar na apreensão do conceito a partir de suas conexões internas, de sua rede conceitual, desenvolvimento e movimento do pensamento, esta investigação se direciona para compreender a essência de um conceito biológico. Sendo assim, o estudo do movimento lógico-histórico do conceito transmissão gênica será o foco do próximo capítulo.

CAPÍTULO II

O DESENVOLVIMENTO LÓGICO E HISTÓRICO DO CONCEITO

“TRANSMISSÃO GÊNICA”

Ensinar é caminhar junto e, por onde? Pela história da construção da teoria da qual se quer apresentar. Aprender é apreender a teoria em seu contexto, o que permite relacioná-la com outras teorias no mesmo contexto e comparar contextos diferentes com teorias semelhantes ou diferentes (NASCIMENTO Jr., 2010, p. 21).

Os primeiros pressupostos de toda a história humana são a existência de indivíduos humanos vivos e sua relação com a natureza, sendo que a história social dos homens não se sobrepõe à história do seu desenvolvimento individual. Desse modo a história pode ser compreendida na relação entre a história da natureza (História Natural) e a história das transformações das relações de produção humana (História Social). Esta unidade é identificada pela percepção de que, enquanto existirem homens, a história da natureza e a história dos homens se condicionarão reciprocamente. Sendo assim, toda historicidade se fundamenta na unidade da história natural e de sua modificação pela ação dos homens no decorrer da história (MARX; ENGELS, 2007).

Neste sentido, o homem estabelece relações com a natureza, age sobre ela, transformando-a e criando para si as suas condições de existência. A base e a essência do pensamento humano são constituídas nesta modificação da natureza pelo homem. A história do homem se constitui de finalidades, sendo que o pensamento dialético só é possível ao homem (ENGELS, 1976). Lefebvre (1991, p. 228) afirma que

O homem é o ser da natureza que penetra na natureza (pelo conhecimento) e a domina (pelos instrumentos); e se ele parece por causa dos meios que emprega sair da natureza, é apenas para poder reencontrá-la de modo mais profundo, tanto em torno de si como dentro de si.

O modo pelo qual os homens produzem seus meios de vida os diferencia dos animais. Esse modo de produção é uma forma determinada de exteriorizar suas vidas, ou seja, um determinado modo de vida desses indivíduos. Portanto, o modo como os homens produzem seu meio de vida depende das condições materiais de sua produção (MARX; ENGELS, 2007). O homem, por meio de sua atividade consciente, não busca apenas sua sobrevivência, ele transforma a natureza e a si mesmo e é capaz de fazê-lo porque se reconhece e reconhece o outro nesse processo.

A natureza não é constituída pelas ideias ou a partir do nada, ela se torna humanizada por meio do trabalho, uma atividade prática e consciente pela qual o homem se faz homem, constrói e transforma a sociedade e faz a história. Neste contexto, o trabalho se torna uma categoria essencial que permite compreender o mundo, a sociedade, o passado e a constituição do homem, que possibilita propor uma prática transformadora ao homem, em busca de construir uma nova sociedade (ANDERY *et al.*, 1996).

O modo de produção do homem se transforma ao longo do tempo e, conseqüentemente, seu tipo de trabalho, sua visão de mundo e o próprio mundo vão se modificando também. O estudo lógico-histórico, pautado em uma perspectiva dialética, compreende a relação da formação do conhecimento com os modos de produção, evidenciando as manifestações das condições materiais e objetivas de cada período que determinam esta relação (NASCIMENTO Jr., 2010).

Partindo desta perspectiva dialética, Nascimento Jr. (2010) propõe que a manifestação da vida na Natureza constitui o objeto de estudo da Biologia. Estudar sua história é compreender a unidade entre a História Natural e a História Social do homem. Diante deste contexto, propomos, neste capítulo, primeiramente entender as relações histórico-filosóficas da Biologia enquanto Ciência para, em seguida, recuperar a constituição lógica e histórica da produção de conhecimento acerca do conceito de transmissão gênica, objetivando captar seu movimento, suas transformações, suas contradições e suas relações com a totalidade concreta.

Segundo Kopnin (1978, p. 183), “o estudo das leis do movimento do pensamento no sentido da verdade objetiva leva necessariamente à colocação do problema da *correlação ente o histórico e o lógico*”. O histórico age como objeto do pensamento, correspondendo ao processo de construção e transformação do objeto, de seu surgimento e desenvolvimento. O pensamento reproduz o processo histórico real em sua objetividade, complexidade e contrariedade. O lógico é o meio pelo qual o pensamento realiza esse movimento, é o reflexo do histórico e a reprodução da essência do objeto.

Para se revelar a essência do objeto, é vital reproduzir o processo histórico real de seu desenvolvimento. Para conhecer o objeto é necessário recorrer a sua história, sendo o lógico um meio de conhecimento e estudo do histórico. O conhecimento da essência do objeto se torna compreensível a partir de sua historicidade. Compreender e analisar a história do desenvolvimento de um fenômeno exige uma compreensão mais profunda de sua essência, pois com o conhecimento de sua história se retoma a sua essência, corrigindo, completando e desenvolvendo os conceitos que o expressam (KOPNIN, 1978).

A história do próprio objeto e a história do seu conhecimento se revelam na inter-relação do lógico e do histórico, sendo assim “essa unidade ajuda a resolver o problema da construção da ciência de sua estrutura interna do sistema de suas categorias. É básica na definição do próprio conceito de forma do pensamento” (KOPNIN, 1978, p. 186).

2.1 A Ciência Biologia - relações entre História Natural e História Social

As raízes da Biologia enquanto Ciência remontam aos antigos gregos, porém o termo Biologia foi utilizado primeiramente em 1800 pelo médico alemão Karl Friedrich Burdach (1776 - 1847); dois anos depois foi utilizado na literatura pelo naturalista alemão Gottfried Reinhold Treviranus (1776 - 1837) e pelo francês Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), mas sem, contudo, apresentar campos de pesquisas, indicando apenas um interesse particular por um olhar específico – o biológico – aos organismos vivos (FREZZATTI Jr., 2003; NASCIMENTO Jr., 2010; MAYR, 2011).

Entre os séculos XV e XVIII o objeto de estudo da Biologia era dividido entre a medicina (anatomia e fisiologia humanas), a história natural e a botânica. Entre os séculos XVII e XVIII a história natural que, até então, era constituída por taxonomistas tratava de tudo aquilo que era criado por Deus e avançou da descrição de animais, plantas ou homem para um conjunto de disciplinas científicas com seus próprios métodos, distintos das Ciências Físicas. As escolas médicas avançaram em estudos sobre anatomia e forneceram importantes contribuições para a anatomia comparativa e para a embriologia, proporcionando uma base para a fisiologia (MAYR, 1998).

A revolução científica possibilitou mudanças na organização da Ciência e nas formas de ver o mundo na Idade Moderna, o que proporcionou o desenvolvimento da Biologia enquanto Ciência única por volta do século XIX. Considerando o contexto histórico no qual a Biologia foi elaborada, o europeu, no qual o modo de produção era mais moderno do que aquele desenvolvido nos países periféricos e nas colônias, é possível afirmar que foi em um cenário de acúmulo de riqueza e grande desigualdade social que a ciência moderna começou a se formar. A tecnologia já se destacava na confecção de instrumentos eletrônicos, de precisão na coleta e análise de dados (NASCIMENTO Jr., 2010).

A ideia de natureza construída ao longo da história pela Filosofia foi um dos principais fatores da criação da Ciência Moderna. O século XIX foi um período marcado por conflitos entre perspectivas que possuíam diferentes filosofias, em que se buscava a delimitação e caracterização do objeto e dos métodos de investigação, constituindo um

olhar específico sobre a natureza. Nesse período algumas áreas já se formavam, porém, ainda articuladas à Filosofia da Natureza, sendo que foi por esta época, segundo Nascimento Jr. (2010), que a Biologia foi inaugurada.

Inicialmente o conhecimento biológico se constitui em três teorias principais: celular, do equilíbrio interno e da seleção natural e origens das espécies. Neste período, a Filosofia reconhece a Biologia como Ciência, analisando sua estrutura constitutiva, papel social e formas lógicas de pensamento. Nas faculdades de medicina esta nova ciência ganha forças ao fornecer recursos à prática médica, visando melhorias da vida humana e enriquecimento capital (NASCIMENTO Jr., 2010).

O desenvolvimento da Biologia partiu de duas diferentes visões de mundo. Na primeira, que é a perspectiva de Hegel, a natureza era vista como processo em constante transformação, o que contribuiu com os pensamentos evolutivo, ecológico e biogeográfico. Essa perspectiva sustentou as atividades dos naturalistas e se preocupou com as populações, fundamentando as teorias de caráter histórico, sendo elas a da evolução e parte da teoria do ecossistema. A outra visão de mundo era baseada na perspectiva de Descartes e Newton, na qual a natureza era vista como um mecanismo sustentando a ideia de constituição estrutural e funcional do organismo. Essa perspectiva contribuiu com a prática experimental desenvolvida nos laboratórios e foi responsável pela base das teorias da homeostase, celular e herança (NASCIMENTO Jr., 2010).

Assim, esta Ciência não surgiu de uma vez só ou por meio de um documento fundador, já que não havia uma mesma Biologia em toda a Europa. Os fundamentos preponderantes, ou seja, mais consensuais sobre o pensamento biológico, variavam entre correntes incompatíveis - concomitantes a um dado momento histórico, ou com posições intermediárias, como, por exemplo, as ideias de pré-formação e epigênese, mecanicismo e vitalismo (FREZZATTI Jr., 2003).

A profissionalização da Ciência e a divulgação de periódicos científicos são evidências do século XIX, marcando de formas diversas o desenvolvimento da Biologia em diferentes países. O pensamento biológico não pode ser compreendido apenas por um conjunto diminuto e delimitado de ideias, pois ao mesmo tempo em que se desenvolviam novas frentes de estudo, novas técnicas alteravam a estrutura do fazer científico e a perspectiva filosófica se articulava à investigação biológica (FREZZATTI Jr., 2003).

A Biologia, atualmente, é constituída por disciplinas voltadas ao estudo dos seres vivos e assim como a Química e a Física possui sua identidade; porém se difere destas em aspectos como o seu objeto de estudo, sua história, seus métodos e sua filosofia. Os

conceitos e teorias biológicas, e até mesmo os organismos vivos, não podem ser reduzidos às leis da Física e da Química. Tais reduções não podem explicar muitos aspectos da natureza que são exclusivamente referentes ao estudo da vida (MAYR, 2011).

Compreendendo os fatores históricos relacionados à constituição da Biologia enquanto Ciência e levando em consideração seus estatutos estruturantes, constituídos por Nascimento Jr. (2010), optamos, na próxima seção, por compreender o modo como o conhecimento lógico-histórico do conceito de “transmissão gênica” nos revela sua relação com as teorias estruturantes da Biologia, em especial, com a Teoria da Herança.

2.2 O conhecimento lógico-histórico do conceito transmissão gênica

Não se pode ter uma percepção acerca da transmissão gênica sem uma análise dos contextos e acontecimentos históricos que a antecedem. Apresentamos aqui não apenas uma reconstrução histórica e linear do seu conhecimento, mas sua historicidade, o movimento que permite compreender como esse conhecimento foi se constituindo enquanto parte de uma Ciência – a Biologia. Tal estudo discute os princípios básicos que o regem, como as características hereditárias são transmitidas, os conceitos básicos de probabilidade e herança, o material do código genético e os estudos e investigações que perpassam o conceito.

O conceito de transmissão durante a maior parte da história da humanidade não foi mais do que um princípio vago a respeito da hereditariedade. Até o século XX, observações de organismos concluíam apenas que a prole se assemelhava a seus pais, sem uma provável hipótese que esclarecesse o fato de que a herança parecia consistir da transmissão de semelhanças, de diferenças e mesmo de novidades (MOORE, 1986).

Wilhelm Ludwig Johannsen (1857-1927), um pesquisador relacionado aos estudos da Teoria da Herança, admitiu que os termos herança e hereditariedade são muito gerais e estão ligados à ideia de transmissão. Para o autor a visão da herança biológica como um ato de transmissão de características individuais dos pais ou ancestrais mais remotos aos descendentes é uma das ideias mais antigas e simples sobre herança (JUSTINA *et al.*, 2010).

O termo francês *heredité* (derivado do latim *hereditas*) caracterizava a transmissão de bens de pais para filhos. Antes do século XIX o termo foi aplicado ao universo biológico trazendo o significado de transmissão de características dos pais para os filhos como doenças, anomalias e temperamentos. O substantivo hereditariedade foi inserido na comunidade médica francesa somente nas primeiras décadas do século XIX. A

materialização da herança a partir dos estudos médicos contribuiu para a discussão de outros temas de ordem mais geral (BOTELHO, 2007).

Portanto, o estudo do conceito da transmissão gênica, neste sentido, é evidentemente um conceito estruturante de toda a Biologia, logo, permeia todos os demais conceitos biológicos. O seu estudo nos remete à base do pensamento biológico que parte da premissa “o que é a vida”, que certamente é um questionamento presente desde o tempo de nossos primeiros ancestrais, sendo discutido como objeto de estudo ao longo da história por abordagens diferentes de pensamento, identificadas como correntes filosóficas, a saber: vitalismo, fisicalismo e organicismo (MAYR, 2011).

No período entre 1789 e 1848 o mundo ficou marcado por transformações decorrentes da Revolução Francesa de 1789 e da Revolução Industrial (inglesa), as quais Hobsbawm (2017a) denomina de dupla revolução. Elas refletiram no desenvolvimento da Ciência formando novas exigências e novas possibilidades, levando o homem a se confrontar com novos problemas e sugerindo novos padrões de pensamento. O avanço da Ciência não é linear, cada estágio determina a solução de novos problemas e de novas maneiras de enfocar ou solucionar os antigos. A Ciência se beneficiou com o surpreendente estímulo dado à educação científica e técnica nesse período (HOBSBAWM, 2017a).

A Revolução Industrial significou para este período

um conjunto de transformações em diferentes aspectos da atividade econômica (indústria, agricultura, transportes, bancos, etc.), que levou a uma afirmação do capitalismo como modo de produção dominante, com suas duas classes básicas: a burguesia, detentora dos meios de produção e concentrando grande quantidade de dinheiro; e o proletariado, que, desprovido dos meios de produção, vende a sua força de trabalho para subsistir. Significou, sobretudo, uma revolução no processo de trabalho (ANDERY *et al.*, 1996, p. 257).

Aqui a influência da revolução dupla é bastante clara: modificou os modos de produção visando atender a expansão do mercado e trouxe uma nova visão científica do mundo que contrastava com a visão até então predominante de elementos da religião e da filosofia antiga.

Para explicar a vida em uma corrente filosófica que contestava o sobrenatural, alegavam que os seres vivos não se diferenciavam da matéria inanimada. Esse movimento foi denominado mecanicismo por alguns historiadores e, posteriormente, por fisicalismo (Século XVII até século XIX). Os fisicalistas refutavam o pensamento mágico predominante nesse período, buscando uma explicação natural para os fenômenos físicos,

ressaltando que não há um componente metafísico da vida e que ela poderia ser explicada pela Física e pela Química (MAYR, 2011).

O movimento vitalista (século V a. C. até o século XIX) tem origem na Grécia antiga, mas se fortalece na modernidade. Essa corrente se opunha ao fisicalismo e era um contra movimento à filosofia mecanicista da Revolução Científica, pois buscava explicar os fenômenos naturais estabelecendo diferenças entre o mundo orgânico e inorgânico, buscando uma delimitação entre as Ciências Biológicas e as Ciências Físicas (NASCIMENTO JR., 2010).

Seus adeptos afirmavam que os organismos vivos possuíam propriedades que não poderiam ser encontradas na matéria inanimada. Entre os vitalistas existiam diversas maneiras de explicar a vida: alguns defendiam que os seres vivos possuíam uma substância especial, o protoplasma; outros sustentavam a questão da existência de uma força vital e que a vida existia por um propósito específico; e havia ainda aqueles que faziam uso de forças psicológicas para explicar os processos biológicos. As divergências entre o fisicalismo e o vitalismo não solucionaram a questão da essência da vida, mas proporcionaram investigações e estudos acerca desse problema, desenvolvendo um conhecimento cada vez mais claro (FREZZATTI Jr., 2003).

Os argumentos explicativos dos vitalistas não conseguiam mais sustentar a ideia da força vital para entender a essência da vida e, neste momento, teve início o seu declínio entre os adeptos. Os vitalistas não possuíam um método para testar a força vital e todos os experimentos realizados para demonstrar a sua existência não obtinham resultados satisfatórios. O conceito de protoplasma desapareceu quando a Bioquímica estabeleceu a verdadeira composição do citoplasma. O desenvolvimento de novas áreas da Biologia, a genética e o estudo da evolução, por exemplo, ofereceram interpretações válidas para os fenômenos que os vitalistas explicavam apenas com sendo resultados da força vital (MAYR, 2011).

O século XIX foi um século de grande desenvolvimento do capitalismo e de mudanças radicais no mundo. A primeira metade desse século foi caracterizada pela expansão do capitalismo nos países industrializados, pelo seu impulso inicial nos países não desenvolvidos e pela sua primeira grande crise nos países desenvolvidos (1830-1840). Nesse período, assistiu-se à expansão e ao crescimento das forças produtivas, da economia, associados ao imenso avanço da Ciência. Em consequência do crescimento econômico e da riqueza cresceu também a classe trabalhadora em número, em pobreza e em consciência política. A segunda metade do século se caracterizou pela expansão do sistema capitalista

em nível mundial. Nesse período o conhecimento científico adquire, segundo Marx, o caráter de ferramenta a serviço da compreensão do mundo para sua transformação (ANDERY *et al.*, 1996).

De acordo com Oliveira (2019, p. 135),

No modo de produção capitalista, a associação do conhecimento científico aos interesses econômicos é tratada como uma condição importante para o desenvolvimento tecnológico, em especial na era industrial. No entanto, nesta relação, a ciência é submetida à tecnologia, de forma que o conhecimento seja produzido para atender finalidades econômicas. Há um acesso desigual ao conhecimento historicamente acumulado, situação semelhante ao acesso à tecnologia, que é utilizada como instrumento de dominação pela classe dominante.

Foi nesse contexto, juntamente com o avanço na Ciência, que foi despertada uma nova maneira de ver o mundo, denominada de organicismo; esta incorporou os melhores princípios do fisicalismo e do vitalismo, descartando algumas ideias desses movimentos. O organicismo (século XIX até os dias atuais) surgiu a partir da observação do desenvolvimento dos organismos, se apoiando nas constantes mudanças da natureza. Defende que os seres vivos possuem uma organização e que não são formados apenas por características ou moléculas, onde “o todo é mais do que a soma de suas partes” (MAYR, 2011, p. 39). Neste sentido, o mesmo autor afirma que a interação e a organização entre as partes controlam o sistema inteiro, não sendo possível explicar um sistema por meio das propriedades de seus componentes isolados. Considerando o organismo como um todo, o organicismo afirma que essa totalidade deve ser analisada e estudada.

Reconhecemos, pois, a manifestação da vida na Natureza como o objeto de estudo da Biologia e na busca por apreender o movimento de formação do conceito de transmissão gênica propomos aqui investigar seu processo de desenvolvimento a partir de suas relações com a História Natural e Social do homem, articulando neste processo a perspectiva de cada corrente filosófica.

As correntes filosóficas coexistiram em determinados momentos da história, por isso alguns cientistas ou até mesmo fatos desta historicidade serão apresentados nesta dissertação em suas idas e vindas, objetivando analisá-los de acordo com a perspectiva que fundamentaram suas análises acerca das questões do estudo da vida e, conseqüentemente, sobre a transmissão gênica.

2.2.1 Vitalismo - o período da “força vital”

O vitalismo foi um movimento filosófico que defendia a existência de uma força, impulso vital, sem o qual a vida não poderia ser explicada. É possível afirmar que as ideias sobre o conceito da transmissão gênica partiram, frequentemente, de “ideologias mais universais, como o animismo, o atomismo, o essencialismo, o criacionismo, o mecanicismo fisiológico, ou o holismo” (MAYR, 1998, p. 703). No decorrer do nosso estudo sobre as contribuições deste período para a Biologia pretendemos identificar, na demarcação desse movimento filosófico, as contradições, transformações e contextualizações que permeiam a formação do conceito de transmissão gênica.

Em cada período que estudamos o conceito é evidenciado o modo pelo qual os homens produzem seus meios de vida, o que de acordo com Marx e Engels (2007), se vincula aos meios de vida já encontrados. O modo de produção é uma forma determinada pela atividade e pelo modo de vida dos indivíduos, sendo que o que eles são “coincide (...) com sua produção, tanto com o que produzem, como o modo como produzem” (MARX; ENGELS, 2007, p. 87). Ao compreender que o modo de produção é determinante das condições materiais e objetivas de cada período fica evidente sua influência sobre o estudo e desenvolvimento do conceito de transmissão gênica.

Na Idade Antiga a produção de vida material das sociedades era organizada de forma a garantir apenas o consumo necessário à sobrevivência do grupo, sem a produção de excedentes. O trabalho e seu produto eram organizados e divididos coletivamente e envolvia todos os membros do grupo na produção. O desenvolvimento de técnicas e utensílios levou a uma produção que ultrapassava as necessidades imediatas do grupo, ocasionando uma nova divisão do trabalho e novas relações entre os homens para produzir.

Foi na Grécia antiga (século VII - II a.C.) que surgiram tentativas de explicar racionalmente o mundo. Este período é dividido historicamente em: homérico (séculos XII-VIII a.C.), arcaico (séculos VII-VI a.C.), clássico (séculos V-IV a.C.) e helenístico (séculos IV-II a.C.) (ANDERY *et al.*, 1996).

No período homérico foram desenvolvidas as bases da civilização grega. A natureza era explicada pelo mito, que se opunha ao pensamento racional e pretendia explicar todo e qualquer fenômeno natural por meio de forças ou seres considerados superiores aos humanos.

O período arcaico foi caracterizado pelo desenvolvimento da *pólis*, em torno da qual passou a girar a civilização grega; a economia mercantil era baseada no comércio. Neste período, foram construídas as noções de cidadania e democracia, de matemática e do

que hoje conhecemos como mapa mundi (ANDERY *et al.*, 1996). Os filósofos e pensadores deste período buscavam o conhecimento para além de explicações fundamentadas pelos argumentos da vontade divina, rompendo com o pensamento pelo mito por meio da utilização do pensamento racional. Apresentaram reflexões para a fundamentação e produção de conhecimento rigoroso e propuseram métodos para buscar novas formas de ação que levariam o homem a produzir conhecimento (ANDERY *et al.*, 1996).

O período clássico foi marcado pelos pensadores Sócrates, Platão, Hipócrates e Aristóteles. O homem era o centro das preocupações e se via nele capacidade de produzir conhecimento. Foi um período, também, de grandes transformações econômicas, política, cultural, social e intelectual. Algumas das cidades-estado da Grécia atingiram seu mais alto grau de desenvolvimento, em especial a cidade-estado de Atenas.

O período helenístico é demarcado pelo domínio do Império Macedônico sobre a Grécia. Neste período, ocorreu a fusão da cultura grega com a oriental e a separação entre ciência e filosofia. O museu de Alexandria, construído neste período, proporcionou avanços na ciência, na literatura e na medicina; o conhecimento produzido era voltado para a investigação da natureza (ANDERY *et al.*, 1996).

O desenvolvimento de pensamentos e a produção de conhecimentos voltados para a natureza acabaram por contribuir com o desenvolvimento e a compreensão da transmissão gênica, de questões acerca da herança, de melhoramento genético (mesmo ainda sem se ter o conhecimento da genética), bem como de questões relacionadas à seleção de características específicas em plantas e animais que poderiam ser transmitidas.

As questões acima citadas são tão antigas quanto às primeiras civilizações humanas. Para se ter uma ideia, a domesticação do milho ocorreu há cerca de 6.000 anos, no sudeste do México, ela foi feita pelos Maias pré-colombianos, sendo que já nesse período era possível consumirem variedades de milho melhoradas por eles mesmos (BRANDÃO; FERREIRA, 2009). Os agricultores da pré-história já apresentavam, portanto, ideias de hereditariedade que podiam ser utilizadas em proveito próprio, para obter boas colheitas, pois eles tinham conhecimento sobre quais variedades escolher (JACOB, 2001).

Nos tempos antigos já existia, portanto, a preocupação com a concepção da transmissão e a semelhança entre os filhos e seus progenitores. O cultivo de plantas e manuseio de animais estavam baseados na consciência de que algumas características eram transmitidas. O papel dos sexos na fertilização já era bem conhecido em determinadas

culturas. Em 2000 a. C. os assírios fertilizavam as flores de tamareiras fêmeas com o pólen derramado pelas flores de tamareiras machos. A natureza da herança e seu mecanismo de transmissão, no entanto, permaneciam um grande mistério (MAYR, 1998).

Mayr (1998) é um dos autores que apresenta argumentos que apontam para o fato de que o homem primitivo já apresentava ideias sobre a transmissão de características ao longo das gerações, sobre as causas das semelhanças, bem como sobre a origem de novos tipos de organismos e de novas características.

A ideia de transmissão também se encontra em histórias bíblicas, como no livro de Gênesis capítulo 30. Nesse capítulo relata-se que Jacó, um pastor de ovelhas e cabras, herdaria um rebanho de seu sogro, mas só poderia escolher apenas os bodes e cabras malhados e salpicados. Para procriar um rebanho com estas características, Jacó pegou varas verdes de álamo, de aveleira e de plátano e lhes removeu a casca, em riscas abertas, deixando aparecer a brancura das varas e as colocou em frente ao rebanho, nos bebedouros. Diante das varas, as ovelhas davam crias listadas, salpicadas e malhadas. Podemos inferir que Jacó, mesmo sem um conhecimento científico, compreendia que as características do rebanho selecionado por ele eram transmitidas aos descendentes (BÍBLIA, 2008).

As raízes de muitos estudos e pesquisas acerca de fenômenos científicos remontam aos antigos filósofos gregos, que por muitas vezes definiram o problema e sugeriram hipóteses que permanecem até os tempos modernos (MOORE, 1986). Os filósofos gregos tinham ideias muito vagas sobre o conceito de transmissão gênica, sendo que Hipócrates de Cós (460 - 377 a.C.) e Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) exerceram maior influência sobre o pensamento relativo à geração e à herança (MAYR, 1998).

A base da corrente vitalista é a Grécia antiga. Hipócrates, por volta do ano 410 a.C., propôs uma hipótese para explicar a transmissão das características baseando-se na produção de partículas presentes em todas as partes do corpo que nomeou como “substâncias seminais”. Ele elaborou uma ideia sobre a transmissão das características para os descendentes que se dava, segundo ele, pela mistura da matéria seminal do pai e da mãe no momento da fertilização. Hipócrates exemplificou seus estudos analisando que características como a cor de olhos e a calvície dos pais estavam presentes, também, nos filhos. Alguns historiadores também adotaram essa mesma hipótese muitos séculos depois, idealizando-a como “pangênese”, ideia esta que será apresentada em outra seção (MAYR, 1998).

Outro exemplo dos estudos de Hipócrates foi sobre a população humana dos macrocéfalos – organismos que possuíam cabeça muito alongada. Por representar um sinal

de nobreza naquele período os pais procuravam moldar os crânios, ainda flácidos, dos recém-nascidos de acordo com a forma desejada. Sobre esse fato Hipócrates escreveu:

Pois não existe nenhum outro povo que tenha as cabeças semelhantes às deles. Quanto à origem disso, o costume foi o principal causador da forma alongada de sua cabeça, mas agora a natureza influencia o costume. Isso se deve ao fato de aqueles que têm esse alongamento (da cabeça) serem considerados mais nobres. Eis o que o ocorre com o costume: assim que nasce a criancinha, moldam com as mãos sua cabeça ainda tenra, enquanto está mole, e forçam-na a aumentar o alongamento, valendo-se de atadura e de artifícios apropriados, através dos quais a esfericidade da cabeça se altera e o alongamento aumenta. Assim, na origem, o costume se cumpre, de sorte que tal natureza está submetida à força. Com o passar do tempo, (aquela forma) está inserida na natureza, de sorte que o costume já não mais força nada. Por que a semente provém de todas as partes do corpo, das saudáveis, ela vem saudável; das doentes, doente. Se, então, de pais calvos nascem filhos calvos, de pais de olhos glaucos nascem filhos de olhos glaucos e se de pais estrábicos nascem filhos vesgos, em regra geral, e se o raciocínio é o mesmo para os outros aspectos físicos, o que impede que de um macrocéfalo nasça um macrocéfalo? (CAIRUS; RIBEIRO Jr., 2005, p. 105).

Hipócrates também propôs um estudo sobre a transmissão de características que eram adquiridas, um ponto de vista que viria a ser adotado por Lamarck posteriormente, como o mecanismo das mudanças evolutivas. Embora não pareça, a hipótese de Hipócrates para os estudos da transmissão se caracterizou como um marco inicial. Nela foi identificado um problema científico e uma hipótese escrita de maneira compreensível. Um estudo realizado há dois mil e quinhentos anos com tal propriedade é realmente algo excepcional (MOORE, 1986).

Quanto à produção intelectual de Aristóteles, é possível afirmar que ela aborda uma ampla gama de temáticas como Astronomia, Física, Biologia, Botânica, política, Filosofia, além de apresentar uma grande preocupação com o método de investigação. Para Aristóteles, o ser continha uma substância que o definia, que era a sua essência, seus atributos. Compreender essa substância era, para ele, a tarefa do conhecimento (ANDERY *et al.*, 1996).

Aristóteles, em seus estudos, demonstrou interesse pelas questões da geração que culminou com a produção de uma de suas importantes obras denominada “*De generatione animalium*”. Nela ele admitia a existência de uma base física para a transmissão das características, base esta que estaria presente no sêmen produzido pelos pais. Sobre a geração dos animais argumentou:

pode-se seguramente estabelecer como princípios mais importantes da geração os princípios, masculino e o feminino; o macho como possuidor do princípio do movimento e da geração, a fêmea como possuidora do princípio da matéria” (ARISTÓTELES, 2010, p. 716 a).

Ele reconhecia quatro causas constituintes de todas as coisas da natureza: material, formal, eficiente e final. Entre os seres vivos a causa final representava a perfeição. A causa material se vinculava à matéria da qual o ser era constituído. O sêmen feminino (*catameni*) era, em sua definição, a substância informe a ser moldada pelo sêmen que contribuía com a causa material para a geração do organismo, enquanto que o sêmen masculino, o qual continha o *pneuma*, atuava sobre a causa material, fornecendo o princípio gerador da forma (*eidos*), a causa eficiente. Somadas à causa final ou *telos* da espécie e à causa eficiente, as quatro causas cooperavam no processo de desenvolvimento do embrião. Aristóteles rejeitou a noção de que a hereditariedade era transmitida apenas pelo sêmen masculino, defendeu que a mãe contribuía materialmente para a geração, se contrapondo aos antigos que não admitiam a dupla contribuição dos pais (BOTELHO, 2007; MAYR, 1998; NASCIMENTO Jr., 2010).

Ainda para o filósofo, o organismo não está formado no ovo, nem são todas as partes formadas de uma só vez. O embrião, guiado pelas causas formais e finais, se desenvolvia gerando sucessivamente cada órgão, um após o outro; primeiro o coração, depois os demais, saindo gradualmente de uma substância amorfa. Para ele, o desenvolvimento da forma humana era o resultado de algo bem parecido com o modo como os gregos faziam suas esculturas. A hipótese de Aristóteles sobre a geração dos seres vivos, sobre a origem e o crescimento do feto foi chamada na era moderna de teoria da Epigênese por afirmar que as coisas vivas se originavam de substâncias amorfas e que nenhum dos órgãos poderia existir antes que o processo de formação tivesse realmente começado (BOTELHO, 2007; NASCIMENTO Jr. 2010; MAYR, 1998).

Aristóteles compara o resultado do sêmen ao das ferramentas do carpinteiro sobre a madeira. A fêmea fornece o material, o macho aquilo que molda a matéria, dando-lhe forma, sugerindo uma diferença marcante no papel do homem e da mulher. Ele propõe uma competição entre as substâncias seminais do macho e da fêmea. Quando predomina o material masculino, nascerá um menino. Se houver apenas uma vitória parcial, pode ser um menino com as características da mãe, se a força dos pais for inferior à dos avós, será uma criança com as características dos avós e assim sucessivamente (MAYR, 1998; MARTINS, 2013).

O termo “transmissão geracional” aparece em sua obra “*As partes dos animais*” na qual o autor faz relação entre o estudo dos caracteres dos animais e a transmissão de características tais como deficiências físicas ou até mesmo a capacidade de aprendizagem. A transmissão em essência é explicada como uma passagem de informações e o termo

“sêmen” foi utilizado para explicar a reprodução de diferentes animais (ARISTÓTELES, 2010).

Ele realizou observações com importantes evidências que refutavam os estudos de Hipócrates, como o exemplo de certas crianças que pareciam herdar características de ancestrais remotos que dificilmente poderiam ter contribuído para o sêmen dos pais. Ele explica o caso de uma mulher de Elis (na região noroeste da Grécia Peloponésia) que se casou com um homem negro e tiveram uma filha branca, mas seu neto tinha pele escura. Tais evidências foram usadas, também, para refutar a hipótese da pangênese de Darwin, cerca de dois mil anos mais tarde. O fato de as plantas cortadas poderem produzir descendência perfeita era bem conhecido. Havia ainda o seguinte questionamento: se o pai e a mãe produzem sêmen com partículas precursoras de todas as partes do corpo, não deveria se esperar que os descendentes tivessem duas cabeças, quatro braços? (MOORE, 1986).

O pensamento aristotélico exerceu grande influência durante a Idade Média e o Renascimento, sendo que nos dois milênios posteriores a sua obra, bem como às obras dos atomistas gregos, quase nada de novo foi acrescentado ao assunto da transmissão (BOTELHO, 2007; NASCIMENTO Jr., 2010; MAYR, 1998).

Autores como Cláudio Galeno (129 -210), ainda na antiguidade, e Andreas Vesalius (1514-1564), já no século XVI, permaneceram com as ideias aristotélicas de forma, matéria e potencial para compreender a questão da transmissão. Mesmo após a Revolução Científica o aristotelismo continuou a influenciar o estudo da geração dos seres vivos (BOTELHO, 2007).

Diante do exposto, evidenciamos que os pensadores gregos, a partir da elaboração e organização dos primeiros métodos de observação e compreensão da natureza, buscando compreender a natureza e a existência da vida, contribuíram de forma significativa com a rede conceitual da transmissão gênica.

Durante todo esse tempo a falta de conhecimento sobre o conceito de transmissão foi resultado da ausência de questões precisas que pudessem ser estudadas com a metodologia e recursos disponíveis (MOORE, 1986).

Muitas questões elaboradas e trabalhadas pelos gregos ocuparam a Ciência nova do Renascimento, como: a natureza da transmissão e fertilização; o material transmitido durante a cópula; a geração espontânea dos seres vivos; o tipo de reprodução; as contribuições das características transmitidas do pai e da mãe para o filho; o local de formação do sêmen masculino; a determinação do sexo da prole e a transmissão de

caracteres adquiridos. Muitas das questões formuladas pelos gregos ainda na antiguidade contribuíram, pois, de forma significativa para que o conceito de transmissão gênica se tornasse objeto de grandes problematizações acerca da herança depois do século XIX e no começo do século XX (MAYR, 1998).

Contribuíram, enfim, para que a formulação da Teoria da Herança e a compreensão do conceito de transmissão gênica se tornassem histórica e socialmente possível. A contribuição mais importante trazida pelos gregos foi o fato de introduzirem pensamentos novos em relação a este conceito, considerando a transmissão como algo a ser analisado e refletido, reivindicando para a Herança o tratamento de Ciência.

Mayr (1998) afirma que os gregos entenderam superficialmente que a união sexual era a chave para a solução da questão da transmissão, mas a forma como essa transmissão ocorria de uma geração para outra era, para eles, estudo de pura especulação. Hipócrates parece ter chegado mais perto do conceito aceito na atualidade quando explicou a herança como sendo devido à transmissão da substância seminal e, até o século XIX, a teoria mais aceita, a Pangênese, tinha raízes em suas ideias.

A divisão do Império Romano, e posteriormente o seu fim, constituem um movimento histórico da Idade Média, surgindo nesta época os reinos bárbaros, cristãos latinizados, coexistindo civilizações. O contato entre as diferentes culturas fez com que a civilização bizantina e muçulmana, respondendo às necessidades concretas, desenvolvessem conhecimentos em diversas áreas, como técnicas de irrigação, canalização, aclimação de plantas exóticas, papel, pólvora, imprensa, relógio, bússola, conhecimentos na matemática, na medicina (anatomia e doenças diversas) e na geografia. Considerando a diversidade de civilizações e suas características quanto ao modo de produção, o estudo da produção de conhecimento do período medieval é mais relacionado à região ocidental, porém houve influência das contribuições orientais na sociedade feudal ocidental (ANDERY *et al.*, 1996).

O modo de produção se modifica devido à crise no regime escravagista, surgindo assim os primeiros feudos, modificando então a economia romana. O sistema de governo passou a ser a vassalagem e o Clero Católico estava associado ao território dos feudos e ao poder exercido pelas famílias dos nobres. A produção do conhecimento científico se intensificou nesse período sob a influência do conhecimento advindo do Oriente. A igreja “passou a ter um importante papel na produção, veiculação e manutenção das idéias e na estrutura social vigentes na sociedade feudal” (ANDERY *et al.*, 1996, p. 141).

Pensadores desse período eram teólogos e ligados a igrejas como, por exemplo, Santo Agostinho, Santo Anselmo de Cantuária, São Bernardo de Claraval, Alberto Magno, São Tomás de Aquino. A Igreja possuía um forte poder econômico e uma estrutura que lhe possibilitou, ainda mais, consolidar sua hegemonia. Agostinho estabeleceu a ideia do Deus cristão, onde o mundo é uma criação Divina, tudo é criação de Deus, inclusive a matéria amorfa, o espaço e o tempo. Santo Tomás admitia que alguns conhecimentos só podiam ser obtidos por meio da revelação divina (NASCIMENTO Jr., 2010). De uma forma diferente do pensamento dos gregos, via-se a vontade de Deus e o seu poder criador em cada processo (JACOB, 2001).

A ênfase era colocada nas origens, na geração de indivíduos novos e não no princípio da continuidade, implícito na herança. Devido à influência e à força que a Igreja exerceu neste período o pensamento essencialista prevaleceu, considerando todos os indivíduos da mesma espécie como idênticos. Se todos os organismos da espécie possuem a mesma essência, a transmissão era uma necessidade evidente e não um problema científico. Nesse sentido, a visão de mundo era generalizada, um simples princípio da natureza resolveria as questões mais complexas em torno da ciência (MAYR, 1998).

O essencialismo, com a sua ênfase na descontinuidade e nos valores típicos, prevaleceu sob o pensamento do mundo ocidental defendendo que cada espécie possuiria uma essência que duraria por toda a vida, rejeitando a possibilidade de discutir eventuais mudanças, tais como a adaptação e a evolução, as quais foram propostas apenas no século XIX. Neste período, a Europa apresentou grande dificuldade em produzir seu conhecimento sobre a natureza e a vida, pois estava sobre pressão da Igreja e seu pensamento essencialmente metafísico prevaleceu, dificultando o desenvolvimento dos meios para esta compreensão (MAYR, 1998).

A atenção pelas questões científicas teve um declínio no mundo ocidental durante o longo período em que a Igreja exerceu hegemonia sobre o pensamento humano. Foi apenas bem depois do Renascimento que a observação e a experimentação passaram a ser aplicadas de maneira sistemática na tentativa de se compreender a transmissão gênica. (MOORE, 1986).

Como mencionado anteriormente, a Biologia enquanto Ciência ainda não existia neste período, logo, a metodologia utilizada para investigar as questões da transmissão, antes de Mendel, era a manipulação de cruzamentos realizada pelos hibridadores de espécies e os cultivadores de plantas e animais com interesses, problemas e objetivos próprios. Entre os hibridadores de espécies estão: Carl von Linné (1707-1778), Joseph

Gottlieb Kölreuter (1733-1806), Carl Friedrich von Gärtner (1772-1850), Charles Naudin (1815-1899), e entre os cultivadores de plantas estão: Thomas Andrew Knight (1759-1853), John Goss (1787-1851), Alexander Setton (1759-1853) e Augustin Sageret (1763-1851) (MAYR, 1998).

No século XVIII a pesquisa em hibridação se concentrava na Europa, sobretudo na Alemanha e Inglaterra. A história das relações agrárias na maior parte da Europa Ocidental e de suas colônias neste período levou o desenvolvimento agrário voltado a uma agricultura puramente capitalista, transformando a terra em uma mercadoria. O resultado disso foi o rápido aumento da produtividade da agricultura. Assim, os novos métodos agrícolas nas novas culturas industriais se difundiram proporcionando surpreendentes avanços e despertando interesses de investimentos e estudos nessa área (HOBSBAWM, 2017b).

A formação de híbridos em plantas despertou o interesse de estudiosos no início do século XVIII, motivados pelo estabelecimento da reprodução sexual nesse grupo de seres vivos. Em 1735 em seu *Systema Naturae*, Linné propôs o sistema de classificação de plantas com base nos órgãos sexuais (PRESTES; OLIVEIRA; JENSEN, 2009).

Os hibridadores criaram uma espécie de planta inteiramente nova, produzida pela hibridação de duas espécies. Buscaram compreender se a partir do cruzamento de duas espécies diferentes surgiria uma terceira, ou seja, se o híbrido poderia apresentar as duas essências ou uma essência intermediária e se fosse mais de uma vez hibridada com um dos genitores ou com uma espécie, se produziria uma continuidade de essências. Os hibridadores não se preocuparam com os caracteres individuais ou com pesquisas sobre as leis que regulavam a transmissão gênica, os resultados obtidos em relação à nova espécie formada já eram para eles satisfatórios (MAYR, 1998).

Mayr (1998) afirma que o grupo dos cultivadores, por sua vez, apresentava interesses utilitários, buscando uma melhoria na produtividade das plantas cultivadas, aumentando a sua resistência às doenças e à geada, produzindo novas variedades. Interessava-se pelos aspectos práticos da transmissão: como aumentar o rendimento e melhorar a qualidade de plantas e animais. Promovia o cruzamento de variedades que diferiam em umas poucas características.

Os cultivadores estavam mais próximos do que os hibridadores da realização de uma teoria da herança, mas devido ao fato de se conformarem em apenas obter resultados nítidos e não questionar sobre os mecanismos de transmissão gênica, tanto hibridadores como cultivadores, mesmo estabelecendo muitos fatos necessários para o desenvolvimento

de uma teoria da herança, não conseguiram de fato realizá-la. Ambos realizaram cruzamentos entre espécies de plantas obtendo híbridos, porém não analisaram as gerações seguintes e não quantificaram os resultados obtidos, limitaram-se à descrição dos resultados (MAYR, 1998).

Os hibridadores buscavam responder questões sobre as inovações do mundo natural, articulando seus estudos à produção tecnológica com interesses econômicos, de fato “as conclusões sobre a natureza dos híbridos tinham como justificativa as repercussões econômicas do possível desenvolvimento de novos cultivares” (BIZZO, 2008, p. 324).

As pesquisas com as ervilhas não eram uma característica exclusiva de Johann Mendel (1822-1884). Knight estreou em 1787 o estudo de cruzamento de ervilhas visando aplicar seus resultados em maçãs, cerejas e outras espécies de interesse econômico, visando a aplicação tecnológica. Em 1822 foi publicado na Inglaterra o resultado de um estudo sobre cruzamento de ervilhas, realizado por Goss, que de alguma forma antecipava os resultados de Mendel. Sendo assim, é possível constatar que os estudos de Darwin e Mendel acerca da herança tiveram influências de pesquisas dos hibridadores. De fato, o livro de Goss "Experimentos e observações sobre a produção de híbridos no Reino vegetal" serviu de referência para Darwin e Mendel (BIZZO, 2008).

Quando Mendel utilizou a ervilha como material para experimentação, sendo que sua observação era centrada na transmissão gênica, ele desenvolveu seu método com propriedades próximas aos trabalhos dos hibridadores. Mendel se considerava um hibridador quando fez referências em seus trabalhos aos colegas Kölreuter e Gärtner. Porém, ele se ocupava com as diferenças de um único caráter e não com a essência das espécies. Alguns métodos de Mendel também se aproximavam dos trabalhos dos cultivadores, como a preocupação com as regras da herança, o estudo de caracteres individuais e a preocupação com o melhoramento de plantas (MAYR, 1998).

Sua origem em uma família de agricultores e sua ligação com a Sociedade de Agricultura nos permite corroborar com Leite (2004) quando afirma que a convivência de Mendel com estilos de vida semelhantes aos dos hibridadores e cultivadores teria possibilitado a criação de um estilo de pensamento especial. O próprio Mendel reconhecia este fato quando afirmou:

Meu interesse em hereditariedade já começou como um menino na fazenda do meu pai em Heinzendorf em Moravia, uma província da Áustria. Meu pai tinha cavalos e vacas, galinhas e abelhas, ervilhas, feijões e flores - sempre fui um menino curioso e desinibido eu observava o melhoramento em animais e na formação de sementes em plantas (MENDEL, 1986, p. 749).

Ao analisar as principais contribuições do conhecimento deste período podemos afirmar que o vitalismo se destaca como uma corrente que perdurou na Biologia por um longo período, mas que no início do século XX começou a perder suas forças por vários motivos, entre eles porque acreditava que os organismos eram constituídos de uma substância especial diferente da matéria inanimada, o que era visto mais como um conceito metafísico do que científico e também porque não conseguiu comprovar a existência de uma força vital (MAYR, 2011).

O vitalismo perdeu ainda mais espaço assim que “a genética e o darwinismo (...) tiveram sucesso em oferecer interpretações válidas para os fenômenos que os vitalistas alegavam ser inexplicáveis a menos que se invocasse uma substância ou força vital” (MAYR, 2011, p. 36). O mesmo autor afirma que o fisicalismo e o vitalismo coexistiram em um mesmo período histórico. Logo, a disputa pela dita verdade ou explicação do fenômeno “transmissão” constituiu a discussão do pensamento biológico por longo período e garantiu aos cientistas da época elementos para a produção da Ciência que temos hoje. Na seção seguinte será apresentado o fisicalismo e suas contribuições para o conceito de transmissão gênica.

2.2.2 Mecanicismo/Fisicalismo – “as causas mecânicas”

A Ciência moderna surgiu em um contexto de acontecimentos como a Reforma Protestante², a transição do regime social feudal para o capitalismo, a ascensão da burguesia e tudo que está ligado a estes acontecimentos:

O renascimento do comércio e o crescimento das cidades, as grandes navegações, a exploração colonial, o absolutismo, as alterações por que passou o sistema produtivo, a divisão do trabalho (com o surgimento do trabalho parcelar), a destruição da visão de mundo própria do feudalismo, a preocupação com o desenvolvimento técnico, a Reforma, a Contra-Reforma. A partir de então, estava aberto o caminho para o acelerado desenvolvimento que a ciência viria a ter nos períodos seguintes (ANDERY *et al.*, 1996, p. 178).

Este novo modo de pensar a Ciência promoveu uma visão de mundo diferente da visão medieval, na qual as relações Deus-Homem foram substituídas pelas relações entre o homem e a natureza, surgindo a valorização da capacidade do homem de conhecer e transformar a realidade. A ruptura das ideias com o mundo medieval fez com que a fé não

² Movimento do século XVI que questionou as ideias religiosas que estavam na base do poder temporal da Igreja Católica e provocou a divisão do mundo cristão.

fosse mais considerada o único caminho para se chegar à verdade, gerando a necessidade de repensar a produção de conhecimento.

Um novo método precisava ser encontrado a fim de superar as incertezas e construir conhecimento de forma mais rigorosa e explicável. Pensadores como Galileu Galilei (1564-1642), Francis Bacon (1561-1626), René Descartes (1596-1650), Thomas Hobbes (1588-1679), John Locke (1652-1704) e Isaac Newton (1642-1727) trabalharam e foram construindo essas novas metodologias (ANDERY *et al.*, 1996).

A partir do século XVI, com a Revolução Científica, Descartes, contrapondo a ideias vagas da metafísica e do sobrenatural, procurou explicar todo o universo e a vida por meio de causas mecânicas (MAYR, 2011). Ele, em sua obra *Discurso do Método*, elaborou a nova maneira de ver o mundo físico: como uma matéria em movimento, cuja ordenação mecânica é criada por Deus, comparado a um relógio, mas que funciona sem qualquer intervenção sua, a não ser o da construção. Ele também se utilizou da mecânica para explicar fenômenos fisiológicos (NASCIMENTO Jr., 2010).

A comparação superficial entre um organismo e uma máquina permaneceu por boa parte deste século. O desenvolvimento da Física conduziu a Revolução Científica um passo adiante ao se basear em leis concretas sobre o funcionamento do céu e da Terra. Para os fisicalistas o mecanicismo significava acreditar que não havia diferença entre os organismos e a matéria inanimada (MAYR, 2011).

No que se refere à questão da herança, todas as observações feitas sugeriam algo ligado à transmissão gênica, mas o que quer que fosse era impossível ser analisado a olho nu. De fato, fenômenos relacionados à transmissão gênica como por exemplo a herança, a semelhança dos filhos com ambos os pais, foram usados como argumentos para explicar uma ou outra teoria da geração, mas não como um fenômeno a ser explicado por si. Em paralelo ao movimento fisicalista houve uma discordância entre duas tradições de pesquisas dentro das quais são elaboradas diferentes teorias para explicar a geração dos seres vivos: a pré-formação e a epigênese. A disputa, embora não se restrinja ao período moderno, se tornou particularmente importante com o surgimento do mecanicismo, pois as teorias pré-formacionistas pareciam a única explicação possível do desenvolvimento por causas mecânicas (BOTELHO, 2007).

Pelo fato das duas perspectivas gerais fornecerem diferentes ontologias, metodologias e princípios para a investigação de como ocorria o processo de desenvolvimento, “elas se alternaram enquanto tradição de pesquisa hegemônica para a teorização de fenômenos em um determinado nível dos sistemas vivos – a geração da

forma” (BOTELHO, 2007, p. 11). A teoria da epigênese, defendida inicialmente por Aristóteles, propunha que os seres vivos eram recriados a cada geração, em geral, orientados por forças vitais.

Os epigenesistas defendiam que os seres eram produzidos de novo e gradualmente a cada geração. A teoria da pré-formação buscava, a partir de estudos, comprovar que os seres vivos sempre existiram, formados desde o momento da criação, preconcebidos no ovo e apenas cresciam mecanicamente durante o desenvolvimento. Os pré-formacionistas argumentavam que nos ovos ou espermatozoides preexistiam animais minúsculos (Homúnculo) e a aparente geração dos seres vivos era, na verdade, apenas o crescimento de seres pré-formados. Os estudiosos buscavam compreender as relações de semelhança entre descendentes e seus progenitores, tanto em humanos como em animais, a partir de uma perspectiva que respaldasse os interesses dominantes da época (BOTELHO, 2007). A pré-formação coloca a geração dos seres no mesmo plano que a natureza, sendo criados por completo pelas mãos de Deus (JACOB, 2001).

Com a Revolução científica os novos métodos de observações e novos procedimentos de investigações possibilitaram avanços para a Ciência nos estudos da natureza e dos seres vivos. Robert Hooke (1635-1703) buscava entender o que conferia as características de leveza, fluabilidade e elasticidade da cortiça. No dia 15 de abril de 1663, ao visualizá-la em seu microscópio e evidenciar suas estruturas, publiciza suas observações sobre os cortes de plantas e, a partir de seus estudos, conclui que a leveza se deve ao ar retido dentro de pequenos espaços que ele denominou “celas” ou “células”. Ele também afirmou a presenças desses espaços em quase todo tipo de vegetal, mesmo ainda vivos (PRESTES, 1997).

A mesma autora afirma que ele foi o primeiro a observar uma estrutura que ele chamou de célula, mas não o identifica como o fundador da citologia, pois sob a luz das lentes de seu microscópio não podemos afirmar que ele havia identificado uma célula tal como a entendemos hoje. Devido à riqueza de descrição e detalhes de fatos da natureza advindos de suas observações, estas contribuíram mais com o desenvolvimento da microscopia do que realmente com a Teoria Celular. Devemos a ele o pioneirismo dessas observações e o nome célula (PRESTES, 1997). Hooke não buscava os mistérios da transmissão, pois não relacionava as estruturas de suas observações com a herança (MOORE, 1986).

O microscópio, neste período, mesmo com limite de resolução, se tornou uma ferramenta indispensável ao estudo dos seres vivos. Muitas descrições de anatomia de

plantas ou ainda tecidos vegetais foram feitas por estudiosos como Nehemiah Grew (1628-1711), Marcelo Malpighi (1628-1694) e Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723). Não se pode afirmar que suas observações eram sempre de células, pois eram estruturas estudadas independentemente umas das outras. Traziam denominações diferentes, como poros microscópicos, urículos, sáculos, bolhas, bexigas e, a partir de 1720, se tornou conhecimento comum entre os botânicos o fato de que as plantas eram constituídas destes espaços microscópicos, contudo, não se tinha ainda uma definição clara sobre o seu significado.

Leeuwenhoek, que fez as primeiras menções de células nos animais por meio de observações em unhas e cabelos, também estudou seu próprio sangue e de girinos, podendo visualizar o que ele chamou de “corpúsculos sanguíneos” que, ao longo dos anos, foram denominados de glóbulos, porém não se fazia ainda relações entre as células. Neste período, a produção científica não ficou estagnada, porém, existiam outros focos de pesquisa, tais como estudos anatômicos, fisiológicos, histológicos, embriológicos, sobre a geração e reprodução dos organismos. Entre 1665 e 1839 os glóbulos foram identificados em várias partes dos animais, porém nem sempre correspondiam à mesma coisa, e estes eram tidos como suficientes na estruturação corpórea dos animais, denominando aqui a teoria globular (PRESTES, 1997).

Estudos sobre a presença de substâncias viscosas que fornecem coesão aos grânulos e posteriormente o estabelecimento de relação entre elas e as células são investigações precursoras de estudos da célula. Lorenz Oken (1779-1851), ao publicar que os organismos são gerados a partir de pequenas bexigas ou células, fez uma relação entre as estruturas e a geração dos organismos. Em 1820 a construção de lentes objetivas acromáticas dos microscópios forneceu qualidade às imagens observadas e Henri Dutrochet (1776-1847) fez comparações entre as células vegetais e os glóbulos animais, nas quais percebeu, com suas observações, que a célula é parte básica das organizações dos corpos orgânicos (PRESTES, 1997).

Robert Brown (1773 - 1858) fez estudos e observações de plantas e constatou a presença e a importância do núcleo para a célula. Muitos estudos acerca da célula foram realizados até a formulação da Teoria celular pelos citologistas Matthias Jakob Schleiden (1804-1881) e Theodor Schwann (1810-1882). Passaram-se 176 anos desde a visualização da primeira célula até a formulação da teoria (PRESTES, 1997).

É comum atribuir essa demora ao pequeno número de cientistas e instituições que na época pesquisavam os seres vivos ou ao fato de não haver microscópios mais

sofisticados capazes de promover a capacidade de descrição da célula, já que eles só surgiram com o desenvolvimento da óptica e do polimento de lentes, no início do século XIX, ou ainda ao fato de Hooke ser mais praticista e menos teórico. Muitos estudiosos e pesquisadores atribuem o atraso de quase dois séculos no estudo da célula a essas limitações. Neste sentido, muitas vezes o mérito dos estudos da célula é direcionado apenas aos nomes de Hooke, Schleiden e Schwann, mas acreditamos, todavia, que mesmo que sejam cientistas eminentes nessa investigação, não é adequado atribuir a uma única pessoa ou a um número pequeno de pessoas o mérito de um dado avanço científico, pois a ciência é uma atividade coletiva (PRESTES, 1997).

Para os estudos de Hooke faltou uma nova percepção teórica sobre os seres vivos que viria a ser engendrada posteriormente por outros estudos relacionados à Biologia. No final do século XVII e início do século XIX tem-se o avanço do microscópio, no entanto o poder de aumento não sofreu modificações significativas antes da formulação da Teoria celular. Na verdade, o modo de olhar para a célula é que mudou e não a visualização dos detalhes das células. Por tudo aqui relatado podemos concluir que não podemos subestimar a ciência neste período que corresponde ao da Revolução científica (PRESTES, 1997).

Graças ao estudo das células foi possível construir a fundamentação de outra base estruturante da Biologia. A teoria celular contribuiu para o estabelecimento da unidade do mundo vivo, pois considerava o fato de que tanto os animais como as plantas consistiam do mesmo elemento fundamental, as células (MAYR, 1998).

Surgiram diversos modelos microscópicos anteriores e contemporâneos a Mendel que envolviam partículas com o intuito de explicar os processos de transmissão. As teorias eram propostas no sentido de explicar tudo que envolve o processo de transmissão dessas partículas (POLIZELLO; MARTINS, 2012). Neste período, o estudo da célula se tornou uma Ciência especialmente tratada como a portadora do material hereditário preservado, permitindo explorar a natureza material da herança e traçar caminhos que localizassem a essência da transmissão gênica (ARAÚJO, 2015).

Francis Galton (1822-1911), primo de Darwin, publicou seu primeiro artigo sobre a transmissão em 1865, explicando que as qualidades mentais e físicas eram herdadas, porém as qualidades mentais, segundo ele, tinham menor semelhança entre os pais e os descendentes quando comparadas a semelhanças relacionadas a características físicas. Ele desconhecia o mecanismo da transmissão gênica e constatou que um indivíduo podia transmitir alguma característica que não se apresentava nele por estar presente naquele indivíduo em sua forma “latente”. Ele denominou as características manifestadas como

“patentes”. Ele se preocupava com a manutenção das características desejáveis nos descendentes, apresentando ideias sobre eugenia, que consistia na busca pelo conhecimento de como promover a manutenção das características desejáveis à época (POLIZELLO, 2011).

Araújo (2015) afirma que Galton objetivava desenvolver uma ciência eugênica que, por meio de ferramentas estatísticas e biológicas, identificaria e estimularia a transmissão e perpetuação social daqueles que apresentassem melhores características. Ele buscava a ideia de melhoria da raça humana por meio da motivação de casamentos precoces entre homens e mulheres que possuíam certos talentos. Ele defendia que “as suas ideias sobre eugenia fossem adotadas com uma grande extensão e força na sociedade, defendendo-as até a última década de sua vida” (p. 33).

Em 1872 ele propôs que a substância hereditária era transmitida dos progenitores aos descendentes sem sofrer alterações. Com seus estudos afirmou que a hipótese de herança de caracteres adquiridos incluía muitas questões não evidenciadas e de difícil verificação (MARTINS, 2010). Durante a década de 1880 continuou buscando as leis da herança, desenvolvendo experimentos com sementes e analisando o fenômeno da reaparição em um descendente de caracteres de um ascendente remoto e que permaneceram latentes por várias gerações, o atavismo. Utilizava como material experimental sementes de ervilhas, dados sobre características dos seres humanos, tamanho das asas de mariposas, cores de cães da raça *bassets*, etc. (POLIZELLO, 2011).

No final do século XIX Galton avança em seus estudos sobre a transmissão gênica buscando novas compreensões para o significado da probabilidade e se valendo dos conceitos de regressão e correlação. Sendo um dos primeiros a fazer uso de ferramentas estatísticas para o estudo da herança, seu estudo permitiu uma análise matemática da variação e da herança dos seres vivos que passaram a ser estudadas como dois efeitos do mesmo processo: a combinação e a transmissão de fatores hereditários na população (ARAÚJO, 2015).

Com o propósito de aplicar os pressupostos da teoria da seleção natural ao ser humano, Galton cunhou o termo “eugenia” ou “bem-nascido”. A eugenia pode ser definida como um movimento científico e social que teve início no final do século XIX, com foco no estudo da transmissão gênica, buscando, por meio de instrumentação matemática, estatística e biológica, identificar as melhores características físicas e não físicas e até mesmo degenerativas dos seres humanos, com o objetivo de estimular a sua reprodução ou evitá-la. Galton propôs uma teoria da herança articulada ao desenvolvimento do debate

biólogo naquele período visando “criar procedimentos de controle reprodutivo selecionadores das características que representariam o melhoramento genético do ser humano” (CONT, 2008, p. 204).

Neste período, os estudos relacionados à Biologia se tornam aliados da direita política e se constituem essenciais para uma ideologia burguesa teoricamente igualitária, sob a forma de racismo, que culpabilizava as desigualdades humanas da sociedade explicando que os pobres eram pobres por terem nascido inferiores. Suas relações com a ideologia se tornam mais evidentes quando analisamos sua proposta de eugenia (HOBSBAWM, 2017b).

A má reputação e algumas visões preconceituosas a respeito das propostas eugênicas são reflexos dos movimentos sociais que se espalharam durante o século XX. A condição social na Europa, nesse período, era de crise. A Inglaterra vivia o seu processo de industrialização e um aumento do crescimento populacional, possibilitando a propagação das ideias eugênicas numa sociedade marcada pela miséria do trabalhador urbano e industrial. Após o término da Primeira Guerra Mundial as condições alemãs se agravaram, ocasionando o desenvolvimento da perspectiva da eugenia. O motivo de descrédito quanto à eugenia se deve a sua associação com o holocausto nazista, já no final da Segunda Guerra Mundial (BIZZO, 2008). Os estudos de Galton objetivaram fornecer fundamentação teórica para não só compreender os mecanismos da transmissão gênica, como também contribuir com procedimentos selecionadores de melhores características, fomentando sua proliferação e impedindo a ocorrência de características consideradas degenerativas.

Em 1864 Herbert Spencer (1820–1903), estudando a capacidade da regeneração de alguns animais, propôs um estudo da transmissão e do desenvolvimento que considerava a existência de unidades fisiológicas vivas, presentes em todas as células do corpo, que ele chamou de “unidades intermediárias” capazes de se auto organizar, produzir a regeneração e serem responsáveis pela transmissão gênica. Spencer atribuía grande importância à transmissão de caracteres adquiridos como mecanismo evolutivo, suas explicações sobre as unidades intermediárias levaram-no a pressupor os casos de herança mais comuns de caracteres adquiridos e atavismo. Ele influenciou Darwin em vários aspectos no que se refere ao fenômeno da herança e dos caracteres adquiridos (POLIZELLO; MARTINS, 2012).

Muitas discussões citológicas sobre transmissão gênica nos remetem às ideias do botânico suíço Karl Wilhelm von Nägeli (1817-1891) que representou uma importante

contribuição para a fisiologia vegetal. Nägeli considerava que o plasma era formado por micelas submicroscópicas, ou seja, grupos de moléculas que ele acreditava serem unidades estruturais importantes para a matéria viva. Ele propôs a existência de uma substância específica como base da transmissão, cujo arranjo e composição molecular determinariam a característica, baseando-se em observações de grãos de amido e sugeriu também que o protoplasma de um organismo era formado por dois componentes: protoplasma nutritivo e idioplasma, que seria a parte do protoplasma constituída por longos filamentos que passariam de célula a célula (POLIZELLO; MARTINS, 2012).

O pesquisador associou a herança não com a transmissão da célula como um todo, mas com a transmissão do idioplasma, que não foi apresentado ligado a nenhuma estrutura celular em particular. Para ele o protoplasma não desempenhava um papel direto na herança. Todavia, após a publicação das suas ideias, diversos autores identificaram o idioplasma com o núcleo (BOTELHO, 2007).

Nägeli não aceitou bem o trabalho de Mendel, afinal, se aceitasse as conclusões de Mendel reconheceria que sua própria teoria estava equivocada, tendo em vista que tinha elaborado uma proposta de teoria miscível, uma teoria da herança explicada pela mistura da transmissão gênica de ambos os progenitores, diferente dos estudos de Mendel (MAYR, 1998).

August Friedrich Leopold Weismann (1834-1914), por sua vez, desenvolveu seu primeiro trabalho sobre transmissão em 1883. Nele discutia sobre os mecanismos de hereditariedade e a questão da herança de caracteres adquiridos. Propôs uma teoria em que a essência da herança era a transmissão de uma substância nuclear de estrutura molecular específica. Ele analisava a constituição do material hereditário no núcleo celular e seu comportamento nos processos de divisão e diferenciação se baseando nos estudos citológicos da época. O “plasma germinativo”, resultado de seu trabalho sobre hereditariedade, que era basicamente teórico, corresponde a sua principal contribuição ao debate sobre herança de caracteres adquiridos (MARTINS, 2010).

Para ele “a essência da hereditariedade é a transmissão de uma substância nuclear que tem uma estrutura molecular específica” e as mudanças desta substância podem provocar modificações nos seres vivos. O mecanismo de transmissão, variação e evolução se baseia não na constância do caráter adquirido, mas nos atributos de uma estrutura molecular (JACOB, 2001, p. 223).

Weismann propôs que o núcleo celular dos gametas era o responsável pela transmissão das características hereditárias. Sua teoria do mecanismo da herança

contribuiu para que se passasse a atribuir aos cromossomos a função da transmissão gênica. Após a morte de Darwin, em 1883, ele passou a aceitar a continuidade do plasma germinativo e deixou de aceitar a herança de caracteres adquiridos (POLIZELLO; MARTINS, 2012).

Entre os anos de 1875 e 1880, análises de eventos da divisão celular evidenciaram o núcleo como um órgão altamente estruturado e de uma composição muito específica, tais estudos contribuíram para o refinamento das pesquisas sobre a transmissão gênica. Sob o ponto de vista citológico, no final do século XIX e início do século XX, vários autores como Weismann e Oscar Hertwig (1849-1922) já tinham proposto que os elementos responsáveis pela transmissão das características hereditárias estavam localizados no núcleo (MAYR, 1998).

Seus trabalhos ainda não explicavam a questão da separação absoluta entre o plasma germinativo e o somático nem se poderia ou não existir influências do ambiente sobre o plasma germinativo. Seus experimentos não eram, portanto, conclusivos, tinham vários problemas e suas descrições eram incompletas, sem a presença de análise estatística, apresentando falhas importantes em seu planejamento, como ignorar o princípio dos mecanismos de transmissão (MARTINS, 2010).

Neste período de intensas pesquisas a respeito da transmissão gênica a concepção fisicalista sobre os estudos dos seres vivos já não se mostrava suficiente para explicar o que é a vida ou mesmo questões que envolvessem a herança, devido ao surgimento de novos conhecimentos e pelo fato de que uma explicação puramente mecanicista não dava conta de explicar os processos biológicos (NASCIMENTO Jr., 2010; MAYR, 2011). Mayr (1998) afirma que

O aparato explicativo das ciências físicas é insuficiente para dar conta dos sistemas vivos complexos, e, em particular, da interação entre informação historicamente adquirida e as respostas desses programas genéticos sobre o mundo físico. Era preciso avançar em busca de uma nova corrente filosófica (p. 71).

O conceito de transmissão gênica até o final do século XIX ainda era objeto de especulações infundadas e muitas teorias embasadas no essencialismo: a transmissão por mistura, a herança dos caracteres adquiridos (MAYR, 1998). Neste sentido, compreendendo as fragilidades das correntes filosóficas em vigência ao longo de décadas, os pesquisadores entenderam que era preciso avançar em busca de uma nova forma de

pensar o desenvolvimento do pensamento biológico, construindo os elos para a corrente organicista.

As correntes filosóficas vitalismo e fisicalismo se constituíram em grandes pontos de embates na construção do pensamento biológico no século XIX e até as primeiras décadas do século XX. Essa discussão se encerrou no momento em que estudos e conclusões apontaram que as manifestações do desenvolvimento e da vida são controladas por programas genéticos (MAYR, 1998).

2.2.3 Organicismo - “o todo é mais do que a soma das partes”

Hobsbawm (2017c, p. 401) afirma que “nenhum período da história foi mais penetrado pelas ciências naturais nem mais dependente delas do que o século XX”.

A corrente organicista foi construída pela necessidade de se avançar em busca de uma nova base teórica para a Biologia, um novo sistema explicativo, a partir da observação do desenvolvimento dos organismos, se apoiando nas constantes mudanças da natureza. Os organicistas se opunham ao reducionismo dos fisicalistas, pois ele não era capaz de explicar as características que surgem em níveis mais complexos de organização. Os seres vivos não são simplesmente um conjunto de características e suas funções dependem de sua organização, de suas inter-relações, interações e interdependências, sendo constituídos de sistemas ordenados, altamente complexos, considerando o programa genético relacionado ao controle das atividades em cada nível do organismo (MAYR, 2011).

Já não se podia ignorar o modo de pensar organicista para os conceitos da Biologia. Todas as áreas da Biologia tiveram períodos de estagnação e períodos de avanços muito acelerados na produção de seus produtos científicos. Grande parte dessas atividades foi devido ao crescimento da profissionalização da Ciência, ao aperfeiçoamento do microscópio e ao rápido desenvolvimento da Física e da Química (MAYR, 1998). O recente crescimento da área de Biologia Celular está relacionado com o desenvolvimento tecnológico. A microscopia, uma ferramenta tradicional dos estudiosos celulares, tem se sofisticado permitindo que sejam realizados estudos sobre o interior da célula.

A relação entre Ciência e tecnologia se desenvolve, tornando-se capaz de modificar cada vez mais o mundo e o próprio ser humano, conquistando assim destaque na sociedade contemporânea. No entanto, esta relação está submetida ao modo de produção capitalista, no qual se estabelece um sistema de exploração do trabalho e de submissão do trabalhador às forças produtivas. A ciência e a tecnologia se originaram de demandas oriundas da prática social, no sentido de atender a necessidades sociais (OLIVEIRA, 2019).

A Ciência se constitui em uma organização do conhecimento como forma de compreensão da natureza e a tecnologia se consolida de forma associada a uma transformação da natureza, que se dá com a utilização de seus recursos para a produção com fins de consumo. “Assim, a tecnologia pode ser compreendida como a objetivação do trabalho e, de certa forma, também uma objetivação do conhecimento científico” (OLIVEIRA, 2019, p. 138).

O desenvolvimento do conceito de transmissão gênica e das áreas da herança reportam a questões éticas envolvidas na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, refletindo sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (NASCIMENTO Jr., 2010). Mayr (1998) afirma que o avanço no desenvolvimento de novos instrumentos e de novas técnicas na Biologia molecular pôde ampliar a quantidade de detalhes microscópicos visíveis e o uso de diferentes tipos de organismos experimentais. Nesse sentido, a escolha da técnica correta com um adequado material biológico é essencial para o estudo dos fenômenos biológicos. A concepção estrutural e individual da herança e a ideia da transmissão gênica durante o século XX se fortaleceu.

Cientes de que o “modo de produção do homem muda ao correr dos séculos e seu tipo de trabalho vai, da mesma forma, se modificando e, como ele, a sua visão do mundo e o mundo propriamente dito” (NASCIMENTO Jr., 2010, p. 169), muitos estudos e investigações sobre o conceito de transmissão gênica, neste momento histórico, começaram a ter novos olhares, como veremos nas discussões seguintes.

Os principais estudos e pesquisas referentes a Darwin correspondem a sua obra “*A Origem das Espécies*” (1859) que discorre sobre a evolução dos seres por meio da seleção natural, porém pouco se fala de seus estudos sobre transmissão e herança ou ainda sobre a sua teoria da hereditariedade. Darwin não conhecia os mecanismos de transmissão gênica, seus estudos e investigações a respeito dessa temática eram realizados a partir de observações e sínteses. Sobre o estudo da transmissão gênica ele faz uma importante consideração:

a parte mais importante da organização de cada ser vivo é adquirida através da transmissão de caracteres por hereditariedade. Consequentemente, apesar de cada ser vivo estar seguramente adaptado ao lugar que ocupa na escala da natureza, terá muitas estruturas que herdou e que atualmente não estarão direta nem proximamente relacionadas com os seus hábitos de vida presentes. (DARWIN, 2009, p. 175).

Em sua obra “*As variações dos animais e plantas sob domesticação*” de 1868, Darwin apresenta estudos detalhados sobre a domesticação de animais e plantas e faz referências a sua teoria sobre a hereditariedade, a qual denominou “pangênese”. Ele apresenta suas ideias a respeito da herança, que envolve a transmissão de caracteres adquiridos, ideias essas que são essenciais para se compreender os vários aspectos da própria teoria de evolução. Ele afirma que a transmissão gênica é governada por várias leis e que nem todas as características adquiridas são herdadas e nem sempre é possível tirar uma conclusão definitiva a respeito das questões da transmissão. Aponta ainda que existe uma extensa área de assuntos sobre a herança e que todas as temáticas que abordem a questão da transmissão gênica são interessantes (DARWIN, 1868).

Darwin explica que a evolução das espécies podia ser causada por vários fatores, incluindo a transmissão dos caracteres adquiridos, dando exemplos de animais domésticos. Considerava, por exemplo, que as orelhas caídas dos cães, porcos e outros animais domésticos eram devido ao desuso e que o desenvolvimento dos úberes das vacas havia sido causado pelo uso. A hipótese provisória da pangênese ou especulação não pretendia, contudo, dar uma resposta aos fenômenos da herança como entendido hoje ou descrever como ocorria a transmissão gênica (MARTINS, 2010).

A teoria da pangênese visava explicar fenômenos como reprodução, metamorfose, regeneração e atavismos (reaparição em um descendente de caracteres de um antepassado remoto e que permaneceram latentes por várias gerações). Buscava organizar uma vasta quantidade de fenômenos antes desconexos e pouco entendidos (BOTELHO, 2007). Ele buscou compreender como ocorria a transmissão de características, como era possível, por exemplo, uma característica apresentada por um ancestral remoto reaparecer em seus descendentes. Ele defendeu que gêmulas, minúsculas partículas provenientes de todas as partes do corpo, seriam, durante a multiplicação por divisão, transmitidas da célula mãe para as células filhas (POLIZELLO; MARTINS, 2012).

Tal fato pode ter servido de estímulo para que outros estudiosos apresentassem suas próprias explicações para a transmissão gênica (BOTELHO, 2007). Darwin afirmava que

as espécies se foram modificando durante o seu longo curso da descendência. Estas modificações efetuaram-se principalmente através da seleção natural de uma sucessão de numerosas variações ligeiras, vantajosas para o indivíduo; com a importante intervenção da transmissão dos efeitos do uso e do desuso das partes e dos órgãos (2009, p. 411).

A teoria da pangênese foi refutada por Weismann e Wolf no final do século XVIII, pois não havia comprovação experimental da formação de gêmulas que formariam os gametas, sendo assim não existiria a herança dos caracteres adquiridos. Posteriormente, a integração entre os conhecimentos da genética de Mendel e os de evolução de Darwin resultaria na Teoria Sintética da Evolução, centrada nos fenômenos de mutação e seleção que buscavam explicar a evolução lenta e gradual dos organismos vivos (JUSTINA, 2001).

Darwin e Mendel tinham estudos muitos parecidos acerca da herança, porém Darwin não chegou aos mesmos modelos de Mendel, pois havia distinções de perspectivas teóricas sobre definições básicas de fatores internos e externos na determinação das características dos seres vivos (BIZZO, 2008). Quando Darwin escreveu a teoria da evolução não sabia como as características eram transmitidas. Para o autor os aspectos contraditórios eram a estabilidade da Teoria da Herança em relação à transmissão e à mobilidade da Teoria da Evolução, explicando assim as mudanças que permaneceriam nos seres vivos (NASCIMENTO Jr., 2010).

Mukherjee (2016) faz uma relação entre as pesquisas de Mendel e Darwin, afirmando que para o último a história natural reconstruía a história observando a natureza, e com isso classificava as plantas, organizava os espécimes e fazia a taxonomia. Já Mendel, por meio da experimentação, manipulava organismos, promovia a fertilização cruzada de subespécies, testava hipóteses, realizava cruzamentos de plantas, contava sementes, isolava características. O autor assevera que

Darwin e Mendel deram seus saltos cruciais fazendo variantes da mesma pergunta: Como a “natureza” surge? A pergunta de Mendel era microscópica: Como um organismo individual transmite informações a seus descendentes da geração seguinte? A de Darwin era macroscópica: Como organismos transmutam informações sobre suas características ao longo de mil gerações? Com o tempo, essas duas visões convergiram e ensejaram a mais importante síntese da biologia moderna e a mais poderosa compreensão da hereditariedade humana (MUKHERJEE, 2016, p. 37).

Mendel, como já mencionado, foi um dos grandes nomes relacionados ao estudo da transmissão gênica. Filho de agricultores, nasceu em 22 de julho de 1822, em Heizendorf, uma pequena cidade na província da Silésia, região do Império Austro-Húngaro. Durante sua infância Mendel auxiliava seu pai nas atividades rotineiras, no cultivo e colheita de frutos. A prática e as técnicas agrícolas o aproximou do coletivo dos agricultores. O trabalho com a família de agricultores influenciou, assim, a obra de Mendel (BITTENCOURT, 2013; LEITE, 2004).

Ele frequentou a escola na qual Thomas Makitta era professor. Makitta, além de lecionar disciplinas da educação básica, lecionava também História Natural e Ciência Natural. Sendo assim, Mendel teve a oportunidade de, num jardim da escola, aprender sobre as ciências modernas, além de tópicos específicos comuns como a fruticultura e a apicultura. Ao concluir o curso de filosofia Mendel buscava por uma profissão que lhe desse sustento. Em 14 de julho de 1843, Friedrich Franz enviou uma carta indicando Mendel a um amigo de um mosteiro em *Altbrunn (Königinkloster)*. Nela ele relatava sobre seu empenho nos estudos e sua sólida formação científica. Mendel foi aceito no mosteiro e assumiu sua posição de noviço, momento em que o nome Gregor foi colocado antes de seu nome de batismo, resultando em Gregor Johann Mendel (LEITE, 2004).

Ele comprou para si um microscópio para examinar as partes diminutas das flores e desenvolver atividades e interesses relacionados às Ciências Naturais. O objeto de estudo de Mendel era explicar a transmissão gênica a partir de experimentos com ervilhas. Ele importou 25 variedades de ervilhas e realizou os cruzamentos escolhendo algumas características, como altura, forma dos grãos, cor da flor, entre outras. Utilizou da estatística para analisar dados e chegar a resultados referentes aos cruzamentos entre as ervilhas. Ele observou que 22 dessas variedades permaneciam constantes quando auto fertilizadas. Em seguida, escolheu sete pares de características distintas para uma experiência final (MAYR, 1998).

Mendel não compartilhava da ideia de herança adquirida e tinha esperança que suas experiências viessem a completar as lacunas deixadas nos trabalhos que leu de Charles Darwin. Ele também discordava da noção da mistura ou combinação dos caracteres dos progenitores e, por isso, estudou a expressão dos caracteres, tomando-os individualmente. Defendia que a transmissão ocorria à geração seguinte com quantidades discretas e de forma independente, acreditando que os caracteres individuais não se misturavam durante a fecundação (LEITE, 2004).

Inovou a forma de analisar as questões acerca da transmissão gênica com uma abordagem que não estudava o indivíduo particularmente, observava grandes populações de descendentes e todos os membros das gerações, anotando o tempo, posições do sol e outros fenômenos variáveis. Apresentava conceitos biológicos ao mesmo tempo em que seus métodos eram de generalizações numéricas e análise estatística, o que o levou para uma abordagem populacional da herança. “Mendel abriu as portas para a pesquisa moderna e chegou mais próximo da compreensão da herança do que qualquer pesquisador da sua época” (JUSTINA, 2001, p. 41).

Em seus estudos sobre a herança acrescentou as práticas de hibridização avançadas, teoria celular, procedimentos estatísticos combinatórios e uma abordagem reducionista – o que acabou por facilitar seu estudo experimental sobre a transmissão gênica. Seu objeto de estudo apresentava poucas variações de caracteres, os quais eram reduzidos com respeito a poucos elementos ou fatores. Para ele os fatores de transmissão são livremente permutados e distribuídos durante a formação das células germinativas (ARAÚJO, 2015).

Em meio a tantas aquisições relacionadas ao conceito de transmissão gênica analisadas até aqui, sob um olhar dialético, entendemos que não se exclui o que já foi construído, este deve ser transformado e superado historicamente para a construção de novas sínteses. A transmissão entendida por Aristóteles como uma substância amorfa trabalhada por uma ideia formante, passada de geração em geração, podia ser agora entendida, a partir dos estudos de Mendel, pelos fatores que controlam um conjunto de células. A comunidade científica da época não percebeu a importância da contribuição de Mendel, nem mesmo compreendeu seu significado. De fato, tal reconhecimento somente veio a acontecer algumas décadas mais tarde quando, finalmente, os fatores identificados por Mendel puderam assumir um papel concreto dentro da Biologia por meio das mãos dos pesquisadores do início do século XX que retomaram os seus estudos (NASCIMENTO Jr., 2010).

Em um dos documentos originais de uma palestra apresentada por Mendel em uma conferência para a Sociedade Brunn para o Estudo das Ciências Naturais, em 1865, ele afirmou que podia ver em seu microscópio bastante rudimentar os minúsculos grãos de pólen, mas não os fatores responsáveis pela transmissão dentro deles. Neste documento ele idealizou dizendo que algum dia um “poderoso microscópio” seria inventado para que os homens pudessem “ver os fatores responsáveis pela transmissão”, e que talvez um dia “químicos inteligentes” seriam “capazes de nos dizer sua composição química” (MENDEL, 1986, p. 752). Nesse mesmo documento ele reconhece que muito mais trabalho precisaria ser feito no campo de pesquisa sobre herança para que o conhecimento pudesse avançar.

Nesta apresentação de seus experimentos Mendel relata que foi questionado por um botânico sobre as relações entre o seu trabalho e a origem de uma nova espécie e com os trabalhos de Darwin. Mendel afirmou estar convencido de que os estudos sobre híbridos eram importantes para a história evolutiva da forma orgânica. Afirmou ter lido os livros de Darwin e também do seu avô, Erasmo Darwin, denominado *Zoonomia*, com o intuito de

conhecer mais sobre o tema da evolução. Ele acreditava que faltava algo na teoria da “seleção natural” de Darwin. Em seu discurso Mendel declarou:

Concluo com algumas observações sobre a possível relação do meu trabalho com a evolução da forma orgânica e sobre a minha decepção que meus estudos não parecem ser conhecidos ou compreendidos, e que, por causa de meus deveres administrativos no mosteiro, agora sendo o abade, não tenho tempo para mais investigações (1986, p. 749).

Mendel faleceu em 1884, aos 62 anos, vítima de uma nefrite, sem imaginar que alguns anos depois seria considerado um dos fundadores da Teoria da Herança (LEITE, 2004). O estudo da distribuição dos caracteres só foi possível graças as suas observações sobre as gerações descendentes. Seus trabalhos tiveram um grande reconhecimento na comunidade científica quando foi redescoberto em 1901 pelo médico e botânico Hugo de Vries (1848-1935) (ARAÚJO, 2015).

De Vries, outro importante estudioso, propôs sua teoria da herança, a pangênese intracelular, que relacionava a hipótese da pangênese de Darwin com estudos citológicos da época, porém ele discordava da suposição de que as gêmulas circulavam no organismo indo até os órgãos sexuais. De Vries propôs que unidades complexas vitais menores que as células seriam responsáveis pela herança. Em sua teoria da pangênese intracelular substituiu o termo gêmulas por pangenes, partículas não visíveis ao microscópio que representariam características específicas individuais localizadas no interior do núcleo celular, que durante a divisão celular se multiplicavam, sendo responsáveis pela transmissão de características do novo organismo (POLIZELLO; MARTINS, 2012).

De Vries, em 1900, juntamente com Carl Erich Correns (1864-1933) e Erich Von Tschermak-Seysenegg (1871-1962), pesquisando a ideia da transmissão gênica, encontraram os trabalhos de Mendel que tinham um modelo hipotético sobre a existência de fatores invisíveis transmitidos pelos gametas e que não se misturavam (NASCIMENTO Jr., 2010).

Um estudo importante de sua teoria de herança afirmava que os pangêneses, apesar de serem independentes, podiam se agrupar e a transmissão gênica ocorreria independente uma da outra, explicando que híbridos apresentavam uma mistura das características de seus progenitores. De Vries presumiu que a química da época não podia explicar a herança, mas que no futuro poderia (POLIZELLO; MARTINS, 2012).

O avanço das práticas, das técnicas de hibridização e a adoção de linhagens puras experimentais permitiram construir ferramentas para inferir a constituição genética dos

indivíduos, contribuindo ainda mais para a compreensão do conceito de transmissão gênica (ARAÚJO, 2015).

Considerando as condições socioeconômicas desta época compreendemos a adoção da concepção de linhagens puras. A adoção de linhagens puras permitia a fixação das características, sua identificação e reprodução, sendo fundamental em pesquisas na ciência básica da herança, facilitando o controle de produção de derivados dos organismos vivos como sementes, vinagre, vinhos, cerveja e vacinas, levando ao desenvolvimento de genealogias mais detalhadas. Os laboratórios de pesquisa relacionados à questão da herança reproduziam as práticas do contexto industrial, constituindo um novo espaço organizacional em que a transmissão gênica passava a ser manipulada (ARAÚJO, 2015).

Nas primeiras décadas do século XX a teoria do gene³, sintetizada por Thomas Hunt Morgan (1866-1945), se apoiou na interpretação neo-preformacionista do desenvolvimento. A geração da forma foi tratada como a manifestação de partículas hereditárias localizadas nos cromossomos, capazes de determinar as características do organismo. (BOTELHO, 2007).

A pureza permitia uma maior exatidão, produtividade e controle na produção agrícola e industrial das matérias-primas orgânicas. O desenvolvimento de ferrovias e barcos a vapor, ainda na segunda metade do século XIX, permitiu que fossem estabelecidos novos mercados para os bens agrícolas, promovendo o crescimento de grandes indústrias de alimentos. Os estudos e análise eram realizados em locais agroindustriais, onde eram desenvolvidas pesquisas aplicadas ligadas à genética, à microbiológica e à bioquímica, promovendo manipulação e recombinação da vida. Os novos estudos pressupunham que a herança só poderia ser explicada pela transmissão de unidades distintas de informação dos genitores aos descendentes, o alelo⁴ fornecia uma cópia dessa informação (ARAÚJO, 2015). Todas essas descobertas contribuíram para os avanços advindos no século XX.

O organismo herdava um alelo de cada genitor, um alelo proveniente do espermatozoide e o outro do óvulo, ou seja, a contribuição dos dois sexos era equivalente na produção de uma nova geração. Cada característica era denominada de fatores, que

³ Um segmento do DNA que codifica um produto biológico funcional (polipeptídeo ou RNA) é o conceito molecular clássico de gene. Porém devido a novos estudos acerca deste conceito, surgem dificuldades à compreensão usual do conceito de gene. Uma definição única não é possível ou necessária. Ao contrário, o pluralismo de modelos e conceitos é provavelmente mais poderoso, desde que o conhecimento de cada conceito ou modelo sejam claramente definidos (JOAQUIM; EL-HANI, 2010).

⁴ Alelo - do grego *allos*, variantes de uma característica presentes em uma sequência do gene. Alelos em geral se originam de mutações e podem ser responsáveis por variações fenotípicas. Um gene pode ter mais de um alelo (MUKHERJEE, 2016).

eram apresentados em dose dupla, de forma independente uns dos outros. Um alelo identificado como dominante⁵ podia prevalecer sobre o outro que seria considerado como recessivo. Quando o alelo dominante estava presente o alelo recessivo⁶ parecia desaparecer, mas quando uma planta recebia dois alelos recessivos, o recessivo refazia sua característica (NASCIMENTO Jr., 2010; MUKHERJEE, 2016).

Pós-Mendel se buscava identificar a localização, constituição e funcionamento dos fatores de transmissão. A teoria da herança mendeliana não ficava apenas nas descrições, mas possibilitava interpretações dos resultados a partir da constituição dos gametas. As “leis⁷ de Mendel” proporcionaram o desenvolvimento de vários estudos nos dez anos seguintes sobre a validade do estudo de cruzamentos de animais e plantas (NASCIMENTO Jr., 2010).

Foram os neomendelianos como De Vries, William Bateson (1861- 1926) e Johannsen que reiteraram as pesquisas de Mendel e que tornaram possível a confirmação das ideias de Mendel e, também, de Darwin. Em 1905 Bateson analisou os documentos que permitiam esclarecer certos dados sobre a pesquisa e vida de Mendel. Porém muitos dos artigos, trabalhos e até documentos pessoais foram queimados após sua morte. Outros estudos publicados foram em revistas de difícil acesso. Somente após 16 anos da morte de Mendel suas ideias foram abordadas novamente (BITTENCOURT, 2013). Em 1906 ele formulou o termo “genética”, que foi adotado para designar o conceito ampliado da ciência que trata das questões da herança e da transmissão gênica. Ele procurava explicar a transmissão gênica e o desenvolvimento simultaneamente. Também formulou os termos alelo, heterozigoto e homozigoto (MAYR, 1998).

Na Inglaterra as mulheres frequentavam as universidades a fim de que, quando formadas, pudessem trabalhar em pesquisas. No entanto, as oportunidades eram limitadíssimas. Ao final da década de 1880 o professor Bateson aproveitou a disponibilidade de estudantes mulheres do *Newham College*, na Inglaterra, e as contratou

⁵ Mendel em seus estudos de cruzamentos com as plantas chamou de dominantes as características que prevaleciam e de recessivas as características que desapareciam. Os alelos dominantes são aqueles que se expressam em uma característica quando os alelos são iguais (homozigotos), ou mesmo quando os alelos são diferentes (heterozigotos), podendo ser um dominante e um recessivo ou dois dominantes (MUKHERJEE, 2016).

⁶ Os alelos recessivos são aqueles que se expressam em uma característica apenas em homozigose, quando os alelos são iguais, ou seja, quando os pares de alelos são recessivos (MUKHERJEE, 2016).

⁷ As leis “se referem a um enunciado lógico geral que é direta ou indiretamente aberto a confirmação ou falseamento observacional, e que pode ser empregado em explicações e previsões, são constituintes de qualquer análise ou explicação científica” (MAYR, 2011, p. 94).

para formarem grupos de estudo objetivando estudar a descontinuidade das espécies e a herança das características (NEVES; STEFANELLO, 2018).

Edith Rebecca Saunders (1865-1945) participou como pesquisadora do grupo de Bateson e desenvolveu um trabalho de hibridação em plantas, se destacando dos demais membros do grupo pela sua capacidade de condução de experimentos controlados. Mesmo não conhecendo o trabalho de Mendel a pesquisadora realizou seus cruzamentos obtendo conclusões semelhantes as dele. Assim que seu grupo teve conhecimento das publicações de Mendel, os trabalhos desenvolvidos por Edith Saunders agregaram respostas mais precisas aos estudos sobre a transmissão gênica (NEVES; STEFANELLO, 2018). Os autores asseveram que o reconhecimento de Edith Saunders como pesquisadora “abriu espaço para que outras mulheres, posteriormente, pudessem constituir grupos de pesquisa e trabalhar em ciência” (NEVES; STEFANELLO, 2018, p. 4).

De Vries foi muito mais que um redescobridor de Mendel, pois se tornou uma grande figura no movimento histórico da construção do conceito da transmissão gênica. Ele promoveu a ideia de dissecar as diferenças entre os indivíduos em caracteres únicos, demonstrou o funcionamento da segregação mendeliana numa grande variedade de espécies de plantas e desenvolveu o conceito da mutabilidade das unidades genéticas (MAYR, 1998).

Como já evidenciado até aqui, a transmissão gênica e a Teoria da Herança são questões tão antigas quanto o homem, mas somente a partir do século XX, com a redescoberta dos trabalhos de Mendel, foi possível abordá-las com eficientes métodos de pesquisa. Neste momento começou o período de intensas investigações com grandes avanços no conhecimento dessa teoria, como as previsões sobre modos de transmissão e o teste dessas previsões (JUSTINA, 2001).

Entre o período de 1902-1915 a teoria cromossômica foi uma hipótese desenvolvida que trouxe maiores aprofundamentos nas questões da organização espacial da transmissão. Explicando-a em termos da Biologia Celular, os mecanismos da transmissão dos fatores mendelianos presentes nos cromossomos reforçam a compreensão da transmissão em termos de estrutura e organização material (ARAÚJO, 2015; NASCIMENTO Jr., 2010). Fato este que evidencia uma forte relação entre os estudos e modos de pesquisas entre as teorias Celular e da Herança, o que corrobora as discussões das teorias mais empiristas da Biologia, juntamente com a teoria da homeostase.

Neste período, os estudos de herança não eram muito consensuais. O cenário que o constitui é o de profundas disputas ideológicas e políticas que dividiam o mundo pelo

confronto entre o comunismo anticapitalista, representado pela URSS, e o capitalismo anticomunista, defendido pelos EUA, período denominado como Guerra Fria (HOBSBAWM, 2017c). No dia 7 de agosto de 1948 o biólogo e agrônomo ucraniano Trofim Denisovič Lysenko (1898-1976) declarou que

contava com o apoio do Partido Comunista da União Soviética (PCUS), dirigido por Josef V. Stalin, para sustentar a teoria michurinista na Biologia, elaborada originalmente pelo médico e pesquisador russo Ivan Vladimirovich Michurin (1855-1935). O Michurinismo consistiu em uma variedade de experiências e iniciativas agrícolas baseadas na teoria lamarckista da hereditariedade. Defendia a ideia de que os organismos vivos poderiam ser condicionados para sobreviverem em qualquer tipo de ambiente, passando às gerações seguintes as novas características adquiridas, diferente do que afirmavam os darwinistas, que falavam em seleção natural do mais apto, sem a possibilidade de condicionamento do genótipo. (LORETO; MASSARANI; MOREIRA, 2014, p. 1).

Neste momento histórico o governo soviético censurou a pesquisa em Genética mendeliana por dez anos, investindo esforços na teoria de Michurin. Estudos e pesquisas com essa perspectiva foram desenvolvidos na URSS, na época de Lysenko, especialmente com os ideais do revolucionário comunista e político soviético Josef Stalin (1878-1953) que objetivava combater a seca e a fome extrema e aumentar a produção de cereais na URSS a partir da transformação da natureza (LORETO; MASSARANI; MOREIRA, 2014).

Lysenko reconhecia a Genética ocidental como sendo “burguesa”, “fascista” e que fornecia uma justificativa para o racismo e a colonização pelos países capitalistas. Seus estudos se consolidaram na URSS e se espalharam no final dos anos de 1940. Contudo, em meados da década de 1960, a genética convencional voltou a ser o foco dos estudos da URSS por reconhecer que os trabalhos experimentais de Lysenko foram realizados e testados de forma inadequada, e que todas as suas técnicas agrícolas eram ineficazes ou prejudiciais (LORETO; MASSARANI; MOREIRA, 2014).

Walter Sutton (1877-1916) e Theodor Boveri (1862-1915) analisaram as regras de herança mendeliana, explicadas pelo comportamento dos cromossomos na meiose, demonstrando a individualidade dos cromossomos mantida durante a divisão celular. As características dos cromossomos são propriedades necessárias do material da transmissão gênica e os fatores ou caracteres da herança estariam localizados nos cromossomos nucleares. Neste sentido, os processos celulares poderiam explicar as leis de Mendel surgindo, então, o interesse de se determinar a natureza dos fatores mendelianos (NASCIMENTO Jr., 2010).

A hipótese cromossômica da herança buscava analisar as investigações dos constituintes celulares, a divisão celular e de reprodução sexual, os fenômenos da hereditariedade, com o intuito de descobrir as leis da herança e o desenvolvimento de modelos microscópicos para explicar os mecanismos de transmissão gênica. Sutton e Boveri realizaram métodos diferentes, porém chegaram à mesma conclusão, de que os cromossomos são a base física da herança e não evidenciaram que estes são os únicos portadores do material da transmissão gênica (NASCIMENTO Jr., 2010; MOORE, 1986).

Por não haver uma hipótese coerente na época que estabelecesse uma relação entre os fatores mendelianos e os cromossomos, mas várias hipóteses conflitantes, Thomas Hunt Morgan (1866-1945) se posicionou como um dos opositores da teoria mendeliana e cromossômica, tendo escrito, inclusive, vários trabalhos onde as combatia. Todavia, mudou de ideia a respeito do assunto, dando início a uma linha de investigação neomendeliana.

Ele se dedicou à genética da transmissão em *Drosophila* e adotou uma linha neomendeliana em suas investigações que apresentavam reinterpretações dos estudos de Mendel. Alguns dos estudos da teoria cromossômica desenvolvida por Morgan e colaboradores⁸ (Alfred Henry Sturtevant, Herman Joseph Muller e Calvin Blackman Bridges) foram considerados marcos no estabelecimento da teoria cromossômica, como o arranjo linear dos fatores ao longo dos cromossomos. A teoria cromossômica da herança representa a forma e os mecanismos de transmissão dos genes (ARAÚJO, 2015).

O grupo de Morgan demonstrou cromossomicamente as leis Mendelianas, a teoria cromossômica da herança, as ligações gênicas e a recombinação, os cromossomos sexuais e a herança ligada ao sexo. A identificação dos genes presentes nos cromossomos solucionava um dos problemas levantados pelos trabalhos de Mendel. Até 1910, mesmo com desenvolvimento experimental e conceitual relativos à transmissão, muitos estudiosos não apoiavam a hipótese cromossômica da herança. Ainda assim, após a publicação dos mecanismos da hereditariedade por Morgan, o novo campo da Herança se tornou cada vez mais relacionado a problemas com a transmissão gênica (NASCIMENTO Jr., 2010).

Wilhelm Ludwig Johannsen (1857-1927) se opôs à teoria cromossômica da herança pelo fato de seu conceito de gene não ser mecanicista, adotando a visão da teoria fisiológica ou fisiológica da herança. Durante as décadas de 1910 a 1930 apresentava o

⁸ O grupo de Morgan era “constituído por dois estudantes de graduação – Sturtevant e Bridges – e um doutorando, Henry Joseph Muller. Todos eles tinham sido treinados em citologia por Edmund Beecher Wilson, que era chefe do Departamento de Zoologia na Universidade de Colúmbia, bem como de Morgan, além de ser seu amigo pessoal” (MARTINS; BRITO, 2006, p. 175).

gene como a unidade indivisível de transmissão. Nesse movimento de historicidade do conceito de transmissão gênica, conceitos foram amadurecidos, modificados e inseridos em diferentes contextos de pesquisa. Não se utilizava o termo genótipos na época de Mendel e nem sequer havia aparecido o termo gene. Johannsen cunhou os termos gene, genótipo⁹ e fenótipo¹⁰ no início do século XX (JUSTINA *et al.*, 2010).

Vários significados têm sido atribuídos ao termo gene. Mesmo não tendo uma definição única, seu conceito é também fundamental e unificador para a Teoria da Herança. Este termo estabelecia uma correspondência entre um traço fenotípico e a presença de um elemento na célula. Em 1953 o conceito “gene” passou a ser tratado como unidade estrutural e funcional da transmissão com a proposta do modelo da dupla hélice da estrutura do DNA feita pelo biólogo americano James Dewey Watson (1928-) e pelo físico e bioquímico britânico Francis Harry Compton Crick (1916-2004). Esse modelo foi fundamental para o desenvolvimento da Biologia Molecular, renovando a ideia de unidade da teoria mendeliana de herança (JUSTINA *et al.*, 2010). O estudo do DNA, reconhecido como o material da transmissão gênica, marca um paradigma da Teoria da Herança (NASCIMENTO Jr., 2010).

O que conhecemos hoje como DNA começou a ser estudado em 1869. Vários estudiosos contribuíram para a formação deste conhecimento: Johann Friedrich Miescher (1844-1895), Richard Altmann (1852-1900), Phoebus Levine (1869-1940), Walter Jacobson (1883-1967), Oswald Avery (1877-1955), Colin Macleod (1909-1972), Maclyn McCarty (1911- 2005), Erwin Chargaff (1905-1992), Martha Chase (1907-2003), Rosalind Franklin (1920-1958), Maurice Wilkins (1916-2004), entre outros. Dentre esses nomes destacaremos o de Rosalind Franklin, cujos estudos foram determinantes para embasar os autores Watson e Crick. O trabalho experimental de Rosalind com a difração de raio-X do DNA forneceu evidências empíricas fundamentais para a construção do modelo de DNA (ANDRADE; CALDEIRA, 2009).

Em um congresso em Nápoles, em 1951, Watson assistiu a uma palestra de Rosalind e teve acesso a imagens do cristal de DNA que a pesquisadora obteve no laboratório. A partir dos estudos e dados fornecidos pela cientista, Watson e Crick tinham informações para apresentar o modelo de DNA. As imagens de cristalografia e as

⁹O conjunto de informações genéticas de um organismo que determina suas características físicas, químicas, biológicas e intelectuais (MUKHERJEE, 2016).

¹⁰ O conjunto das características biológicas, físicas e intelectuais de um indivíduo, por exemplo, cor da pele ou dos olhos. Fenótipos também podem incluir características complexas, como temperamento e personalidade. Fenótipos são determinados por genes, alterações epigenéticas, ambientes e acaso.

informações do trabalho de Rosalind contribuíram de forma significativa com os estudos de Watson e Crick por “demonstrar que a molécula de DNA possuía dois estados; definir os dois estados, bem como sugerir que os grupos fosfatos estavam na parte externa da molécula e que a estrutura helicoidal deveria ter mais de uma cadeia” (ANDRADE; CALDEIRA, 2009, p. 158).

Ao final da terceira década do século XX os estudos da molécula de DNA e a descrição molecular do gene esclareceram os mecanismos da transmissão gênica e da Teoria da Herança. Era mais a relação com as populações, ecossistemas, tendo os conhecimentos da herança como subsídios para a evolução (MOORE, 1986). As pesquisas desenvolvidas nas relações entre a Teoria da Herança e a Teoria da Evolução, como uma vertente integradora, resultaram na construção da Síntese Evolutiva ou Teoria Sintética da Evolução. “Hereditariedade e evolução, portanto, unem-se numa concepção mais compreensiva, que descobre em sua unidade o movimento realmente contraditório da vida biológica” (LEFEBVRE, 1991, p. 181).

As questões macro estavam estabelecidas e o foco se direcionava às moleculares, de ordem filogenética. É importante ressaltar que o desenvolvimento da dialética neste período representou a superação de limites da lógica moderna e ainda que nas “ciências naturais não se tenha estruturado, na época oitocentista, um método científico dialético tal como Marx o fez, a concepção de natureza adquiriu um caráter dialético mais profundo com a publicação de “A Origem das Espécies”, de Darwin” (ROSA; MARTINS, 2017, p. 384).

A articulação entre a teoria de evolução por seleção natural e os trabalhos de Mendel possibilitou uma grande fundamentação teórica, conferindo um poder explicativo ímpar, articulando a base molecular do DNA e os mecanismos de transmissão gênica para explicar os processos evolutivos. A partir da segunda metade do século XX temos um cenário evolutivo baseado na fusão das leis mendelianas e a genética de populações, em conjunto com a paleontologia, que trazia os registros historiográficos da evolução das espécies (VIEIRA, 2017).

As raízes da síntese evolutiva se encontram na década de 1920, sendo que sua fundamentação ocorreu nas duas décadas posteriores. Representa uma vertente integradora entre as diferentes disciplinas da área biológica por constituir, do ponto de vista epistemológico, uma síntese entre o darwinismo clássico e o mendelismo. Sua construção se deu no intervalo entre as duas grandes guerras mundiais. Seu desenvolvimento consagrou os nomes de John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964), Ronald Aylmer

Fisher (1890-1962) e Sewall Green Wright (1889-1988), George Gaylord Simpson (1902-1984), Motoo Kimura (1924-1994) e Ernst Mayr (1904-2005). O geneticista ucraniano Theodosius Dobzhansky (1900-1975) é considerado o grande introdutor da experimentação nos estudos evolutivos que formaram a base da síntese (ARAÚJO, 2006).

Dobzhansky realizou quatro de suas visitas ao Brasil e interagiu com um grupo de pesquisa da Universidade de São Paulo, liderado pelo professor André Dreyfus (1897-1952). Durante esses anos foram feitas várias publicações, tanto individuais como conjuntas sobre a temática genética das populações em *Drosophilas*. Neste período, os estudos acerca da Herança no Brasil conquistaram um salto importante, a “Escola de Genética Dreyfus-Dobzhansky”, como ficou conhecida, foi pioneira na pesquisa de Genética e Ecologia de *Drosophilas*, além de introduzir a Genética de populações no país, se tornando uma referência internacional (SANTOS; MARTINS, 2013).

O livro de Dobzhansky “*Genética e a Origem das Espécies*” estabeleceu fundamentações para as bases do entendimento da evolução das espécies com o estudo da genética de populações. O pesquisador afirmava que faltava à teoria da evolução um conhecimento mais aprofundado dos mecanismos evolutivos, como a mudança gênica. Seus estudos investigaram processos que ocorrem em grupos de indivíduos, ou seja, analisaram as populações, por isso a denominação genética de populações (DOBZHANSKY, 1982).

Pôde concluir, a partir de seus estudos, que os genes constituem um fator fundamental na relação com a reprodução das moscas, pois existiam fatores genéticos que limitavam a reprodução entre indivíduos da mesma espécie de locais diferente. Argumentava ser necessário mais investigações sobre a constituição e ação dos genes, buscando esclarecimentos sobre a transmissão gênica (SANTOS; MARTINS, 2013).

O termo “epigenética” foi cunhado por Conrad Hal Waddington (1905-1975), em 1942, em parceria com Ernst Hadorn (1902- 1976), quando procuravam descrever e entender os processos de transmissão gênica envolvidos no desenvolvimento dos organismos. A herança epigenética viabiliza a transmissão de genes que não são codificados pelos genes de uma célula-mãe para a célula-filha ou de geração para geração. Os mecanismos envolvidos nos fenômenos epigenéticos atuam na alteração da expressão gênica (VIEIRA, 2017).

Ao final do século XX e início do século XXI surgem novos olhares e novas possibilidades sobre essa temática, de modo que a chamada “Síntese Moderna” pode ser reconhecida atualmente por focar os genes como entidades fundamentais de herança,

podendo ser caracterizada como genecentrista. Pelas limitações desta síntese e com uma série de avanços empíricos e conceituais que têm marcado o campo nos últimos anos, desponta a proposição da “Síntese Estendida da Evolução” (VIEIRA, 2017).

Richard Dawkins (1941-) aponta que o egoísmo e altruísmo foram temas recorrentes na comunidade acadêmica, sendo largamente discutidos na década de 1960. Ele busca explicar a evolução centrada no gene e a seleção natural sob a perspectiva dos genes imortais:

Os indivíduos não são estáveis, são passageiros. Os cromossomos também caem no esquecimento pelo baralhamento, como as cartas de um jogador logo depois de serem carteadas. Mas, as cartas em si sobrevivem ao baralhamento. Elas são os genes. Estes não são destruídos pela recombinação, simplesmente trocam de parceiros e continuam em frente. Evidentemente continuam, esta é sua profissão. Eles são os replicadores e nós suas máquinas de sobrevivência. Quando cumprimos nossa missão somos postos de lado. Mas os genes são habitantes do tempo geológico: são para sempre (DAWKINS, 2007, p. 24)

Ele apresenta uma mudança conceitual e paradigmática para as discussões da área, trazendo relações com os estudos sobre evolução, seleção natural e o gene, apontando reflexões e análises acerca da evolução das espécies como um processo da relação com os genes, na qual a unidade evolutiva não se constitui no coletivo das populações, mas no gene.

O começo da década de 1980 foi simbolizado pela chegada ao poder de novos governos conservadores. A nova ideologia de direita se desenvolveu na Europa e na América do Norte em resposta à crescente crise social e econômica da década passada. Ao longo da última década a escrita biológica determinista se ocupou em reivindicar a possibilidade de identificar as causas das desigualdades de status, riqueza e poder entre classes, gêneros e raças pela perspectiva do determinismo biológico. Os deterministas biológicos, ao questionarem por que os indivíduos são como são, entendem como resposta que vidas e ações humanas são consequências inevitáveis das expressões dos genes de cada indivíduo (LEWONTIN; ROSE; KAMIN, 2017).

Segundo esta perspectiva, o comportamento humano é explicado por uma cadeia de determinantes que vão do gene ao indivíduo até a soma dos comportamentos de todos os indivíduos. Os deterministas defendem que a natureza humana é fixada por nossos genes, explicando as desigualdades observadas nas sociedades capitalistas industriais contemporâneas e definindo o comportamento humano como característica natural dessas sociedades. Como tal, a política do capitalismo encontra argumentos sociais espelhados na

natureza, pois se essas desigualdades são biologicamente determinadas, elas são, portanto, inevitáveis e imutáveis (LEWONTIN; ROSE; KAMIN, 2017).

Perspectivas como estas descartam a possibilidade de interação entre os fenômenos biológicos e os fatos sociais. Para superar tal visão os autores supracitados reconhecem que a ação dos genes sobre nosso organismo não pode ser identificada como simples e linear; devemos compreender as complexas interações existentes entre o biológico e o social como unidades relacionadas de modo dialético, sem que se destruam mutuamente ou se negue a existência de um deles.

Com o desenvolvimento dos estudos que permeiam o conceito de transmissão gênica, tais como, a investigação da síntese proteica pelos processos de transcrição e tradução; a relação entre fatores hereditários e ambientais; o Projeto Genoma Humano; a tecnologia de DNA recombinante; o estudo da genética evolutiva, molecular ou moderna, entre outros, fica evidente que o conceito de transmissão gênica foi se modificando ao longo desse período.

A transmissão gênica como conhecemos na contemporaneidade não se entende simplesmente a partir da definição “transferência das características hereditárias de pais para filhos ao longo das gerações” e não pode ser estudada de forma superficial, pois está cercada de intencionalidades, contradições e transformações acerca das concepções e perspectivas da Ciência como um todo, conforme apresentado até aqui.

O movimento do conhecimento não cessa e está sempre em processo de mudanças quantitativas e qualitativas, se enriquecendo com novos conteúdos, incorporando novos elementos, transformando-os e reorganizando-se interiormente (KOPNIN, 1978). Andery *et al.* (1996) salientam que a obra de Marx representa um marco que norteia o pensar ou agir em política, história ou qualquer ciência.

O conceito de transmissão gênica constitui uma rede conceitual que é integrada à herança de características comuns a uma determinada espécie, às possíveis reações moleculares que determinam o mecanismo de transmissão gênica e aos fatores evolutivos que interagem com este processo. A síntese do conhecimento lógico-histórico da transmissão gênica, que constitui o concreto pensado desta investigação, é apresentada no próximo capítulo.

CAPÍTULO III

O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CONCEITUAL DA BIOLOGIA PELO DOCENTE: IMPLICAÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES E PARA O ENSINO ESCOLAR

O conhecimento científico busca conhecer a essência do objeto, sua estrutura, seu movimento e desenvolvimento, para tanto é necessário construir uma síntese e recompor o todo. A essência é o que diferencia um fenômeno dos outros, pois contém em si suas próprias contradições específicas. Sobre a relação entre o conceito e a realidade Kopnin (1978, p. 204) afirma:

o conceito da coisa e a realidade desta caminham juntos, à semelhança de dois assíntotas, aproximando-se constantemente um do outro, mas sem nunca coincidirem. Essa diferença entre ambos é justamente a diferença em decorrência da qual o conceito não é direta e imediatamente a realidade e a realidade não é conceito desta mesma realidade. [...] A peculiaridade do conceito enquanto forma de reflexo da realidade reside antes de tudo na universalidade. Mas distinguir apenas o geral não esgota a essência do conceito enquanto forma e representação da realidade.

Para compreender a essência de um conceito devemos examinar o processo de sua formação e desenvolvimento. O conhecimento lógico e histórico do conceito de transmissão gênica, na relação com a HFC e a formação de professores, a partir da revisão bibliográfica, foi pensado para nos possibilitar o movimento desta pesquisa a partir do que poderia ser um caminho para o pensamento conceitual, pautado pelas perspectivas da THC e da teoria do ensino desenvolvimental.

De acordo com Libâneo e Freitas (2006), a partir da perspectiva histórico-cultural, a atividade é tida como um conceito que explica o processo de mediação, sendo que a atividade mediatiza a relação entre o homem e a realidade objetiva. O homem se põe em contato com os objetos e fenômenos atuando sobre eles, transformando-os e a si mesmo. A THC da atividade foi construída a partir da concepção histórico-cultural e foi desenvolvida por Alexis Nikolaevich Leontiev (1903-1979) e depois por seguidores, apresentando como tarefa central investigar a própria estrutura da atividade e sua interiorização.

Libâneo e Freitas (2006, p. 7) apresentam algumas premissas da teoria histórico-cultural e da teoria histórico-cultural da atividade, afirmando que

Vygotsky explica o desenvolvimento humano por processos mediados e destaca a importância da educação e do ensino na aquisição de patamares mais elevados

de desenvolvimento. Leontiev mostra que tanto a atividade profissional quanto a atividade cognitiva implicam o desenvolvimento de ações muito específicas, obrigando-nos a não tratar a atividade docente como algo abstrato, uma vez que o professor desenvolve uma atividade prática, no sentido de que envolve uma ação intencional marcada por valores.

Com base nessa afirmação, o professor pode se apropriar de instrumentos de mediação desenvolvidos na experiência humana, associando o modo de fazer e o princípio teórico-científico que lhe dá suporte e pode, assim, aprimorar sua atuação profissional.

Davydov incorporou conceitos de Vygotsky, Leontiev e Elkonin para formular a teoria do ensino desenvolvimental, segundo a qual a escola é incumbida de ensinar os alunos a se orientar e a pensar, mediante um ensino que promova o desenvolvimento mental, podendo contribuir de forma significativa para a educação escolar e para a didática. A teoria do ensino desenvolvimental propõe que a educação e o ensino são unidades necessárias para o desenvolvimento humano, cujo processo articula fatores socioculturais e a atividade interna dos indivíduos (LIBÂNEO; FREITAS, 2006).

Davydov (1988) propõe alternativas para a organização do ensino orientado para a formação de conceitos, buscando o desenvolvimento das funções psicológicas superiores do aluno com a mediação do professor. A educação e o ensino permitem que o estudante elabore o pensamento teórico ou conceitual, bem como que modifique a estrutura do pensamento por meio da formação de conceitos. O desenvolvimento mental ocorre por meio do processo de apropriação do conhecimento teórico-científico nas formas de pensamento do estudante, o que possibilita o desenvolvimento da sua capacidade de pensar dialeticamente os conteúdos que aprende e de estabelecer conexões desse conteúdo com a realidade. A formação do conceito promove a articulação entre o estudante e o objeto, que é organizado pelo professor como uma atividade de estudo, com a finalidade de que o aluno apreenda as ações mentais conexas ao conceito teórico (FREITAS, 2010).

A perspectiva da teoria do ensino desenvolvimental proposta por Davydov se revela propícia na esfera da formação docente e pode contribuir para a educação e o ensino com a formação de estudantes conscientes e críticos frente às condições objetivas de sua realidade. Por tudo que esta perspectiva representa, entendemos que ela contribui não só para analisar a revisão bibliográfica feita, como também para pensar o próprio desenvolvimento do pensamento do professor.

A produção acadêmica apresentada como *corpus* de revisão desta pesquisa representa uma singularidade do conhecimento, bem como uma oportunidade para nos aprofundarmos mais nas questões que permeiam o objeto de estudo desta investigação. Em

busca da compreensão do fenômeno analisado, o exercício de mediação do abstrato foi realizado a partir das concepções de HFC e de formação de professores, utilizando como referência o pensamento por conceito como meio para se pensar a construção do conhecimento biológico e a rede conceitual da transmissão gênica.

O método de ascensão do abstrato ao concreto é o movimento do pensamento que exerce ação sobre os conceitos na parte da abstração, possibilitando uma transformação no e do pensamento (KOSIK, 2011). De tal modo, nas seções seguintes discutiremos a expressão do pensamento por meio do concreto pensado a partir do exercício de síntese que emergiu dos dados – a discussão com a problematização das concepções, a síntese sobre o conceito de transmissão gênica e as atuais políticas de formação de professores.

3.1 A relação entre a HFC, o pensamento conceitual e a formação docente no ensino de Biologia nas pesquisas acadêmicas brasileiras

Conceito significa um conjunto de procedimentos para deduzir relações particulares da relação abstrata. Os conceitos podem ser apreendidos por meio do exame das condições que os originaram e os tornaram essenciais, pois não se dão como conhecimentos já prontos, devendo ser compreendidos a partir do geral e do abstrato. No estudo dos conceitos, Davydov (1988) os identifica como procedimentos lógicos do pensamento, como uma possibilidade de se chegar ao objeto de conhecimento. O conceito de um objeto reproduz e constrói mentalmente seu conteúdo. O processo de construção e transformação do objeto constitui a ação mental, ou seja, a sua compreensão e explicação, a apreensão de sua essência.

Segundo Libâneo (2004), pautado nos estudos de Davydov, é necessário que se reproduza o processo atual pelo qual as pessoas criaram conceitos. Essa abordagem teórica visa superar a dicotomia entre a formação dos conceitos científicos e o desenvolvimento das capacidades do pensar. Isso porque o conceito reflete o universal em relação com o particular. O singular existe antes de tudo na criação do conceito. Para formar um conceito é necessário estudar uma infinidade de fenômenos, acontecimentos, coisas singulares e o concreto de formas particulares de produção. “O singular (as coisas, fenômeno, acontecimentos) é o ponto de partida na formação do conceito” (KOPNIN, 1978, p. 205).

O mesmo autor afirma que a dialética estabelece que o mundo real é o princípio da formação e desenvolvimento dos conceitos, a base material constituída pela prática histórico-social dos homens. A partir do mundo objetivo os conceitos extraem o seu conteúdo. Os conceitos da Ciência surgem da necessidade de atividade prática dos homens.

A partir da lógica dialética os conceitos científicos são construídos em conexão com o desenvolvimento de seus objetos.

Os conceitos estão em constante movimento, desenvolvimento e mudança, se transformam uns nos outros, estão em relação e conexão com todos os demais conceitos. O movimento da realidade pode ser representado pelos conceitos em desenvolvimento (KOPNIN, 1978). O movimento de apropriação dos conceitos requer que o indivíduo reproduza, na sua própria atividade, as capacidades humanas desenvolvidas historicamente.

Para Vygotsky (2009) a incorporação do conhecimento científico pelos estudantes ocorre na escola. Os conhecimentos espontâneos são fundamentais no processo de ensino escolar, porém, para uma maior complexificação e generalização conceitual e formação do pensamento teórico pelos estudantes, é necessário buscar a superação desses conhecimentos.

Pensar teoricamente significa elaborar processos mentais que cheguem ao conceito, transformando-os em ferramentas para fazer generalizações conceituais e aplicá-las a problemas específicos (LIBÂNEO; FREITAS, 2016, p. 359-360). O que caracteriza o pensamento teórico ou o pensamento teórico-conceitual são os processos de abstração, generalização e formação de conceitos:

o pensamento por meio de abstrações começa descobrindo as relações essenciais que caracterizam a essência, as propriedades, de uma matéria de estudo. A generalização do conteúdo visando a formação de conceitos significa obter um modo geral de pensar e agir sobre a matéria de estudo. A culminância dos processos de abstração e generalização é a formação de conceitos.

Por meio da formação dos conceitos abstratos é possível engendrar o processo de aprendizagem para além da experiência sensível imediata, possibilitando os modos gerais de pensar, identificados como ações mentais que levam a operar com o conhecimento. Entendemos, assim, que ela pode se constituir em meio para se chegar à formação do pensamento teórico: “o movimento da ascensão do pensamento abstrato ao concreto” (LIBÂNEO; FREITAS, 2016, p. 360).

Quando o conceito é formado a partir do pensamento empírico permite-se apenas apreender seus atributos empíricos que podem ser descritos, quantificados, medidos, nomeados, definindo sua aparência, suas características imediatas, não revelando, contudo, suas conexões internas e essenciais. O pensamento empírico tem o seu papel na formação de conceitos, porém é apenas o início do processo de conhecimento; é o pensamento teórico que deve assumir este processo, apresentando como conteúdo a existência mediatizada, essencial e refletida do objeto. “O conceito formado pelo pensamento teórico

surge como atividade mental de reproduzir idealmente o objeto e as relações como uma unidade que reflete a sua universalidade, a sua essência” (LIBÂNEO; FREITAS, 2013, p. 348).

Neste sentido, os mesmos autores afirmam que o pensamento teórico é o reflexo mental do objeto e que a ação mental busca revelar as inter-relações e características aparentemente isoladas num todo, evidenciando suas ligações e contradições. A análise destas inter-relações que formam o conceito pode possibilitar a compreensão da essência deste objeto para depois formá-lo mentalmente e conduzir as ações mentais que representam o modo de pensar e de investigar este objeto, evidenciando suas conexões. Para que ocorra a formação de tal pensamento teórico é necessário o desenvolvimento do pensamento conceitual, por meio da lógica dialética, que busca revelar as relações e contradições dos objetos do conhecimento a fim de agir mentalmente com os conceitos em diferentes situações, mediante sínteses e generalizações, para chegar ao concreto pensado (LIBÂNEO; FREITAS, 2013).

Portanto, o pensamento teórico se sustenta na lógica dialética e se orienta para o movimento pelo qual ocorrem as transformações do objeto, permitindo captar, compreender e explicar esse movimento. Essa perspectiva permite estabelecer a relação com o núcleo conceitual do objeto em estudo, revelando nele uma universalidade e suas relações com suas particularidades e singularidades (FREITAS, 2016).

Diante do exposto, entendemos que para que o pensamento teórico se efetive é relevante que o ensino escolar seja fundamentado visando possibilitar o conhecimento da origem do objeto de estudo, os procedimentos lógico-históricos e investigativos, motivos e necessidades que levaram o desenvolvimento deste conhecimento. A perspectiva da lógica dialética compreende o conceito científico a partir de seu núcleo conceitual, cuja essência do fenômeno expressa em sua forma mais pura o conceito que buscamos ensinar e compreender (FREITAS, 2016).

Com base nos três levantamentos realizados podemos afirmar, contudo, que somente a adoção de uma perspectiva histórico-filosófica no ensino de Biologia, em geral, não basta. É preciso desenvolver os instrumentos para que esta ideia seja levada adiante de forma satisfatória, pois percebemos que 45% dos trabalhos se fundamentam em elementos da lógica formal, pautando seus estudos em uma formação de professores pela lógica das práticas, priorizando-a como uma metodologia em si, ou ainda apresentando a HFC como conteúdo. Neste sentido Damasio e Peduzzi (2017, p. 11) argumentam que

tão prejudicial quanto ignorar didaticamente a história e filosofia da ciência seria sobrevalorizá-la. A abordagem histórico-filosófica não pode ser entendida como a solução de todos os problemas da educação científica, mas sua inserção se mostra como um recurso útil de diversas maneiras: incrementa a cultura geral dos alunos; desmistifica o método científico; mostra como o pensamento científico se modifica ao longo do tempo; chama a atenção para a importância das ideias metafísicas e contribui para o entendimento da relação da ciência com a cultura, sociedade e tecnologia.

Reconhecer a historicidade da Ciência e seu método se constitui um importante processo para a análise crítica de um conhecimento construído historicamente, difundido e analisado nos dias atuais (ANDERY *et al.*, 1996).

A formação de professores deve propiciar ao profissional em formação as condições para percorrer o processo de investigação e construção dos conceitos científicos, de tal forma que eles possam se apropriar dos modos de pensar e investigar da ciência ensinada, contribuindo assim para o processo de construção do pensamento teórico-científico. No entanto, se o processo formativo do professor não estiver pautado teoricamente em uma epistemologia psicológico-didática pode direcioná-lo a um ensino que reproduz os modelos postos e que não contribui para a compreensão do seu trabalho docente e da totalidade que envolve a esfera educacional, se limitando à realidade objetiva (LIBÂNEO, 2015; ROSA; SYLVIO, 2016).

De maneira geral, percebemos que vem ampliando as pesquisas na área das Ciências que abordam a importância da inserção HFC na formação docente e no ensino de Ciências. Sendo assim, o pensamento por conceito pode ser a base para a formação docente e a HFC, como abordagem integradora, pode, inclusive, se tornar um importante caminho capaz de permear o modo de pensar o conhecimento biológico, evidenciando a historicidade dos conhecimentos científicos.

Diante da análise feita na revisão bibliográfica percebemos, portanto, que a relação entre HFC, pensamento conceitual e formação de professores é fundamental para o processo de ensino e aprendizagem cuja finalidade seja a de promover o desenvolvimento integral dos estudantes. Isso porque esta relação possibilita ao professor proporcionar aos estudantes a apropriação dos objetos de conhecimento, formando conceitos teóricos correspondentes, ampliando suas capacidades psíquicas e enriquecendo sua compreensão crítica da realidade (FREITAS, 2010).

Cedro, Moraes e Rosa (2010) consideram o professor como um dos atores principais no processo educativo, pois realiza a atividade de organização do ensino na THC

a partir dos conhecimentos elaborados historicamente pela humanidade e das diferentes ciências para que possa ser apropriada pelos indivíduos.

O trabalho do professor e sua relação com o processo de formação corresponde a uma relação constituída em sua historicidade pela cultura e sociedade. Libâneo (2004, p.141) explica que pensar é

mais do que explicar e para isso, as instituições precisam formar sujeitos pensantes, capazes de um pensar epistêmico, ou seja, sujeitos que desenvolvam capacidades básicas em instrumentação conceitual que lhes permitam, mais do que saber coisas, mais do que receber uma informação, colocar-se frente à realidade, apropriar-se do momento histórico de modo a pensar historicamente essa realidade e reagir a ela.

Assim, a HFC pode colaborar para a percepção da realidade em um movimento do pensamento sobre a formação do conceito. Todavia, é necessário salientar que ainda existem grandes dificuldades em relação ao entendimento do desenvolvimento e formação dos conceitos e à inserção da HFC no ensino de Ciências e no processo formativo docente. Para superar tais dificuldades, acreditamos que os professores devem apreender para além dos produtos da Ciência, sendo necessário compreender os seus processos e procedimentos investigativos (LIBÂNEO, 2015).

Neste sentido, compreendemos ser necessário que os professores em formação apreendam o processo de desenvolvimento dos conceitos que irão atuar e, também, o conhecimento pedagógico para que possam contribuir com o processo de ensino e aprendizagem, conduzindo os alunos a pensar e atuar com esses conceitos. Durante seu processo formativo, cabe ao professor se apropriar dos aspectos epistemológicos e metodológicos da Ciência que ensina e do contexto histórico-social de utilização dos conhecimentos dessa Ciência (LIBÂNEO, 2015).

Esta investigação aponta indícios de que tal ação ainda não é corriqueira aos estudiosos da área e que um trabalho pautado por essa perspectiva não permite apenas transformações nos modos de ensinar ou de pensar a Ciência, mas também no modo de pensar o mundo.

O processo de formação docente analisado a partir de uma perspectiva histórico-cultural compreende a atividade docente como trabalho em sua dimensão ontológica, uma atividade humana com intencionalidades e objetivos. Desta forma, o trabalho não é um fim em si mesmo, mas a mediação para atingir um fim (MORETTI; MOURA, 2010). Portanto, cabe ao professor se apropriar dos conhecimentos teóricos, das práticas pedagógicas e das relações sociais e filosóficas que medeiam seu trabalho no contexto escolar. Tais

conhecimentos específicos se relacionam com o ensino e a aprendizagem e o desenvolvimento humano com um enfoque ontológico (BERNARDES; MOURA, 2009).

Sendo assim, para a perspectiva do ensino desenvolvimental, a formação de professores deve ser entendida como um espaço para a discussão das questões que tangenciam o processo de ensino e aprendizagem relacionadas à apropriação dos conhecimentos elaborados historicamente pela humanidade e às bases teóricas que fundamentam a Ciência que se ensina. Tais premissas do ensino desenvolvimental podem dialogar com a perspectiva de uma HFC integradora.

A educação escolar pode mediar o desenvolvimento das funções psicológicas superiores dos sujeitos da atividade pedagógica, sendo que a partir da apropriação da produção humana elaborada historicamente o estudante e o professor se formam e se transformam, neste processo.

A atividade pedagógica se constitui também na atividade de ensino, na qual suas ações e operações possibilitam o desenvolvimento do pensamento teórico de estudantes e professores a partir das mediações da relação ensino e aprendizagem. As mediações se efetivam a partir da apropriação de conhecimentos teórico-científicos por parte dos professores. Portanto, nessa perspectiva, a apropriação do conhecimento teórico se faz possível pelos processos de mediação (BERNARDES, MOURA, 2009).

A mediação a partir da atividade de ensino e por meio de ações docentes particulares possibilita o desenvolvimento de funções mentais superiores, remete a uma intencionalidade educativa transformadora e, conseqüentemente, à complexidade da educação escolar e sua objetivação no processo de ensino e aprendizagem.

Existem múltiplas determinações na organização de ensino que determinam os limites e possibilidades dos arranjos didáticos no trabalho escolar:

razões teóricas: políticas, lógicas, psicológicas, didáticas, se entrecruzam com razões práticas, como hierarquização do ensino em graus e séries homogeneização e seqüenciamento do conteúdo tipo de organização do espaço físico aliadas ao grau de domínio de conteúdo pelo professor (SFORNI, 2004, p. 51).

A apropriação destes conhecimentos interfere na formação da consciência do educador e na constituição da práxis na atividade de ensino. Com a atividade de estudo são formadas condições no contexto escolar para que o conhecimento teórico seja apropriado pelos estudantes, podendo interferir na transformação psicológica dos estudantes que se

reconhecem na sociedade contemporânea e entendem sua atuação na prática social. Sobre esta perspectiva, os mesmos autores afirmam que

ao levar em conta as possibilidades reais do ensino como instrumento que medeia o desenvolvimento das funções psicológicas superiores requer que o educador tenha conhecimento das dimensões filo e ontogenéticas constituintes do ser humano e das possibilidades reais do ensino escolar como um instrumento da atividade prática revolucionária, que pode interferir no processo de transformação de práticas sociais alienantes historicamente instituídas na sociedade capitalista (BERNARDES; MOURA, 2009, p. 476).

Diante disto, concordamos com Sforni (2004) ao afirmar que as relações de ensino e aprendizagem envolvem motivos, desejos, necessidades e emoções. A necessidade de mobilizar o pensamento para a aprendizagem reafirma que na organização do ensino o professor não trata apenas da organização lógica do conteúdo, mas também do modo de fazer corresponder o objeto de ensino com os motivos, desejos e necessidades do estudante. Sua função maior é a de transformar a atividade de ensino em atividade de aprendizagem. O professor entende, neste processo, que os conceitos científicos e espontâneos são necessários ao desenvolvimento do pensamento conceitual e os motivos dos estudantes e a finalidade da atividade devem se relacionar neste movimento.

Em busca de promover unidade dialética entre o ensino e a aprendizagem efetiva o professor é um dos elementos mediadores da relação entre o estudante e o objeto de conhecimento, conferindo ações de uma dupla mediação: a mediação cognitiva, que relaciona o estudante ao objeto de conhecimento, e a mediação didática, que assegura as condições e os meios pelos quais o estudante se relaciona com o conhecimento (LIBÂNEO, 2011).

Com a perspectiva da dupla mediação o professor promove as condições e os meios pelos quais o estudante pode vir a se relacionar com o conceito de transmissão gênica, possibilitando o desenvolvimento de suas capacidades cognitivas e operativas. O que corresponde à possibilidade de “superação das práticas sociais alienantes presentes na sociedade, condições para que a realidade objetiva seja transformada mediante intervenções conscientes e intencionais por parte dos indivíduos” (BERNARDES, MOURA, 2009, p. 475).

Diante do que foi exposto ao longo das discussões desta investigação, entendemos que a inserção da HFC na formação de professores e no ensino de Ciências/Biologia na educação básica representa um exercício reflexivo e crítico sobre os fundamentos básicos do conceito científico. A HFC corresponde à busca inicial pela compreensão dos contextos

nos quais cada conceito foi proposto, elucidando as relações e os aspectos centrais do pensamento científico em seus respectivos tempos. Ela pode ser o ponto de partida para o pensamento teórico e para um ensino para o desenvolvimento humano, proporcionando a reflexão necessária acerca dos aspectos internos e externos da Ciência e da emancipação humana.

A articulação entre estas duas perspectivas possibilita uma apropriação conceitual que pode fundamentar uma didática, a fim de construir os elementos conceituais para a mediação pedagógico-didática de modo que se pense com e por conceito.

Diante do exposto, e reconhecendo que a transmissão gênica seja um eixo unificador do conhecimento biológico, a compreensão da historicidade do desenvolvimento deste conceito é imprescindível para a formação do professor de Biologia. Compreender as relações deste conceito com os demais da rede conceitual é um exercício que exige a fundamentação destas relações e pode ser compreendido em todas as suas particularidades, internas e externas, evidenciando a construção humana e histórica da Ciência.

A organização do ensino deve se pautar em atividades adequadas para a formação do pensamento teórico que objetiva a formação do conceito de transmissão gênica, permitindo identificar as ações principais dos indivíduos envolvidos nesse processo, o professor e o estudante. Porém, para que o processo de ensino e aprendizagem se concretize, é necessário que o professor construa intencionalidades didáticas enquanto mediador entre os conhecimentos da rede conceitual da Biologia e o estudante.

3.2 O conceito científico de transmissão gênica na relação com os movimentos históricos e filosóficos da Biologia: o concreto pensado

A transmissão gênica é compreendida neste processo como essência, como núcleo conceitual que fundamenta a Biologia enquanto Ciência. Aprender o conhecimento histórico-filosófico e sua formação contribui de forma significativa para que os professores de Biologia em formação entendam a Ciência que leciona. E entender essa Ciência corresponde a compreendê-la em todas as suas dimensões: histórica, filosófica, política, bem como sob o ponto de vista do ensino-aprendizagem.

Compreender em que contextos socioculturais se construiu o conceito de transmissão gênica torna possível identificar as condições materiais e objetivas que compuseram todo seu processo de formação. Conhecer as possíveis relações entre a HFC e o pensamento conceitual para a formação de professores é um movimento do pensamento

que exige a fundamentação teórica desta relação que constitui os modos de ensinar para atuação enquanto intelectual-crítico.

Em uma análise as partes são separadas e estudadas, mas estão relacionadas entre si e com o todo. No caso desta pesquisa, apresentamos no capítulo II o desenvolvimento do conceito estudado a partir da organização das correntes filosóficas denominadas vitalismo, fisicalismo e organicismo; correntes essas que fazem parte do todo – a Biologia. No movimento de avançar nessa análise apresentamos abaixo um quadro com a síntese das correntes citadas como ideias que demarcam o desenvolvimento do pensamento biológico e evidenciam o papel importante de cada uma delas na construção do objeto de estudo da Biologia. Os principais representantes destas correntes que trabalham com o estudo da transmissão gênica foram acrescentados pela autora (Quadro 5).

Quadro 5 - Comparação entre as diferentes abordagens filosóficas na compreensão do mundo da Biologia e do conceito de transmissão gênica

Base filosófica e período		Principais ideias	Principais representantes no estudo do conceito de transmissão gênica	Principais contribuições ao conceito de transmissão gênica
VITALISTA	Século V a.C. até o século XIX	✓ As bases da corrente vitalista provêm das ideias que circulavam na Grécia Antiga. ✓ Concepção metafísica que cogita a existência de um princípio irreduzível (força vital) ao domínio físico-químico para explicar os fenômenos vitais. ✓ A força vital é interpretada como uma característica inerente aos organismos vivos e difere de todas as outras forças encontradas fora das coisas vivas. ✓ Alternativa à teoria reducionista da vida como máquina.	Hipócrates de Cós Aristóteles Marcello Malpighi Carl Lineu Joseph Gottlieb Kölreuter Carl Friedrich von Gärtner Charles Naudin Thomas Andrew Knight Alexander Seton John Goss Augustin Sageret	✓ Primeiras ideias e pensamentos sobre o conceito de transmissão; ✓ raízes das ideias: Pangênese, epigênese e pré-formismo; ✓ pré-formação - os seres vivos sempre existiram (Homúnculo); ✓ epigênese - seres vivos eram recriados a cada geração (Força Vital); ✓ hibridadores e cultivadores - novas metodologias utilizadas para investigar as questões da transmissão.

M E C A N I C I S T A	Século XVII até século XIX	✓ A possibilidade de descrever os fenômenos que ocorrem em um organismo em termos físicos. ✓ O fenômeno vital é resultado de uma infinidade de forças e de formas hierarquizadas. ✓ Todos os fenômenos se explicam pela causalidade mecânica ou em analogia à causalidade mecânica. ✓ Reelaboração da ideia organismo-máquina com a contribuição dos processos químicos e elétricos. ✓ As explicações mecanicistas opõem-se as explicações vitalistas ao refutar a ideia de força vital e ainda considerá-la como apelação ao místico. ✓ Desenvolvimento da teoria celular despontou em relação a funcionalidade do organismo e marcou a limitação da teoria reducionista para explicar as atividades integrativas dessa estrutura.	Robert Hooke Matthias Jakob Schleiden Theodor Schwann Francis Galton Herbert Spencer Karl Wilhelm von Nägeli Friedrich Leopold August Weismann	✓ Início dos estudos de Biologia Celular; ✓ fundamentação de uma das bases estruturantes da Biologia - a Teoria celular; ✓ relação da transmissão de caracteres adquiridos como mecanismo evolutivo; ✓ novas discussões sobre os mecanismos da transmissão gênica; ✓ percepção de que os elementos responsáveis pela transmissão das características hereditárias estavam localizados no núcleo.
O R G A N I C I S T A	Século XIX até os dias atuais	✓ A teoria evolucionista de Darwin ampara uma visão holística e sistêmica do mundo vivo. ✓ A proposta holista do organicismo se diferencia da proposta vitalista ao ter uma abordagem materialista. ✓ Ênfase no todo, isto é, na integração. ✓ Redução explicativa é malsucedida ao não considerar que “todo pode ser maior que a soma das partes”.	Hugo de Vries Carl Erich Correns Erich Von Tschermak-Seysenegg Wilhelm Ludwig Johannsen Gregor Johann Mendel Charles Robert Darwin William Bateson Rosalind Franklin Edith James Dewey Watson Francis Harry Compton Crick Rebecca Saunders Walter Sutton Theodor Boveri John Burdon Sanderson Haldane Thomas Hunt Morgan Theodosius Dobzhansky Conrad Hal Waddington Richard Dawkins	✓ Hipótese da Pangênese; ✓ estudo da transmissão gênica observando e analisando grandes populações de descendentes; ✓ início de uma abordagem populacional da herança com métodos de generalizações numéricas e análise estatística; ✓ o avanço das práticas e técnicas de hibridização e a adoção de linhagens puras contribuíram para a compreensão do conceito de transmissão gênica; ✓ Teoria Cromossômica da Herança; ✓ Síntese evolutiva; ✓ Genética das populações; ✓ Epigenética.

Fonte: Adaptado de Simão (2018).

O conceito identificado como nuclear/estruturante à Biologia expressa o princípio interno do tema em estudo que “é a relação geral estabelecida entre os vários elementos que constituem um objeto de estudo, captado no processo de desenvolvimento e constituição desse objeto na prática social e histórica” (LIBÂNEO, 2009, p. 25). Evidenciar seu processo investigativo de formação possibilita sua compreensão como produto e processo.

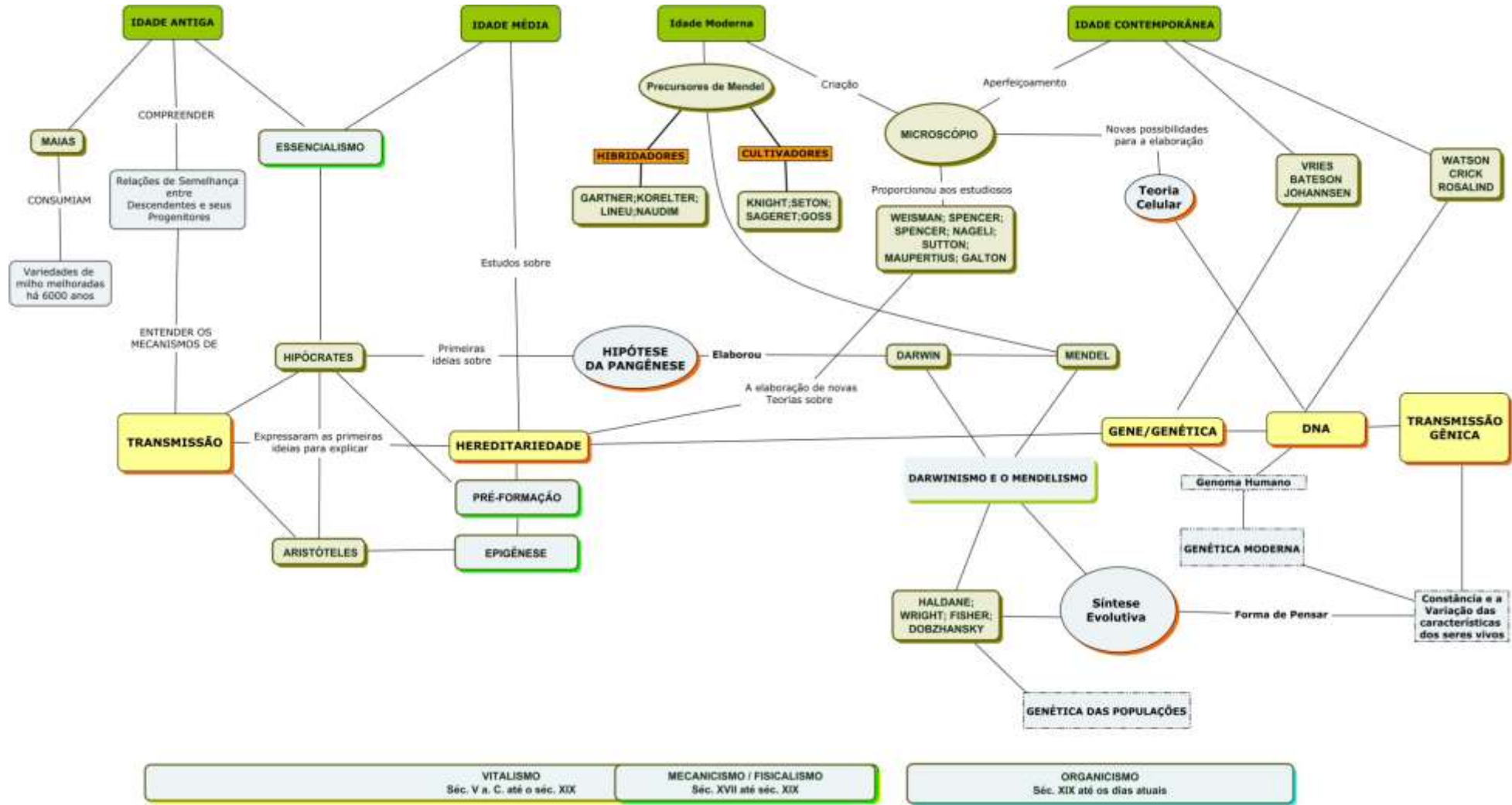
Concordamos com Freitas e Rosa (2015, p. 621) quando afirmam que “todos os conceitos relacionam-se uns com outros em uma rede conceitual”. Com a finalidade de

representar de forma imagética tais relações, que constituem o movimento desta investigação, foi estabelecida a rede conceitual¹¹ da transmissão gênica a partir de uma representação do estudo lógico-histórico deste conceito, que evidencia sua essência, resultando na apropriação do aspecto nuclear do conteúdo estudado. Buscamos apresentar todo o movimento de seu desenvolvimento ao longo do tempo e do espaço, evidenciando as relações conceituais, ontológicas, histórico-sociais e epistemológicas que estruturam a Biologia enquanto Ciência (Figura 4).

Em atividade de síntese podemos afirmar que no início de sua formação o conceito de transmissão era motivo de especulações a respeito das semelhanças entre pais e filhos e, também, pela necessidade de se chegar a um conhecimento que levasse a produção agrícola a novas e melhoradas colheitas. Logo, a transmissão sempre esteve vinculada às condições materiais da época. Quando Aristóteles estudou sobre a transmissão suas conclusões e formulações estavam relacionadas com os conhecimentos e condições materiais da época em que vivia. Mesmo com as limitações do período, as ideias gregas a respeito da transmissão contribuíram de forma significativa para a elaboração das hipóteses da pangênese, epigênese e pré-formismo.

Os estudos a respeito da transmissão gênica, durante o período em que predominava o pensamento essencialista, não tiveram avanço. Híbridos e cultivadores em busca de cultivar e formar novas espécies desenvolveram novas metodologias utilizadas para investigar as questões da transmissão.

¹¹ Um conceito se apresenta em uma rede conceitual nunca como um conceito isolado, mas constitui uma relação dos conceitos espontâneos e científicos em sistemas onde se complementam mutuamente. Vygotsky afirma que “por ser científico pela própria natureza, o conceito científico pressupõe seu lugar definido no sistema de conceitos, lugar esse que determina a sua relação com outros conceitos” (VYGOTSKY, 2009, p. 293).



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 4 - Representação da rede conceitual da transmissão gênica

Em Mendel temos um salto qualitativo em torno da construção do conceito que permite uma amplitude de generalizações para explicar os fenômenos relacionados à transmissão. Neste período, se formam novas discussões sobre os mecanismos da transmissão com a percepção de que os elementos responsáveis pela transmissão das características hereditárias estavam localizados no núcleo. Com o avanço da tecnologia e a consequente invenção do microscópio, a Biologia teve um enorme salto com os estudos sobre a citologia e a ideia da transmissão ganhou novos aportes, como gene, DNA, genótipo, fenótipo, homozigoto, heterozigoto, genoma, os quais construíram em torno do conceito novas possibilidades de generalizações e abstrações.

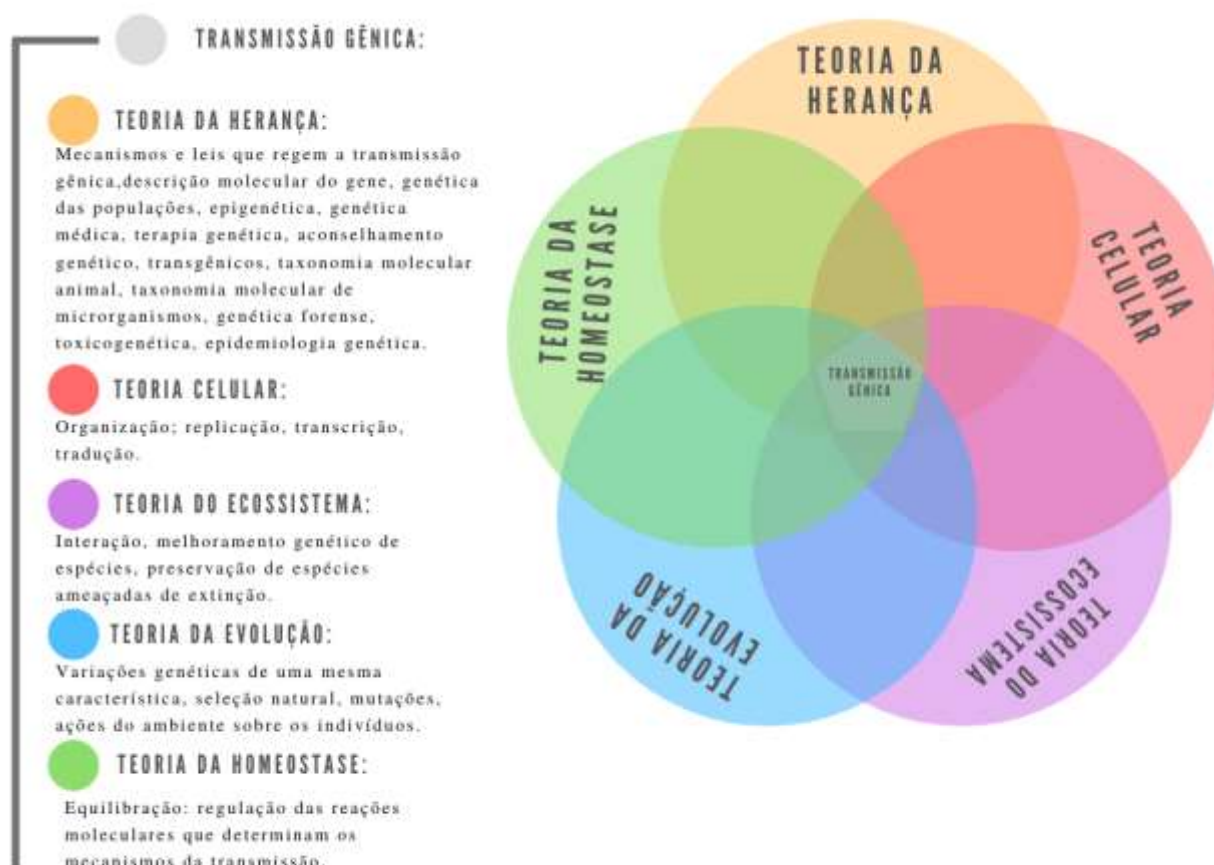
O gene é considerado como a unidade de transmissão e é nuclear a este conceito por demarcar sua especificidade em relação à herança, formando o conceito aqui estudado – transmissão gênica.

O estudo da transmissão gênica era realizado a partir de observações e análises individuais. Na contemporaneidade este padrão se modifica para grandes populações de descendentes, possibilitando uma abordagem populacional da herança, com métodos de generalizações numéricas e análise estatística. O avanço das práticas e técnicas de hibridização e a adoção de linhagens puras contribuíram para a compreensão deste conceito. Novas teorias e novos estudos como a “Teoria Cromossômica da Herança”, a “Síntese Evolutiva”, “genética das populações”, “genética molecular” e a “epigenética” agregaram ainda mais conhecimentos e uma visão mais integradora se constituiu com as relações entre as teorias da Evolução e da Herança.

O conceito da transmissão gênica na contemporaneidade compreende o conjunto de reações moleculares responsáveis pela transmissão e a expressão dos genes, que podem ou não se manifestarem fenotipicamente em outras gerações. Tal ação envolve uma diversidade de mecanismos moleculares de organização e equilíbrio, por meio de processos de replicação, transcrição e tradução da informação que poderá ser repassada à próxima geração com a possibilidade de ocorrência de interação de fatores genéticos e ambientais.

Assim, os processos e mecanismos da transmissão gênica integram os estudos das teorias que fundamentam a Biologia enquanto Ciência, como a Teoria da Herança (mecanismos e leis que regem a transmissão gênica, descrição molecular do gene, genética das populações, epigenética, genética médica, terapia genética, aconselhamento genético, transgênicos, taxonomia molecular animal, taxonomia molecular de microrganismos,

genética forense, toxicogenética, epidemiologia genética); Teoria da Evolução (variações genéticas de uma mesma característica, seleção natural, mutações, ações do ambiente sobre os indivíduos); Teoria Celular (organização: replicação, transcrição, tradução); Teoria do Ecossistema (interação, melhoramento genético de espécies, preservação de espécies ameaçadas de extinção); Teoria da Homeostase (equilibração: regulação das reações moleculares que determinam os mecanismos da transmissão) (Figura 5).



Fonte: elaborada pela autora

Figura 5 - Representação imagética da transmissão gênica como tema estruturante da Biologia enquanto Ciência

Este movimento de aproximações e relações se torna possível com a perspectiva da THC que se aproveita do lógico-histórico de um conceito, atributo da HFC, para pensar teoricamente.

Para pensar uma formação de professores que fundamente esta didática de ensino, acreditamos ser necessário analisá-la como parte de uma complexa conjuntura social. A

problematização das concepções e atuais políticas de formação será apresentada na próxima seção.

3.3 As relações do pensamento por conceito com as políticas atuais para a formação de professores

Para a perspectiva do MHD a prática corresponde à mudança da natureza pelo homem, constituindo a base mais essencial e próxima do seu pensamento. Sendo que “a incorporação da prática à teoria do conhecimento é a maior conquista do pensamento” (KOPNIN, 1978, p. 52). A relação da atividade humana, na qual a prática é fundamentada teoricamente, constitui a práxis pedagógica. Desse modo, a relação entre o trabalho e a formação de professores deve ser fundamentada na práxis educativa (LIBÂNEO, 2011). A práxis é, portanto, a unidade entre os conhecimentos teóricos e práticos. Seu conceito está ligado a uma atividade transformadora, subjetiva e coletiva (VÁZQUEZ, 2011).

No ambiente escolar cabe professor, ao assumir seu papel de mediador, organizar teórica-metodologicamente a sua aula de forma a construir caminhos para a emancipação humana, ou seja, a desenvolver uma práxis educativa emancipadora. Buscamos, no movimento desta investigação, a compreensão da realidade social, política e econômica e suas relações e contradições entre a formação e o trabalho docente. A formação de professores deve ser analisada e compreendida de forma clara e crítica, em articulação com o contexto na qual está inserida, para que, assim, possamos contribuir com o avanço qualitativo do objeto em análise.

Ao ser visto como mediação para atingir um fim, o trabalho assume seu caráter ontológico de constituição do ser humano e, portanto, é compreendido sob forma exclusivamente humana. Para as autoras Camargo e Rosa (2018, p. 290)

compreender o trabalho docente no contexto da internacionalização das políticas educacionais pressupõe primeiro entendê-lo como trabalho humano que se objetiva em atividades concretas que visam a formação e ao desenvolvimento de outras subjetividades. Assim não há neutralidade do trabalho docente que se realiza por um posicionamento político e pedagógico intencional.

O campo de debates e pesquisas que permeiam a formação de professores vem se fortalecendo no Brasil desde o final da década de 1970, ganhando maior movimento entre as décadas de 1980 e 1990 com a promulgação em 1996 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (MARTINS, 2010).

As reformas educacionais no Brasil estão sendo implementadas em um cenário de crise econômica que ameaça a ordem do sistema capitalista, ocasionando a adoção de

inúmeras medidas “em busca de sua estabilização”, pois não se questiona a estrutura de exploração, ficando apenas no campo da aparência do problema. Justificam a exclusão e a desigualdade como falta de preparo do trabalhador para a competitividade exigida em tempos de crise. Assim, tais medidas atacam diretamente a classe trabalhadora, retirando direitos sociais e aumentando a exploração do trabalho (CÓSSIO, 2014).

Ao longo do século XX, os ideais de uma humanização burguesa da educação escolar se dispersam pelas inúmeras reformas de uma sociedade capitalista, demarcando a lógica mercantil no campo da educação, organizada pelos organismos internacionais (Unesco, Unicef, Banco Mundial e FMI etc.). O trabalho e a formação docente inseridos neste contexto do modo de produção capitalista se pautam a partir dos ideários pedagógicos em relação à lógica posta (MARTINS, 2010). Neste sentido Echalar (2015, p. 120-121) afirma que o

Estado, ao fazer concessões e parcerias com os organismos internacionais, imputa ao docente um modo de pensar e agir baseado nas leis do mercado e do capital. Esta racionalidade se fundamenta muito mais na lógica do resultado e na reprodução de normas e leis do que no desenvolvimento intelectual autônomo. O modelo formativo estudado impõe ao professor conteúdo, formas e padrões pedagógicos e tecnológicos que se revelam como instrumentos de alienação e controle.

O contexto histórico-social atual é demarcado pela ascensão das políticas neoliberais em uma economia capitalista, no qual o neoliberalismo trata a escola como um lugar de concretização de estratégias de mudanças, cujas finalidades educativas de formação escolar enfocam os interesses capitalistas de uma formação para o trabalho com relação ao mercado (LIBÂNEO; FREITAS, 2018).

As políticas públicas de formação docente implantadas no Brasil nos últimos anos advogam pela centralidade da competência individual como um fator essencial para a formação e para a avaliação de professores e alunos. A centralidade do sujeito isolado das condições concretas de sua existência demarca a concepção liberal de humanização (MORETTI, MOURA, 2010).

A formação docente, neste contexto, é demarcada pelo “saber fazer” e pela “competência” sem considerar as questões sociais éticas, humanas e o pensamento teórico. Este modelo de formação no qual a técnica da prática de ensino ocupa um lugar central, em detrimento de seus próprios fundamentos, prioriza a forma dissociada do conteúdo, caminhando para a desqualificação e desprofissionalização docente. A formação de professores sugerida pelos organismos segue a perspectiva de uma formação básica

esvaziada de conteúdos, desprovida de consciência teórica e política, pautada principalmente na formação continuada (MARTINS, 2010).

Tal ação reforça a dicotomia entre teoria e prática no desenvolvimento do trabalho docente, contribui para o aligeiramento da formação e atende aos desejos dos empresários da educação que em nome de uma justa e correta necessidade de formação de professores em nosso país justificam diversas mazelas aplicadas à formação, tais como: a valorização do pensamento reflexivo, a formação inicial de professores via educação a distância (EAD), a particularização da aprendizagem, a forma em detrimento do conteúdo, entre outras (MARTINS, 2010).

De acordo com Decker (2017), o BM desqualifica os cursos de Pedagogia, afirmando ser relativamente fácil a graduação neste curso. Para operacionalizar seu projeto educacional o BM pretende

desenvolver a formação docente na perspectiva do treinamento. Ao se orientarem pelas demandas cambiantes do mercado, a formação do professor, importante promotor da formação da classe trabalhadora ao lado de outros mecanismos, é guiada pela flexibilização, pelo pragmatismo, pela instabilidade e provisoriade do projeto educativo do capital e da economia (p. 98).

O discurso de tais organismos está mascarado de propostas humanistas e democráticas, estabelecendo uma relação com a educação e a redução da pobreza. No entanto, é repleto de visão economicista e mercadológica, por meio de um currículo instrumental e imediatista para a empregabilidade (LIBÂNEO; FREITAS, 2018). Tais organismos estabelecem diretrizes para a formação de professores, nas quais o professor por meio de seu trabalho concretiza os ideais das reformas. Neste sentido, ele passa a ser um alvo importante das políticas públicas para a Educação, sendo considerado pelos organismos internacionais como atores principais na objetivação das políticas educacionais, voltando todos os olhares para a formação inicial e continuada dos professores (CURADO, 2015).

Dentre estas políticas destacamos o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o Programa de Residência Pedagógica (PRP), o Movimento Escola Sem Partido (MESP) e a BNC de formação de professores.

O Programa Institucional de Iniciação à Docência (PIBID) foi criado em 2007 pelo MEC, sob a coordenação da CAPES, com a finalidade de “incentivar a iniciação à docência”. Sua proposta inicial surgiu como resposta ao contexto do anunciado apagão de

professores causado pelo déficit de professores com formação específica para atuar no ensino médio, por uma escassa procura pelos cursos de licenciatura e pelos altos índices de evasão dos estudantes matriculados nos cursos (ANDERI, 2017). Ainda de acordo com Anderi (2017), a maioria das práticas pedagógicas implementadas pelo PIBID atende aos interesses do atual modelo de reorganização do trabalho, que permite formar um trabalhador autônomo em busca de encontrar saídas para problemas que estão fora do seu alcance para resolver.

Tal programa, com uma oferta limitada de bolsas, não tem assegurado a todos os estudantes dos cursos de licenciatura as mesmas oportunidades e condições para uma formação sólida. Ao propor um programa que visa incentivar a procura pelos cursos de licenciatura e contribuir com a redução do índice de evasão desses cursos, sem obter, contudo, resultados satisfatórios, fica claro que o PIBID não consegue reparar o problema estrutural da política de formação de professor do país (ANDERI, 2017). Contudo, mesmo que o PIBID seja um programa com interesses aliados ao capitalismo, é possível que esse projeto, uma vez fundamentado pela práxis educativa, ajude a superar práticas pedagógicas conservadoras, objetivando uma formação transformadora.

A BNCC aprovada no dia 22 de dezembro de 2017, por meio da resolução nº 2 do Conselho Nacional de Educação – Conselho Pleno (CNE/CP) – visa nortear os currículos dos sistemas de ensino superior e da educação básica, pois estabelece os conhecimentos e apresenta propostas pedagógicas que asseguram aos estudantes o acesso e desenvolvimento de habilidades e conhecimentos considerados essenciais (BRASIL, 2018). Freitas (2018) assevera que não se pode pensar a BNCC indissociada de sua relação com as demandas do mercado, pois esta surge como uma alternativa de redenção social e com o discurso de um projeto de educação que garante a aprendizagem de todos e eleva as perspectivas de ascensão social dos mais pobres. A imposição deste programa de educação contribui para a aceitação da pobreza mediante a culpabilização do estudante pelo seu fracasso e, conseqüentemente, coloca na educação a redenção ou condenação dos estudantes oriundos da classe trabalhadora. De acordo com Oliveira *et al.* (2019, p. 6), a BNCC

segue um viés contrário às concepções de conhecimento, ensino e educação que promovam a superação da fragmentação das políticas educacionais, além de promover obstáculos à diversidade, pluralidade e liberdade religiosa, étnico-racial e de gênero.

Quanto à formação de professores e sua suposta responsabilização pelo fracasso escolar, a Associação Nacional pela Formação de Profissionais da Educação (ANFOPE), por meio de um documento publicado no dia 11 de setembro de 2017, demonstra sua posição de repúdio ao processo de elaboração da BNCC, se contrapondo aos processos de desqualificação e degradação da profissão docente, devido ao aligeiramento dos cursos de formação. Neste documento a ANFOPE declara opor-se: à ideia de um currículo mínimo para as licenciaturas e educação básica; à adoção de material didático previamente estabelecido; ao fortalecimento das avaliações em larga escala e tantos outros pontos que agravam a situação da educação brasileira.

Concordamos com Curado (2019) que identifica as reformas educacionais como elementos delineadores da formação de professores. A autora explica que a Residência Pedagógica foi lançada

como programa de governo, por meio de Edital, para orientar a política de formação inicial e continuada de professores da educação básica, submetendo as licenciaturas à Base Nacional Comum Curricular. A proposta indica uma reformulação do atual modelo de estágio supervisionado dos cursos de Licenciatura, das diversas Instituições de Educação Superior (IES), os quais estarão se submetendo aos critérios do Edital (CURADO, 2019, p. 308).

O PRP anunciado pelo MEC, junto aos demais programas da CAPES, compõem a Política Nacional de Formação dos Profissionais da Educação Básica, respaldando que a formação docente deve promover aos estudantes as habilidades e competências a fim de realizar um ensino de qualidade nas escolas de educação básica (CURADO, 2019).

Curado (2019) apresenta diversas críticas em relação à concepção do PRP enquanto política de formação de professores, pois permite a relação com avaliações de larga escala que padronizam e quantificam, desconsiderando os processos de ensino e aprendizagem de diversos conteúdos; dicotomiza e fragmenta a teoria da prática, condicionando-a um conjunto de procedimentos de aprender a fazer e reduzindo o conhecimento pedagógico à mera aplicação técnica dos conceitos mercantis da BNCC; apresenta descompromisso com uma concepção sócio-histórica e emancipadora; favorece a formação aligeirada e rasa de docentes e fere a autonomia universitária.

Uma outra política articulada a este contexto que traz implicações ao trabalho docente é o Movimento Escola Sem Partido (MESP) que é fundamentado por um discurso que “remonta às práticas ligadas ao conservadorismo, autoritarismo e aos fundamentalismos cristãos” (SILVA *et al.*, 2019, p. 3). De acordo com os autores citados, projetos assim apresentam pressupostos de uma sociedade de classe, exploratória e

excludente, ameaçando a autonomia docente, promovendo o esvaziamento teórico. A escola, diante desta perspectiva, se torna um espaço de formação sem vínculo político e social, seguindo na contramão de uma Educação emancipadora.

Em 2019 o Ministério da Educação divulgou a versão preliminar da BNC da Formação de Professores da Educação Básica, estabelecendo as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para a Formação de Professores. A BNC, com a justificativa de melhoria dos resultados educacionais, propõe referenciais internacionais para a formação docente que fundamentam propostas em relação ao que os professores devem saber e ser capazes de fazer.

O documento apresenta como sendo necessário à formação do professor o “conhecimento pedagógico sobre a relação entre docente e alunos e o processo de ensino e aprendizagem que, colocados em prática, favorecem o desenvolvimento integrado de competências cognitivas e socioemocionais” (BRASIL, 2019, p. 11). Reafirmando, portanto, a formação docente por competência, persistindo a lógica de produção de saberes, na qual compreende estudantes e professores como receptores de modelos educacionais pensados por especialistas. Este programa também reforça a necessidade da intensificação dos vínculos entre as instituições formadoras e a realidade escolar e a efetivação de avaliações de cursos e certificação de competências dos docentes. O documento representa uma receita para a solução dos problemas educacionais do Brasil, com razões econômicas mascaradas por um discurso que constitui uma proposta de reforma da política educativa (ALBINO; SILVA, 2019).

A atual configuração que demarca a formação de professores, no que se refere às discussões aqui apresentadas, reflete uma formação sem perspectiva de transformação humana e social. No decorrer das análises do *corpus* de revisão evidenciamos o recuo da teoria demarcando as pesquisas, respaldando o que está posto pelos programas e movimentos que permeiam o ensino e formação de professores (BNCC; PRP MESP e a BNC de formação de professores) aqui discutidos. Devemos refletir sobre tal fato, pois isso repercute os interesses de uma sociedade capitalista e amplia sobremaneira os limites de uma formação escolar verdadeiramente emancipatória.

Cientes de que

é preciso lutar contra o recuo da teoria na formação dos professores da Educação Básica e consolidar, tanto na formação quanto no planejamento e na realização do ensino, os conhecimentos teóricos necessários para o professor desenvolver bem seu trabalho (CURADO, 2019, p. 14)

A presente pesquisa segue na contramão dos discursos postos pelas políticas públicas de formação docente, pois ao longo das discussões evidenciamos a relevância de se considerar a unidade entre prática e teoria – a práxis a fim de criar condições sociais e psicológicas para a emancipação humana. Acreditamos ser necessário que a educação escolar se fundamente principalmente

na transformação das pessoas em direção a um ideal humano superior, na criação das forças vivas imprescindíveis à ação criadora, para que seja, de fato, transformadora, tanto dos próprios indivíduos quanto das condições objetivas que sustentam sua existência social (MARTINS, 2010, p. 15).

Tais perspectivas não representam de fato os elementos fundamentais para uma formação de professores bem fundamentada. A humanização dos indivíduos deve ser produto do trabalho educativo efetivada pela própria humanidade dos professores.

É preciso, pois, lutar contra a lógica do projeto neoliberal e suas políticas impostas aos programas de formação de professores e ao ensino na Educação Básica e agir em prol de uma formação comprometida com a docência, como atividade intelectual e criadora. Tal finalidade educativa deve visar a formação de sujeitos intelectuais críticos e autônomos, pautados pela epistemologia da práxis, tendo em vista que ela se propõe a promover a articulação da formação e do trabalho docente com o debate sócio-político da educação (CURADO, 2019).

A THC e o ensino desenvolvimental, que fundamentam esta pesquisa, são referenciais teóricos que constituem respaldos relevantes para a transformação e superação desta formação posta pelas políticas atuais. Freitas e Rosa (2015) defendem que tais perspectivas representam uma alternativa importante a ser considerada nos cursos de formação por possibilitarem uma aprendizagem consciente e crítica do conhecimento, condição essencial aos estudantes para a compreensão e análise do mundo em que vivem. Além disso, promovem maiores possibilidades de estabelecer relações entre os estudantes e os conteúdos, articulando-os aos saberes como novas estruturas de pensamento, a capacidade criadora do ser humano, princípios teóricos de promoção da aprendizagem e o desenvolvimento da atividade mental dos estudantes.

Os estudos acerca da formação do pensamento conceitual da transmissão gênica, por meio do ensino desenvolvimental, nesta pesquisa, representa uma possibilidade para o processo de ensino e aprendizagem que direciona a organização do ensino a partir das ações, operações e tarefas, com a articulação da HFC no estudo lógico-histórico do

conceito, da preparação do material e da mediação a ser realizada, junto a professores e estudantes.

A possibilidade da construção de condições de superação se apresenta nesta pesquisa ao longo das discussões ao buscar o pensar por e com conceito, neste caso específico, o de transmissão gênica e suas relações histórico-filosóficas como uma construção humana, social, que deve fundamentar a formação e o trabalho do professor com a finalidade de promover um ensino para o desenvolvimento humano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com Kopnin (1978, p. 231), “a compreensão da essência da sistematização do conhecimento científico e de suas formas está vinculada à interpretação da natureza da síntese e sua atitude face a análise”. Por meio do processo de análise, o movimento do pensamento formula maneiras de se chegar ao conhecimento e por meio das sínteses emergem as possibilidades da formação de novos conhecimentos. Propomos aqui a síntese das relações construídas a partir de elementos do objeto de estudo analisados até aqui.

As relações entre o pensamento por conceito e a formação de professores, a partir do estudo histórico e filosófico de um conceito biológico, constituiu nosso objeto de estudo e problematização. Fundamentando-nos para esta análise nas teorias histórico-cultural e do ensino desenvolvimental, objetivando entender como a compreensão histórico-filosófica deste conceito pode contribuir para a formação do pensamento conceitual de professores de Biologia.

Retomando o que foi exposto nesta investigação sobre a produção acadêmica, por meio de um recorte da realidade concreta, o *corpus* inicial de revisão constituiu a análise da produção relacionada às temáticas: o lugar da HFC e da formação de professores nas pesquisas acadêmicas analisadas, a formação do pensamento conceitual e o conhecimento de Biologia.

Dentre as tendências das pesquisas, de uma forma geral, a produção analisada não apresentou fundamentação teórica para que a HFC seja vista como uma abordagem que esteja contida em proposições formativas e didáticas pertinentes a uma visão de escola e Ciência emancipadoras, visto que identificamos uma tendência das pesquisas em se pautarem na lógica formal, apresentando perspectivas dicotômicas e a-históricas.

Em relação à formação de professores os trabalhos analisados apresentaram variações em suas concepções de formação entre as perspectivas crítica e reflexiva. Porém, foram identificados elementos que ratificam uma maior preponderância da lógica que permeia a epistemologia da prática, indicando um recuo da teoria acerca das concepções mencionadas e/ou não explicitando o referencial teórico norteador.

Explicitar o que é ser professor é o primeiro passo dos cursos de licenciatura na luta pela valorização da profissão docente. Pudemos evidenciar com estas análises que o professor não vive seu processo de ensino deslocado das condições concretas da sociedade. Não há como discutir a Biologia sem discutir as questões que tangenciam o ensino e a

formação do professor, ou como realizar uma pesquisa na esfera educacional sem mencionar o contexto político para pensar o atual processo de ensino. Tal fato também é evidenciado e corroborado em pesquisas distintas que falam da formação de professores ou do ensino em diferentes aspectos, como o da HFC (NORATO, 2019), de inserção de tecnologias da Educação (ECHALAR, 2015; OLIVEIRA, 2019; SILVA, 2019), o do uso dos livros didáticos (PINHEIRO, 2018), etc.

Mediante a análise das produções sobre o pensamento conceitual e conhecimento biológico identificamos que os trabalhos apresentam o conceito isolado em si mesmo, não fazendo uma relação integradora dos conceitos e deles com o todo. Entendemos que a possibilidade de apropriação de um conceito científico ocorre quando este é articulado em sua rede de conceitos.

Na intensa relação entre história social e natural é necessário explicitar os contextos sócio-histórico, econômico e político que perpassam todo o movimento de construção do conceito científico, contribuindo para a forma de pensar, bem como com os modos de ensinar.

Embora os dados obtidos nas análises desta pesquisa permitam identificar questões relevantes sobre as relações entre HFC, formação de professores e a formação do pensamento teórico do conceito de transmissão gênica, eles representam o singular que constitui a totalidade que deve ser apreendida em um movimento do pensamento para além do aparente. Nessa perspectiva, foi realizado o estudo lógico e histórico do conceito de transmissão gênica, no sentido da verdade objetiva, conduzindo o objeto de estudo na reprodução do processo histórico real de seu desenvolvimento. A perspectiva materialista dialética, a partir desta unidade do histórico e do lógico, define o início do conhecimento e o processo de seu movimento.

Investigamos o processo de desenvolvimento do conceito de transmissão gênica a partir de suas relações com a História Natural e Social do homem, articulando neste processo a perspectiva de cada corrente filosófica: vitalismo, fisicalismo e organicismo, expressando as diferentes relações estabelecidas entre o homem e a natureza.

Percebemos, no decorrer desta investigação, como o modo de produção do homem se modifica ao longo de cada período, transformando seu trabalho e sua visão do mundo. As condições materiais objetivas correspondem a forma pela qual o homem transforma a realidade para satisfazer as suas necessidades, neste processo ocorre a construção do conhecimento que é demarcado pelas condições materiais de cada período. Fica evidente que as condições materiais e objetivas e os interesses que prevalecem em cada época

influenciaram o modo como o processo de formação do conceito de transmissão gênica foi se constituindo. Este estudo indica, ainda, como o sujeito e o objeto do conhecimento são historicamente determinados, sendo que o conceito de transmissão gênica é também produto dessa relação.

Diante desta perspectiva retomamos o problema de pesquisa entendendo que o processo de construção deste conceito foi determinado por condições históricas e, portanto, é ideologicamente comprometido. Como exemplo relembremos um dos casos relatados que envolveram o estudo da transmissão gênica. Vimos que em determinado momento histórico o estudo da transmissão gênica esteve atrelado às ideais da direita política sob a forma de preconceito com vistas a justificar as desigualdades humanas da sociedade, bem como a justificar a criação de procedimentos de controle reprodutivo que selecionariam determinadas características, que culminariam com o melhoramento genético do ser humano.

Evidenciamos, ao longo do estudo desta dissertação, o caráter integrador das teorias que fundamentam a Biologia enquanto Ciência. As aproximações e relações entre as perspectivas da HFC e da teoria do ensino desenvolvimental contribuíram para pensar teoricamente as possibilidades para a formação do pensamento conceitual do professor a partir do conceito de transmissão gênica. Tais fundamentos epistemológicos pautados em uma perspectiva dialética do conhecimento possibilitam a formação do conceito por meio de um ensino organizado pelo professor, visando uma aprendizagem crítica e consciente dos conceitos biológicos, objetivando o desenvolvimento do pensamento teórico por parte dos estudantes.

Diante destas relações, o professor, ao reproduzir conscientemente o caminho de investigação e formação do conceito de transmissão gênica, pode se apropriar dos modos de pensar e investigar da Ciência que leciona, contribuindo assim para o processo de desenvolvimento do pensamento teórico. Para isso, entendemos que é de fundamental importância que o processo formativo do professor esteja pautado teoricamente em uma epistemologia psicológico-didática, contribuindo para a compreensão do seu trabalho docente e da totalidade que envolve a esfera educacional.

É necessário investigar as circunstâncias e as condições para que o ensino possa se constituir como instrumento que possibilite a transformação dos indivíduos (e da própria sociedade) a partir da superação (ainda que parcial) do processo de alienação historicamente instituído na sociedade e, particularmente, no sistema educacional vigente.

A investigação aqui apresentada busca contribuir com a formação e o trabalho docente na compreensão de formas de pensar os modos de se formar professores na relação direta com os modos de ensinar. Apresentou, ao longo das discussões, elementos e condicionantes necessários para que a formação do pensamento conceitual possa ser reconhecida e utilizada de forma efetiva em sua práxis educativa. O professor pode ser capaz de se apropriar do processo de construção do conhecimento sobre esta lógica, constituindo sua aula enquanto práxis educativa, promovendo condições sociais para transformações na busca da emancipação intelectual de todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

Por fim, apontamos como limitação desta pesquisa o pouco tempo para sua realização frente a minha retomada pessoal de estudo após 14 anos distante da academia. A extensa e densa quantidade de leituras, estudos e discussões de textos referentes às três temáticas que permeiam esta investigação (HFC, pensamento conceitual e formação de professores) me deixaram a certeza de que ainda ficam algumas lacunas a serem melhor discutidas. Todavia, com a minha aprovação no doutorado já as coloco como ponto de partida para a construção no novo objeto de investigação.

Concluimos a presente dissertação indicando a necessidade de avanço nas pesquisas que articulam a relação didática desenvolvimental e o ensino de conteúdos biológicos, tanto na Educação Básica quanto na formação de professores.

REFERÊNCIAS

- ALBINO, Â. C. A.; SILVA, A. F. da. BNCC e BNC da formação de professores: repensando a formação por competências. **Revista Retratos da Escola**, Brasília, v. 13, n. 25, p. 137-153, jan./mai. 2019.
- ANDERY, M. A.; MICHELETTO, N.; SÉRIO, T. M. P.; RUBANO, D. R.; MOROZ, M.; PEREIRA, M. E.; GIOIA, S. C.; GIANFALDONI, M.; SAVIOLI, M. R.; ZANOTTO, M. de L. **Para compreender a Ciência: uma perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, São Paulo: EDUC, 1996. 446p.
- ANDERI, E. G. C. **A constituição da profissionalidade docente na perspectiva dos estudantes do PIBID**. 2017. 176 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC). Goiás, 2017.
- ANDRADE, M. A. B. S. de; CALDEIRA A. M. de A. O modelo de DNA e a Biologia Molecular: inserção histórica para o Ensino de Biologia. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 139-165, 2009.
- ANFOPE. Posição da ANFOPE sobre a BNCC. **Carta de Brasília**, ANFOPE, CNE11/09/2017. Disponível em: <https://www.anpae.org.br/website/noticias/390-2017-09-11-17-16-17>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- ARAÚJO, L. A. L. **A racionalidade genética no pensamento evolutivo**. 2015. 109f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.
- ARISTÓTELES. **Partes dos animais**. Obras Completas, Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010. Ed.: Imprensa Nacional-Casa da Moeda. v. 4. 220p, set. 2010.
- BERNARDES, M. E. M.; MOURA, M. O. de. Mediações simbólicas na atividade pedagógica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.35, n.3, p. 463-, 78, set./dez. 2009.
- BITTENCOURT, F. B. **O tratamento dado à história da Biologia nos livros didáticos brasileiros recomendados pelo PNLEM-2007: análise das contribuições de Gregor Mendel**. 2013. 80f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.
- BIZZO, N. A teoria genética de Charles Darwin e sua oposição ao mendelismo. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, p. 317-333, 2008.
- BOTELHO, J. F. **Epigênese radical: A perspectiva dos sistemas desenvolvimentais**. 2007. 172f. Dissertação (Mestrado de Filosofia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.
- BRANDÃO, G. O.; FERREIRA, L. B. M. O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 43-63, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ministério da Educação e Cultura, 1998. 79p.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Brasília, 2000. 109p.

BRASIL. Secretaria da Educação Básica. **Edital de convocação nº 1/2013**: edital para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático PNLD 2015. Brasília: Ministério da Educação, 2013. Disponível em: <<http://www.fnede.gov.br/programas/programas-do-livro/consultas/editais-programas-livro/item/4032-pnld-2015>>. Acesso em: nov. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a base. Brasília. 2018. Disponível em: 568 http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf. Acesso em: 6 jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Proposta para Base Nacional Comum da Formação de Professores da Educação Básica**. 2019. 37p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/setembro-2019/124721-texto-referencia-formacao-de-professores/file>. Acesso em: 10 jan. 2020.

CAIRUS, H. F.; RIBEIRO Jr., W. A. **Textos hipocráticos**: o doente, o médico e a doença. SciELO-Editora FIOCRUZ, 2005. 252p.

CAMARGO, S. A. F., ROSA, S. V. L. Internacionalização das políticas educacionais, trabalho docente e precarização do ensino. In: LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. de. M. (Orgs.). **Políticas educacionais neoliberais e escola pública**: uma qualidade restrita de educação escolar. 1 ed. Goiânia, GO: editora, 2018, p. 279 -299.

CAMPANARIO, J. M. Ventajas e inconvenientes de la Historia de la Ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 11, n. 1, p. 5-14, 1998.

CARNEIRO, M. H. da S.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CEDRO, W. L.; MORAES, S. P. G.; ROSA, J. E. A atividade de ensino e o desenvolvimento do pensamento teórico em matemática. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 2, p. 427-445, 2010.

CEDRO, W. L.; MOURA, M. O. de. O espaço de aprendizagem e a atividade de ensino: o clube de matemática. In: ENEM - Comunicação Científica, 8, Pernambuco. **Anais...** 2004. Disponível em: <http://www.sbembrasil.org.br/files/viii/pdf/02/CC78728770153.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.

CONT, V. del. Francis Galton: eugenia e hereditariedade. **Scientia e studia**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 201-18, 2008.

CÓSSIO, M. de F. Base comum nacional: uma discussão para além do currículo. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 1570 – 1590, out./dez. 2014.

CURADO, K. A. P. C. da S. **Epistemologia da práxis na formação de professores perspectiva crítico-emancipadora**. 2019. – Campinas, SP: Mercado de Letras, 1 ed., 2019. 118p.

CURADO, K. A. P. C. da S. Formação de professores: propostas e concepções. **Linhas Críticas**, Brasília, DF, n. 46, p. 561-564, set./dez. 2015.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. História e filosofia da ciência na educação científica: para quê? **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 19, e. 2583, 2017.

DARWIN, C. **Origem das espécies e a seleção natural**. Trad. Eduardo Nunes Fonseca. Curitiba: Hemus, 2009. 438p.

DARWIN, C. **The variation of animals and plants under domestication**. London. MURRAY J. 2 ed. 1968. 486p.

DAVYDOV, V. V. **Problemas do Ensino Desenvolvidor** - a experiência da pesquisa teórica e experimental na psicologia. Texto traduzido do espanhol por José Carlos Libâneo e Raquel A. M. da Madeira Freitas, para uso didático, na disciplina: Didática na perspectiva histórico-cultural, no PPGE. Universidade Católica de Goiás. 1988. Disponível em: [http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/5146/material/Davydov%20Tradu%C3%87%C3%83O%20Problemas%20de%20Desenvolvimento%20Ensino%20\(Livro\).doc](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/5146/material/Davydov%20Tradu%C3%87%C3%83O%20Problemas%20de%20Desenvolvimento%20Ensino%20(Livro).doc). Acesso em: 10 jan. 2020.

DECKER, A. A formação docente no Projeto Político do Banco Mundial. In: EVANGELISTA, O.; SEKI, A. K. (Orgs.). **Formação de professores no Brasil**: leituras a contrapelo. Araraquara: Junqueira & Marin, 2017. p. 85-116.

DAWKINS, R. **O gene egoísta**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007. 121p.

DELIZOICOV, N. C. **Movimento do sangue no corpo humano**: história e ensino. 2002. 275f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

DELIZOICOV, N. C. Movimento do sangue no corpo humano: do contexto da produção do conhecimento para o de seu ensino. **Revista Ciência & Educação**. Unesp: Bauru, v. 10, n. 3, p. 443-460. 2004.

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

DUARTE, N. **Vigotski e o “aprender a aprender”**: crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana. 2ª ed. Campinas, SP: Autores Associados. 353p. 2001.

DUARTE, N. Conhecimento tácito e conhecimento escolar na formação do professor (por que Donald Schön não entendeu Luria). Campinas, **Educ. Soc.**, v. 24, n. 83, p. 601-625, ago. 2003.

DUARTE, N. A importância da concepção de mundo para a educação escolar: porque a pedagogia histórico-crítica não endossa o silêncio de Wittgenstein. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, v. 7, n. 1, p. 8-25, 2015.

ECHALAR, A. D. L. F. **Formação docente para a inclusão digital via ambiente escolar**: o PROUCA em questão. 2015, 148f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2015.

ENGELS, F. **A dialética da natureza (1927)**. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1976.

FAVORETO, A.; FIGUEIREDO, I. M. Z.; ZANARDINI, I. M. S. Formação docente: relação entre alienação e práxis reflexiva. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 12, n. 3, p. 980-994, set./dez. 2017. Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa>. Acesso em: 10 jan. 2020

FERREIRA, M. S.; SELLES, S. E. Análise de livros didáticos em Ciências: entre as Ciências de referência e as finalidades sociais da escolarização. **Educação em Foco**, Juiz de Fora, v. 8, n. 2, p. 63-78, 2004.

- FREITAS, R. A. M. da M. **Pesquisa em didática: o experimento didático formativo**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA ANPED CENTRO-OESTE, 10, Desafios da Produção e Divulgação do Conhecimento, Uberlândia, v. I. p. 1-11, 2010. Disponível em: <http://www.anped.org.br/news/x-encontro-de-pesquisa-em-educacao-da-anped-centro-oeste-universidade-federal-de-uberlandia-ufu> Acesso em: >. Acesso em: 10 jan. 2020.
- FREITAS, R. A. M. da M.; ROSA, S. V. L. Ensino desenvolvimental: contribuições à superação do dilema da didática. **Educação e Realidade**, v. 40, p. 613-627, 2015.
- FREITAS, R. A. M. da M. Formação de Conceitos na aprendizagem escolar na atividade de estudo como forma básica para a organização do Ensino. **Educativa**, v. 19, n. 2, p.388-418, maio/ago. 2016.
- FREZZATTI Jr., W. A. Haeckel e Nietzsche: aspectos da crítica ao mecanicismo no século XIX. **Scientiae Studia**, v. 1, n. 4, p. 435-61, 2003.
- GAGLIARDI, R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 4, n. 1, p. 30-35. 1985.
- HOBBSAWM, E. J. **A Era das Revoluções: 1789 - 1848**. 27ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2017a. 315p.
- HOBBSAWM, E. J. **A Era do Capital: 1848 - 1875**. 27 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2017b. 312p.
- HOBBSAWM, E. J. **A Era dos Extremos: 1914 - 1991**. 27 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2017c. 478p.
- JACOB, F. **A lógica da vida: uma história da hereditariedade**. 2001. Rio de Janeiro, Graal. v. 13, 2001. 327p.
- JOAQUIM, L. M. EL-HANI, C. N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientia e studia**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010.
- JUSTINA, L. A. D. **Ensino de genética e história de conceitos relativos à hereditariedade**. 2001. 145f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- JUSTINA, L. A. D.; CALUZI, J. J. MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. de A. A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 1, p. 55-71, 2010.
- KOPNIN, P. V. **A dialética como lógica e teoria do conhecimento**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1978. 354p.
- KOSIK, K. **Dialética do concreto**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011. 250p.
- LEFEBVRE, Henri. **Lógica formal lógica dialética**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1991. 301p.
- LEITE, R. C. M. **A produção coletiva do conhecimento científico: um exemplo no ensino de Genética**. 2004. 211f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.
- LEWONTIN, R.; ROSE, S.; KAMIN, L. **Not In Our Genes: Biology, Ideology, and Human Nature**. Ed. Haymarketbooks. 2017. 323p.

LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a Teoria Histórico-cultural da Atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**. n. 27, p. 5-24, 2004.

LIBÂNEO, J. C. O campo teórico-investigativo da pedagogia, a Pós-Graduação em educação e a pesquisa pedagógica. **Educativa**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 109-121, jan./jun. 2008.

LIBÂNEO, J. C. **Conteúdos, formação de competências cognitivas e ensino com pesquisa**: unindo ensino e modos de investigação. São Paulo: Universidade de São Paulo, out. 2009. 40 p.

LIBÂNEO, J. C. Didática e trabalho docente: a mediação didática do professor nas aulas. In: LIBÂNEO, J. C.; SUANNO, M. V. R.; LIMONTA, S. V. (Orgs.). **Concepções e práticas de ensino num mundo em mudança**: diferentes olhares para a Didática. Goiânia: CEPED/PUC Goiás, 2011, p. 85-100.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. da M. Vygotsky, Leontiev, Davydov – três aportes teóricos para a teoria histórico-cultural e suas contribuições para a didática. Eixo temático 3. Cultura e práticas escolares, 2006.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. da M. Vasily Vasilyevich Davydov: a escola e a formação do pensamento teórico-científico. In: LONGAREZI, A. M.; PUENTES, R. V. (Org.). **Ensino desenvolvimental**: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos. Uberlândia: EDUFU, 2013, p. 315-350.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. M. Vygotsky, Leontiev, Davydov: três aportes teóricos para a Teoria Histórico-Cultural e suas contribuições para a Didática. In: Congresso Brasileiro de História da Educação, 4, 2006, Goiânia, **Anais ...** Disponível em: <<http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe4/individuais-coautorais/eixo03/Jose%20Carlos%20Libaneo%20e%20Raquel%20A.%20M.%20da%20M.%20Freitas%20-%20Texto.pdf>>. Acesso em: 22/01/2020.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. da M. A pesquisa: repercussões de políticas educacionais na escola e na sala de aula. 2018. In: LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. da M. (Org.). **Políticas educacionais neoliberais e escola pública**: uma qualidade restrita de educação escolar. Goiânia: Espaço acadêmico. 2018, p. 23-45.

LIBÂNEO, J. C. Formação de professores e didática para o desenvolvimento humano. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 40, n. 2, p. 629-650, abr./jun. 2015.

LORETO, M. L. MASSARANI, L. M.; MOREIRA, I. de C. Repercussões do caso Lysenko no Brasil. 2014. In: Seminário Nacional de História da Ciência E da Tecnologia, 14, Minas Gerais – (UFMG), **Anais...** Disponível em: <http://www.abfhib.org/2015-Encontro/Anais-Encontro-Hist-Fio-Bio-2015.pdf> Acesso em: 10 jan. 2020.

MARTINS, L. A. P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, R. A. Introdução: A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências**. Campinas, SP. p. 20-34. 2006.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, R. de A. August Weismann, Charles Brown-Séquard e a controvérsia sobre herança de caracteres adquiridos no final do século XIX. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 1, p. 141-176, 2010.

MARTINS, L. M. O legado do século XX para a formação de professores. In: MARTINS, L. M.; DUARTE, N. (Orgs.). **Formação de professores: limites contemporâneos e alternativas necessárias** [online], São Paulo: UNESP, 2010, p. 13-31.

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

MARX, K. **Contribuição à crítica da economia política**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2008.

MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã: crítica mais recente da filosofia alemã em seus representantes Feuerbach, B. Bauer e Stiner, e do socialismo alemão em seus diferentes profetas (1845/1846)**. 1. ed. São Paulo: Boitempo, 2007.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1107p., 1998.

MAYR, E. **Isto é Biologia: ciência do mundo vivo**. Trad. Claudio Angelo. São Paulo: Companhia das Letras, 428p., 2011.

MEGID NETO, J. **O que sabemos sobre a pesquisa em ensino de ciências no nível fundamental: tendências de teses e dissertações defendidas entre 1972 e 1995**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2, **Atas...** Valinhos, São Paulo. 1999.

MENDEL, G. Experiments in a Monastery Garden¹. **American Zoologist.**, 26: p.749-752, 1986.

MOORE, J. A. Science as a way of knowing - Genetics. **Americaan Zoologists**, v. 26, p. 583-747, 1986.

MORETTI, V. D.; MOURA, M. O. de. A formação docente na perspectiva histórico-cultural: em busca da superação da competência individual. **Psicologia política**. v. 10, n. 20, p. 345-361, 2010.

MOURA, M. O. de. **A atividade de ensino como unidade formadora**. Bolema, São Paulo, ano II, n. 12. p. 29-43, 1996.

MOURA, M. O. de; SFORNI, M. S. de F.; LOPES, A. R. L. V. A objetivação do ensino e o desenvolvimento do modo geral da aprendizagem da atividade pedagógica. In: MOURA, M. O. de. (Org.) **Educação escolar e pesquisa na Teoria Histórico-Cultural**. São Paulo: Loyola, p. 71-100, 2017.

MUKHERJEE, S. **O gene: uma história íntima**. Tradução Laura Teixeira Motta. 1ª - ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

NARDI, R. (Org). **Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores** [online]. São Paulo: UNESP e Cultura Acadêmica, 2009. 258 p.

NASCIMENTO Jr., A. F. **Construção de Estatutos de Ciência para a Biologia numa Perspectiva Histórico-Filosófica: uma abordagem estruturante para seu ensino**. 2010. 437f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista. 2010.

NASCIMENTO Jr., A. F.; SOUZA, D. C.; CARNEIRO, M. C. O conhecimento biológico nos documentos curriculares nacionais do Ensino Médio: uma análise histórico-filosófica a partir dos estatutos da Biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 223 – 243, 2011.

NEVES, L. A. S. das; STEFANELLO, R. Edith Rebecca Saunders e a hereditariedade no final do século XIX. **História da Ciência e ensino**, v. 18 (especial), 2018, p. 4-11.

NORATO, A. G. F. **História e Filosofia da Ciência no ensino de Biologia**: a relação forma e conteúdo em teses e dissertações. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

OLIVEIRA, N. C. de. **As relações entre ciência e tecnologia no ensino de Ciências da Natureza**. 2019. 306f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 2019.

OLIVEIRA, A. F. de; SANTOS, C. R. dos; FRANSOLIN, J. B. L.; LIMA L. L. F. dos, S.; SOUSA, R. M. de; CORRÊA, W. C. R.; ECHALAR, A. D. L. F. O “Aprender a Aprender” no Ensino de Ciências e Matemática proposto na BNCC: o esvaziamento de conteúdo a serviço do capital. In: LIBÂNEO, J. C.; ECHALAR, A. D. L. F.; ROSA, S. V. L.; SUANNO, M. V. R. (Orgs.). **Em defesa do direito à educação escolar**: didática, currículo e políticas educacionais em debate. 1.ed. Goiânia: UFG, 2019, v. 1, p. 106-118. Disponível em: < https://producao.ciar.ufg.br/ebooks/edipe/artigo_09.html>. Acesso em: 10 jan. 2020

PANOSSIAN, M. L.; MORETTI, V. D.; SOUZA, F. D. Relações entre movimento histórico e lógico de um conceito, desenvolvimento do pensamento teórico e conteúdo escolar. In: MOURA, M. O. de. (Org.) **Educação escolar e pesquisa na Teoria Histórico-Cultural**. São Paulo: Edições Loyola, 2017. p. 125-152.

PINHEIRO, R. M. de S. **O conceito de célula em livros didáticos de Biologia**: análise sob uma perspectiva histórico-crítica. 2018. 165 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, 2018.

POLIZELLO, A. O desenvolvimento das ideias de herança de Francis Galton: 1865-189. **Filosofia e História da Biologia**, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2011.

POLIZELLO, A.; MARTINS, L. Al-C. P. Modelos microscópicos de herança no século XIX. **Filosofia e História da Biologia**, v. 7, n. 2, p. 137-155, 2012.

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

PRESTES, M. E. B. **Teoria Celular**: de Hooke a Schwann. São Paulo: Scipione, 1997.

PRESTES, M. E. B.; OLIVEIRA, P.; JENSEN, G. M. As origens da classificação de plantas de Carl von Linné no ensino de biologia. **Filosofia e História da Biologia**, Campinas, ABFHiB, v. 4, p. 101-137, 2009.

ROSA, S. V. L.; SYLVIO, M. C. de. Teoria Histórico-Cultural e Teoria do Ensino Desenvolvimental: bases para uma epistemologia psicológico-didática do ensino. **Revista Educativa**, Goiânia, v. 19, n. 2, p. 419-448, maio/ago. 2016.

ROSA, J. M.; MARTINS, L. M. Reflexões sobre o ensino da taxonomia e da sistemática filogenética e o desenvolvimento do pensamento abstrato. **Obutchénie**: R. de Didat. e Psic. Pedag. Uberlândia, MG, v. 1, n. 2, p. 376 - 410. 2017.

SAMBA, K. K. K. **História e filosofia da Ciência no ensino de Ciências Naturais**: o consenso e as perspectivas a partir de documentos oficiais, pesquisas e visões dos formadores. 2011. 384f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 2011.

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

SFORNI, M. S. de F. **Aprendizagem conceitual e organização do ensino**. Contribuições da teoria da atividade. Araraquara-SP: Junqueira & Marin, 2004.

SHERATT, W. History of Science in the Science curriculum: an historical perspective. **School Science Review**, v. 64, p. 225-236, 1982.

SILVA, N. C. de S. **A formação inicial a distância de professores das Ciências da Natureza: lógicas formal e dialética como base analítica**. 2019. 163 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2019.

SILVA, A. P. da; NORATO, A. G. F.; FONSECA, D. M.; ALVES FILHO, M. A.; SILVA, N. C. S.; REZENDE, R. D. F de; ECHALAR, A. D. L. F. O Movimento Escola sem Partido na contramão da emancipação social: reflexões a partir da área de Ciências da Natureza. In: LIBÂNEO, J. C.; ECHALAR, A. D. L. F.; ROSA, S. V. L.; SUANNO, M. V. R. (Org.). **Em defesa do direito à educação escolar: didática, currículo e políticas educacionais em debate**. 1.ed. Goiânia: UFG, 2019, v. 1, p. 106-118. Disponível em: < https://producao.ciar.ufg.br/ebooks/edipe/artigo_09.html>. Acesso em: 10 jan. 2020.

SIMÃO, M. M. **Abordagem do conceito de vida no ensino de Ciências e Biologia: uma análise de artigos científicos brasileiros a partir da epistemologia de Fleck**. 2018. 104f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2018.

SOUZA, R. C. C. R. de; MAGALHÃES, S. M. O. Pesquisa acadêmica sobre professores em interlocução com o plano nacional de educação (PNE 2014-2024): epistemologias, confluências e contradições. **Revista Form. Doc.**, Belo Horizonte, v. 8, n. 14, p. 49-64, jan./jun. 2016.

VÁZQUEZ, A. S. **Filosofia da práxis**. (Coleção Pensamento Social Latino-Americano). Trad. Maria Encarnación Moya. Clacso: São Paulo: Expressão Popular, Brasil, 2011.

VIDIGAL, L.; DIAS, V. A. T.; FRANCO, S. A. P. A categoria dialética conteúdo e forma no interior da Pedagogia Histórico-Crítica. In: EDUCERE, 13, Curitiba, **Anais...**2017. Disponível em: < https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/27430_13812.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.

VIEIRA, G. C. Evo-devo e a expansão das fronteiras da biologia evolutiva. In: ARAÚJO, L. A. L. (Org.). **Evolução Biológica da pesquisa ao ensino**. Porto Alegre, RS, p. 213-241. 2017. Disponível em: <<https://www.editorafi.org>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

VOSGERAU, D. S. A. R.; ROMANOWSKI, J. P. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 165-189, jan./abr. 2014.

APÊNDICE

Relações das teses e dissertações analisadas que compõem o *corpus* de pesquisa:

1. Levantamentos Teses

T₁ - DELIZOICOV, N. C. **Movimento do sangue no corpo humano: história e ensino.** 2002. 275f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

T₂ - LIMA, S. G. **Uma aproximação didática por meio da história do conceito de circulação sanguínea.** 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista, 2008.

T₃ - SAMBA, K. K. K. **História e filosofia da Ciência no ensino de Ciências Naturais: o consenso e as perspectivas a partir de documentos oficiais, pesquisas e visões dos formadores.** 2011. 384f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo. 2011.

T₄ - TRAZZI, P. S. S. **Ação mediada em aulas de Biologia: um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular.** 2015. 186f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Espírito Santo. 2015.

T₅ - MARTINS, L. Al-C. P. **A Teoria cromossômica da herança: proposta, fundamentação, crítica e aceitação.** 1997. 803f. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Estadual de Campinas. 1997.

T₆ - LEITE, R. C. M. **A Produção coletiva do conhecimento científico: um exemplo no ensino de Genética.** 2004. 211f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina. 2004.

T₇ - Brito, A. P. O. P. de M. **Os estudos de Thomas Hunt Morgan sobre determinação de sexo (1900-1914): herança citoplasmática, cromossômica e outras possibilidades.** 2008. 118f. Tese (Doutorado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2008.

2. Levantamentos Dissertações

D₁ - SANTANA, E. R. **Relatos dos professores de Ciências sobre a natureza da Ciência e sua relação com a história e a filosofia da Ciência.** 2009. 171f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de São Paulo. 2009.

D₂ - CORRÊA, A. L. **História e filosofia da Biologia na formação inicial de professores: reflexões sobre o conceito de evolução biológica.** 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista, 2010.

D₃ - SOARES, M. E. **História e filosofia das Ciências na educação científica: percepções e influências formativas.** 2013. 120f. Dissertação (Mestrado em Educação brasileira) – Universidade Federal do Ceará. 2013.

D₄ - ALMEIDA, L. F. de. **Abordagem histórica e filosófica da ciência no curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Sergipe - campus São Cristóvão**. 2014. 219f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal de Sergipe, 2014.

D₅ - BALLERINI, J. K. **Características da base de conhecimentos de professores no ensino de biologia celular a partir de um curso de formação continuada**. 2014. 252f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2014.

D₆ - REVERSI, L. F. **Síntese estendida: uma investigação histórico-filosófica**. 2015. 202f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2015.

D₇ - HIDALGO, M. R. **Contribuições da história e filosofia da Ciência para a formação inicial de professores de Ciências e Biologia: limites e possibilidades**. 2015. 216 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Maringá. 2015.

D₈ - CARVALHO, Laís de Jesus. **História e filosofia da Ciência: evolução das pesquisas em ensino de ciências e análise da perspectiva docente sobre essa abordagem**. 2017. 106f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Sergipe. 2017.

D₉ - CASTRO, D. R. de. **Estudo de conceitos de seres vivos nas séries iniciais**. 2010. 160f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana. 2010.

D₁₀ - GRIMES, C. **A Construção de conceitos científicos no estudo do tema "origem da vida"**. 2013. 265f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Regional de Blumenau. 2013.

D₁₁ - MIRANDA, E. S. de A. **A experimentação no ensino de Biologia: contribuições da teoria do ensino desenvolvimental para a formação no pensamento teórico**. 2017. 239f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Goiás. 2017.

D₁₂ - PADILHA, J. C. **A mediação docente dos conceitos básicos da genética para alunos com deficiência intelectual**. 2018. 215f. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Universidade Federal de Goiás. 2018.

D₁₃ - JUSTINA, L. A. D. **Ensino de genética e história de conceitos relativos à hereditariedade**. 2001. 145f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

D₁₄ - BOTELHO, J. F. **Epigênese radical: A perspectiva dos sistemas desenvolvimentais**. 2007. 172f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

D₁₅ - ROSA, S. R. G. **História e filosofia da ciência nos livros didáticos de biologia do ensino médio: análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana e a sua relação com a descoberta do DNA como material genético**. 2008. 108f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, 2008.

D₁₆ - JOAQUIM, L. M. **Genes: questões epistemológicas, conceitos relacionados e visões de estudantes de graduação.** 2009. 189f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia. 2009.

D₁₇- BATISTETI, C. B. **Os estudos de Avery, MacLeod e McCarty e a idéia do DNA como responsável pela hereditariedade:** interpretações historiográficas e apontamentos para o Ensino de Biologia. 2010. 161f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista. 2010.

D₁₈ - BITTENCOURT, F. B. **O tratamento dado à história da biologia nos livros didáticos brasileiros recomendados pelo PNLEM-2007:** análise das contribuições de Gregor Mendel. 2013. 80f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo. 2013.

D₁₉ - FIORIN, F. G. **Mendel: pai da genética ou um membro de uma tradição de pesquisa?** 2013. 64f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, 2013.

D₂₀ - GILGE, M. V. **História da Biologia e ensino: contribuições de Ernst Haeckel (1834-1919) e sua utilização nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2012 – Ensino Médio.** 2013. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências, modalidade Biologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 2013.

D₂₁ - FERREIRA, M. de J. **A História da Ciência como subsídio para a construção do conhecimento do conceito da dupla hélice.** 2015 114f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2015.

D₂₂ - ARAÚJO, L. A. L. **A racionalidade genética no pensamento evolutivo.** 2015. 109f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.

D₂₃ - BRUNELLI, A. **O desenvolvimento do conceito de linkage (1902-1915):** uma contribuição histórica para o ensino de genética. 2015. 76f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, modalidade Ensino de Biologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

D₂₄ – EVANGELISTA, N. A. M. **O conceito de gene em livros didáticos de Biologia Celular e molecular do ensino superior.** 2016. 223f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia. 2016.

D₂₅ – PATIÑO, L. C. **Visões sobre genes de pesquisadores em genética, biologia molecular e genômica em diferentes níveis de formação.** 2017. 94f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, 2017.

D₂₆ – SILVA, A. A. da. **Conceitos e transposição didática de genótipo e fenótipo: uma análise de livros didáticos.** 2017. 122f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2017.