



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO, COMUNICAÇÃO E ARTES/CECA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
NÍVEL DE MESTRADO/PPGE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SOCIEDADE, ESTADO E EDUCAÇÃO

**CONCEITOS E TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE GENÓTIPO E FENÓTIPO: UMA  
ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS**

**ALINE ALVES DA SILVA**

CASCAVEL-PR  
2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO, COMUNICAÇÃO E ARTES/CECA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
NÍVEL DE MESTRADO/PPGE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SOCIEDADE, ESTADO E EDUCAÇÃO

**CONCEITOS E TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE GENÓTIPO E FENÓTIPO: UMA  
ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS**

**ALINE ALVES DA SILVA**

CASCADEL-PR  
2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO, COMUNICAÇÃO E ARTES/CECA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
NÍVEL DE MESTRADO/PPGE  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SOCIEDADE, ESTADO E EDUCAÇÃO

**CONCEITOS E TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE GENÓTIPO E FENÓTIPO: UMA  
ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS**

**ALINE ALVES DA SILVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE, área de concentração Sociedade, Estado e Educação, linha de pesquisa: Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/UNIOESTE – Campus de Cascavel, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientadora:  
Profa. Dra. Lourdes Aparecida Della Justina

CASCADEL-PR  
2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S578c

Silva, Aline Alves da

Conceitos de transposição didática de genótipo e fenótipo: uma análise de livros didáticos. / Aline Alves da Silva.— Cascavel, 2017. 122 f.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lourdes Aparecida Della Justina  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Campus de Cascavel, 2017  
Programa de Pós-Graduação em Educação

1. Biologia – Estudo e ensino. 2. Livros didáticos. I. Justina, Lourdes Aparecida Della. II. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. III. Título.

CDD 20.ed. 372.35

CIP – NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9<sup>a</sup>/965



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Cascavel CNPJ 78680337/0002-65  
Rua Universitária, 2069 - Jardim Universitário - Cx. P. 000711 - CEP 85819-110  
Fone:(45) 3220-3000 - Fax:(45) 3324-4566 - Cascavel - Paraná



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

## ALINE ALVES DA SILVA

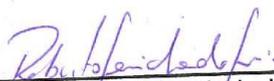
Conceitos e transposição didática de genótipo e fenótipo: uma análise de livros didáticos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Educação, área de concentração Sociedade, Estado e Educação, linha de pesquisa Ensino de Ciências e Matemática, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Lourdes Aparecida Della Justina

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



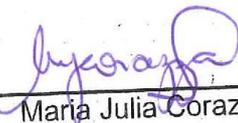
Roberto Laridondo Lui

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Eduarda Maria Schneider

Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Maria Julia Corazza

Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Cascavel, 10 de fevereiro de 2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO, COMUNICAÇÃO E ARTES/CECA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
NÍVEL DE MESTRADO/PPGE  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SOCIEDADE, ESTADO E EDUCAÇÃO

**ANEXO IV**  
**DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE PELA AUTORIA DO TEXTO DA**  
**DISSERTAÇÃO E CONHECIMENTO DAS IMPLICAÇÕES**  
**LEGAIS ACARRETADAS PELO PLÁGIO**

Autora: Aline Alves da Silva

CPF: 073.407.439 - 52

Orientadora: Lourdes Aparecida Della Justina

Data da defesa: 10 de fevereiro de 2017

Título da dissertação: “Conceitos e Transposição Didática de Genótipo e Fenótipo:  
Uma Análise de Livros Didáticos”

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- ✓ do Regulamento e das normas do PPGE;
- ✓ dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei no 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- ✓ da Lei no 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais e;
- ✓ que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de ideias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros), transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.

Cascavel, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

Assinatura da autor

Dedicado a todos que acreditam que a educação é o melhor caminho para tornar as pessoas mais humanas e livres de preconceitos.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente ao Ser superior de infinita bondade e amor que guiou meus passos até chegar onde me encontro atualmente.

À minha mãe que sempre apoiou e acreditou que eu era capaz de realizar meus sonhos. À minha tia, Sirlei Trzeciak, que sempre me incentivou a seguir os caminhos da dedicação aos estudos.

Ao meu marido Paulo que sempre esteve presente nos momentos mais felizes e também nos mais difíceis, apoiando e me auxiliando tanto emocionalmente quanto financeiramente, para que eu pudesse chegar onde desejei.

À minha orientadora e amiga professora Doutora Lourdes Aparecida Della Justina que sempre acreditou e me apoiou com suas orientações, conversas e auxílio emocional para que este e todos os trabalhos da minha vida acadêmica até o presente momento, fossem possíveis.

Aos professores do Laboratório de Ensino pelas conversas e apoio aos projetos desenvolvidos. Aos colegas do grupo de pesquisa GECEBIO, que sempre estavam dispostos a ajudar-me no que fosse necessário para a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos e amigas Aline Viana, Mariane Zelinski, Cintya Fonseca Luiz, Luciane de Oliveira, Kamilla Zabotti, Jéssica Engel e Alexandre Scheifele por todo apoio e incentivo.

Aos membros da banca Roberto Lui, Eduarda Maria Schneider, Maria Júlia Corazza pelas correções e contribuições na produção desta dissertação.

À CAPES pelo suporte financeiro.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná por possibilitar-me esta formação.

À secretária do curso de Pós-Graduação em Educação, Sandra, por exercer sua função com excelente profissionalismo e dedicação, auxiliando-me sempre que necessário.

À Escola Estadual Wilson Jofre pelo fornecimento dos materiais para a pesquisa.

A todos que de alguma forma ou outra contribuíram para que eu chegasse a essa etapa de minha formação acadêmica.

Toda nossa ciência, comparada à realidade, é primitiva e inocente; e, portanto, é o que temos de mais valioso.

*Albert Einstein*

SILVA, Aline Alves. **Conceitos e transposição didática de genótipo e fenótipo: uma análise de livros didáticos**. 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2017.

## RESUMO

A história e a filosofia da ciência podem ser utilizadas como subsídios para melhorar o ensino das ciências, dentre essas, a biologia. Para que essa melhora aconteça, é necessário realizar pesquisas cujo objetivo consista em levantar os aspectos históricos da construção dos conceitos relacionados aos conteúdos científicos apresentados em sala de aula e também nos materiais de apoio aos professores, como o livro didático. Com esse intuito, foi realizado um estudo, desde a década de 1950 até os dias atuais acerca do desenvolvimento conceitual de genótipo e fenótipo, para fornecer subsídios teóricos para a análise desses termos em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. Essa pesquisa se justifica pela necessidade de avaliar como os conceitos estão apresentados nos livros didáticos, uma vez que existe a necessidade de adequação e revisão dos conceitos conforme os apontamentos da pesquisa acadêmica, e ainda como são transpostos esses conhecimentos do “saber sábio” para o “saber a ensinar”. O objetivo geral desta pesquisa foi analisar como os conceitos de genótipo e fenótipo são apresentados em livros didáticos destinados à educação básica. Para tal fim, realizamos os seguintes questionamentos: Os conceitos de genótipo e fenótipo são apresentados e transpostos para os livros didáticos respeitando os conhecimentos científicos de cada época? Apresenta-se recorrência histórica nesses materiais de como se chegou a definição desses conceitos? A metodologia é de natureza qualitativa, compreendendo a análise de conteúdo dos dados, que consiste em três etapas: pré-análise, codificação e categorização. O processo de análise da transposição didática foi realizado conforme os seguintes elementos: dessincretização do saber, despersonalização do saber, programabilidade do saber, publicidade do saber, envelhecimento moral/biológico, finalidade na textualização do saber, criações didáticas e a dialética antigo/novo. Ao analisar os resultados evidenciou-se que os conceitos de genótipo e fenótipo presentes nos respectivos livros não acompanharam a compreensão da comunidade científica de cada época. Geralmente, ocorre a demora da transposição didática, com relação ao desenvolvimento do conhecimento científico. Entendemos que parte dessa demora é aceitável, visto que, é muito difícil os livros didáticos serem editados no momento imediato ao desenvolvimento das pesquisas científicas. No entanto, os autores e editores precisam se preocupar com as atualizações que emergem da produção científica, e cuidar para que não haja distanciamento de décadas entre os conceitos apresentados nos materiais didáticos em relação às compressões aceitas pela comunidade científica. Quanto à análise dos elementos da transposição didática, percebemos que os livros geralmente possuem apresentação dos conteúdos de genótipo e fenótipo de uma forma sintética, o que pode impossibilitar o desenvolvimento da alfabetização científica dos alunos, levando-os a ver a genética de forma determinista, sem considerar as interferências internas e externas para a constituição do fenótipo.

**Palavras-Chave:** Educação em Biologia, Transposição didática, análise de conceitos, materiais didáticos.

SILVA, Aline Alves. **Concepts and didactic transposition of genotype and phenotype: an analysis of textbooks.** 2017. 122 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2017

## ABSTRACT

The history and philosophy of science can be used as subsidies to improve science teaching, including biology. For this improvement to occur, it is necessary to carry out researches to raise the historical aspects of concepts elaboration related to the scientific content present in schools and also the materials to support teachers, like textbooks. For that purpose, a study, from the 1950s to the present day on the conceptual development of genotype and phenotype, was carried out to provide theoretical subsidies for the analysis of these terms in high school biology textbooks. This research is justified by the need to evaluate how the concepts are presented in textbooks, since there is a need to adapt and revise the concepts according to the academic research notes, and also how the mere "knowledge used" is transposed to the "knowledge taught". The general objective of this study was to analyze how the concepts of genotype and phenotype are introduced in textbooks for basic education system. To find out the following questions were asked: Are the concepts of genotype and phenotype presented and transposed to textbooks respecting the scientific knowledge of each era? Is there historical recurrence in these materials of how the definition of these concepts came to be? The methodology is qualitative in nature, comprising data content analysis, which consists of three steps: pre-analysis, coding and categorization. The process of analyzing didactic transposition was carried out according to the following elements: Transformation Outsourcing, Internal Transformation, knowledge programmability, context-bound, biological aging and aging moral distance, textualization of knowledge, didactic creations and the old/new dialectic. Analyzing the results it was evidenced that the concepts of genotype and phenotype present in the respective textbooks did not follow the understanding of the scientific community of each era. Generally, the delay of the didactic transposition occurs, with respect to the development of the scientific knowledge. It is understood that part of this delay is acceptable, since it is very difficult for textbooks to be edited at the time of scientific research. However, authors and editors need to be concerned with the updates that emerge from scientific production, and care must be taken to ensure that there is no distancing of decades between the concepts presented in the teaching materials in relation to the compressions accepted by the scientific community. Regarding to analysis of the elements of the didactic transposition, it was noticed that the books usually present the contents of genotype and phenotype in a synthetic way, which may make it impossible to develop the scientific literacy of the students, leading them to see the genetics in a deterministic way, without considering the internal and external interferences for the constitution of the phenotype.

**Keywords:** Education in Biology, didactic transposition, analysis of concepts, didactic materials.

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 -</b>	Descrição dos conceitos de genótipo e fenótipo aceitos pela comunidade científica desde a década de 1950 até os dias atuais.	.....47
<b>Quadro 2 -</b>	Relação dos livros analisados dispostos em suas respectivas épocas e com seu código de identificação.	.....55
<b>Quadro 3 -</b>	Categorias de Análise conforme a descrição dos conceitos de genótipo e fenótipo disposta no quadro 1.	.....60
<b>Quadro 4 -</b>	Disposição dos livros didáticos nas categorias.	.....64
<b>Quadro 5 -</b>	Relação de livros para a análise da transposição didática.	.....74
<b>Quadro 6 -</b>	Como o conhecimento sobre genótipo e fenótipo é apresentado no livro.	.....76
<b>Quadro 7 -</b>	Análise da dessincretização do saber.	.....80
<b>Quadro 8 -</b>	Apresenta importância da genética.	.....81
<b>Quadro 9 -</b>	Conceitos adicionados e retirados dos livros com o passar do tempo.	.....85
<b>Quadro 10 -</b>	Comparação entre o conhecimento da época com as informações apresentadas nos livros.	.....87
<b>Quadro 11 -</b>	Análise criações didáticas.	.....92
<b>Quadro 12 -</b>	Se o livro aborda o conhecimento histórico dos conceitos de genótipo e fenótipo.	.....104

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE BIOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
2.1 Aproximações entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Biologia..	19
2.2 Alguns apontamentos da pesquisa em história e filosofia da ciência e o ensino de biologia.....	24
2.3 A História e Filosofia da Ciência e os Livros didáticos .....	30
<b>3. A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO ACERCA DA RELAÇÃO GENÓTIPO – FENÓTIPO</b> .....	<b>32</b>
3.1 Genética: Ciência da Hereditariedade.....	32
3.2 O conceito de Genótipo e Fenótipo: de sua proposição aos dias atuais.....	33
<b>4. CONTEXTO E PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA</b> .....	<b>50</b>
4.1 Os livros didáticos e a transposição didática.....	50
4.2 Análise dos dados .....	52
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>64</b>
5.1 Análise dos conceitos de genótipo e fenótipo presentes nos livros didáticos...64	
5.2 Análise da transposição didática do “saber sábio” ao “saber a ensinar” .....	74
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>108</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>112</b>

## **APRESENTAÇÃO**

Quando iniciei o curso de Ciências Biológicas em 2010, não sabia qual era a diferença entre licenciatura e bacharelado. Escolhi fazer este curso por ser disponibilizado no período noturno, mas minha primeira opção era história, entretanto, este curso de história não era oferecido no campus de Cascavel, então optei pelo curso de biologia que também me atraía bastante devido à parte que estuda genética.

No início do terceiro ano de curso foram ofertadas vagas para entrar no Projeto PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência), eu sabia que o projeto era para apresentar o acadêmico ao trabalho em sala de aula, então fiz a inscrição e consegui entrar no Projeto, porém não sabia se iria me adaptar à docência. Ao entrar no PIBID, com o passar do tempo, percebi que eu gostava muito de trabalhar com os alunos e desenvolver as atividades na escola.

Ainda no contexto do PIBID, desenvolvi pesquisas na área de Educação para Ciências e isso me fez perceber que desenvolver essas atividades era o que eu gostava. No final do quarto ano em uma conversa com a minha orientadora no PIBID e também de TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Lourdes Aparecida Della Justinha - ela me apresentou a um campo de pesquisa dentro da Educação para Ciências que possibilitava trabalhar com a história e a filosofia da ciência e me disse que eu poderia trabalhar com a história da genética voltada para a educação.

Desta forma, desenvolvi meu TCC com o tema História do Conceito de DNA utilizando as relações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) voltados para o ensino de genética em sala de aula. Então, no final de 2014, fui aprovada no Mestrado em Educação, me senti muito feliz e realizada.

O projeto original do mestrado tinha como proposta fazer análises de livros didáticos referentes aos conceitos de DNA, porém ao percebermos que existiam vários trabalhos relacionados ao conceito de DNA, minha orientadora sugeriu que eu trabalhasse com outro conceito. Neste momento, pensamos em analisar os conceitos de genótipo e fenótipo, visto que há poucas pesquisas sobre o assunto e uma destas pesquisas foi desenvolvida pela minha Orientadora, professora Lourdes Aparecida Della Justina.

Primeiramente pensamos em analisar somente como os conceitos eram apresentados nos livros didáticos, depois de amadurecer a ideia, minha orientadora propôs que eu analisasse como foi realizada a transposição didática desses conceitos. Desta forma, é que chegamos a desenvolver a análise dos conceitos e da transposição didática dos termos genótipo e fenótipo.

Atualmente, me sinto realizada com as pesquisas e trabalhos que desenvolvo, pois acredito estar contribuindo para a área de Educação para Ciências. Isso me deixa muito satisfeita, visto que objetivava, de alguma forma contribuir para melhorar a forma como os conhecimentos científicos são apresentados aos alunos.

## 1.INTRODUÇÃO

Muitos autores como Martins (2006 - B), Matthews (1995), Martins (2006 - A), Silva (2006) e Bizzo (1992) defendem a inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino de Biologia, Química e Física. Segundo esses autores, trabalhar a história e filosofia da ciência é fundamental para que os alunos compreendam que a ciência não é uma grande descoberta realizada em momentos de genialidade por uma única pessoa.

Deste modo, é importante que a História e Filosofia das Ciências esteja presente nos livros didáticos para dar subsídios aos professores e alunos que irão trabalhar em sala de aula com esses materiais. Conforme relatado por Vidal e Porto (2012), a História e Filosofia da Ciência pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, no entanto, existem argumentos que relatam que os alunos podem aprender os conteúdos perfeitamente sem a História e Filosofia da Ciência, e, dependendo do modo como são abordadas, podem até gerar visões distorcidas dos conceitos científicos.

Entretanto, a memorização dos conceitos não deve ser a única preocupação dos professores, pois, é preciso, que além de compreender os processos de construção desses conhecimentos também entendam o contexto desta produção.

Localizar o momento histórico em que um determinado conhecimento científico foi produzido é de especial importância no meio escolar, especialmente na sala de aula, pois, o professor pode inovar suas aulas, contribuir para o desenvolvimento do pensamento crítico em seus alunos e discutir com os mesmos que as teorias científicas não são definitivas e incontestáveis, e sim, que o mundo está sendo interpretado diferentemente a cada dia e que cabe a nós perceber essas interpretações, registrá-las e contestá-las (BATISTA; MOHR; FERRARI, 2008, p.2).

Na presente pesquisa, entendemos que é relevante analisar os livros didáticos de Ciências e Biologia, com relação aos conceitos de genótipo e fenótipo e sua transposição didática. Destacamos também a relevância da presença da História da Ciência nesses livros, visto que se consideramos importante trabalhar os conteúdos levando em conta seu contexto de produção.

Assim, este trabalho tem como objetivo geral, compreender como os conceitos de genótipo e fenótipo são apresentados, e como eles são transpostos

para livros didáticos destinados à educação básica, de forma contextualizada e histórica. Para cumprir com o objetivo proposto, levantamos os seguintes questionamentos: Os conceitos de genótipo e fenótipo são apresentados e transpostos para os livros didáticos respeitando os conhecimentos científicos de cada época? Apresenta-se nesses materiais como se chegou a conclusão para a definição desses conceitos?

Para responder a esses questionamentos, este trabalho foi dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo é referente a um estudo bibliográfico realizado sobre a história e a filosofia da ciência no ensino de Biologia. Esse estudo teve o objetivo de apresentar quais os trabalhos, e como os autores desenvolveram as investigações e proposições a que se comprometiam, a fim de perceber como a História e a Filosofia da Ciência para o ensino de Biologia estava sendo trabalhada e como esse estudo era feito com relação aos livros didáticos.

O segundo capítulo apresenta uma retrospectiva histórica de como os conceitos de genótipo e fenótipo foram construídos e modificados com o desenvolvimento da ciência. O enfoque principal é na genética molecular, cujo desenvolvimento acarretou em várias construções e desconstruções, demonstrando-se como esses conceitos eram e são atualmente entendidos, tanto no meio científico quanto no meio social.

O terceiro capítulo refere-se à metodologia da pesquisa e o contexto em que a pesquisa foi realizada, neste estão presentes os elementos que justificaram a relevância em se estudar os livros didáticos e os processos de transposição didática do “saber sábio” ao “saber a ensinar” presentes nestes materiais. Foram analisados inicialmente, 74 livros didáticos, datados de 1950 a 2013. Após este estudo, voltou-se aos conteúdos dos livros didáticos, limitando o corpus de pesquisa em dois exemplares para cada década, com exceção da década de 1950, uma vez que nos materiais selecionados só havia um livro datado neste período. Quanto à metodologia, pautou-se no método qualitativo de análise de conteúdo e também dos elementos de transposição didática elaborados por Chevallard (1991), utilizados após a releitura do trabalho de Neves (2009) e adaptados para a análise de livros didáticos por meio de questionamentos propostos por Melzer (2012) na análise de livros de Química.

O quarto capítulo se baseia nas análises, primeiramente, realizadas sobre os conceitos e como esses são apresentados em 74 livros didáticos de 1950 até 2013. Após, analisamos como os conteúdos foram transpostos para esses materiais, para isso reduzimos a amostra para 19 exemplares, sendo um de cada década, presente em cada categoria da análise inicial.

Desta forma, na análise dos resultados, buscamos responder ao questionamento de como os conceitos são apresentados e transpostos para o livro didático, com o intuito de perceber se esses materiais podem colaborar com a alfabetização científica dos estudantes. Com a análise dos conceitos, averiguamos como eles são apresentados nos livros, se estão de acordo com o conhecimento científico da época da publicação. Já com relação à transposição didática, investigamos se os materiais atendia os elementos de transposição e de que forma isso acontecia.

## **2. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE BIOLOGIA**

O presente capítulo consiste em um estudo do desenvolvimento das pesquisas sobre a utilização da História da Ciência no ensino de Biologia com a atenção, em especial, voltada para aquelas que analisam como esta abordagem é tratada nos livros didáticos. Este levantamento se faz necessário para evitar possíveis duplicações e também apurar, o que produções da área evidenciam e apontam sobre os desafios da utilização da História da Ciência para a compreensão dos conteúdos trabalhados em aulas de Biologia da educação básica.

### **2.1 Aproximações entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Biologia**

Krasilchik (2000) fez um balanço de como se desenvolveu o ensino de ciências ao longo da história no que diz respeito ao currículo a ser seguido pelas escolas e a realidade do trabalho em sala de aula. O autor relata o papel das diferentes épocas na configuração das escolas existentes em cada contexto, que influenciam diretamente na formação “do que se quer formar” e “para que”. Ressalta ainda, que o planejamento presente nos currículos raramente é o que se apresenta de fato em sala de aula e também o papel que a pesquisa tem na constatação dessa dicotomia. Aponta que a formação de professores não desenvolve as competências necessárias à adoção de novas metodologias de ensino que ultrapassem a mera transmissão de conteúdos. Portanto, não basta apresentar nesses documentos propostas inovadoras para o ensino, se os professores não são formados para exercer e desenvolver as aulas nessas abordagens.

Dentre as formas metodológicas para trabalhar ciências uma que se destaca é a inserção da história da ciência no ensino (PRESTES; CALDEIRA, 2009). Nessa direção, George Sarton (1884-1956), um dos precursores da história da ciência no ensino, empregou muito esforço incentivando o desenvolvimento de trabalhos na área, embora esses apresentassem um caráter ainda bastante positivista. Sarton foi quem instaurou a história da ciência em Harvard, fundou o periódico *Isis* (um dos

mais importantes da área até os dias atuais) e também é responsável pela organização da Sociedade da História da Ciência Internacional (DEBUS, 2004).

Ainda hoje, após muitos anos com as pesquisas apontando a importância em se trabalhar a história e a filosofia da ciência, muitas pessoas ainda percebem a ciência, conforme destacado por Chalmers (1993), como produtora de verdades baseadas em um método seguro que consiste na rigurosidade da observação e experimentos. Porém, o mesmo autor destaca que muitos filósofos da ciência têm apontado que com tais procedimentos não há como extrair verdades infalíveis, por meio de observações e experimentos.

Nesse contexto, muitos autores, como Martins (2006 - A), Matthews (1995), Gil-Perez et al (2001), Justina (2011), discorrem sobre a importância de trabalhar os conhecimentos científicos abordando os aspectos históricos e filosóficos de sua construção. Matthews (1995) ressalta que os defensores da inserção da história e filosofia da ciência no ensino de ciências e na formação inicial de professores prezam pelo ensino de forma contextualizada, por meio da qual, os alunos estudariam os conhecimentos em sua totalidade, ou seja, abordando todos os aspectos de sua construção.

Entretanto como destaca El-Hani (2006, p. 04):

É preciso enfatizar, ainda, que não se trata somente de incluir uma abordagem dos processos de construção do conhecimento científico no ensino de ciências, mas de considera-los no contexto histórico, filosófico e cultural em que a prática científica tem lugar. Ou seja, não é o caso de focar-se somente a participação de alunos e professores em atividades simuladas de investigação científica, sem tratamento explícito e crítico das dimensões históricas e filosóficas envolvidas em tal investigação.

Para se trabalhar os conteúdos científicos de modo contextualizado é necessário superar, conforme relatam Gil-Perez et al (2001), algumas possíveis deformações<sup>1</sup> existentes nas visões dos professores de ciências, são elas: (i) concepção empírico-indutivista e atórica, ou seja, a crença de neutralidade na ciência, para a qual os fatores externos não influenciam os cientistas que estão

---

<sup>1</sup> Alguns autores, como Osvaldo Frota Pessoa Junior, consideram o termo deformações demasiadamente “forte” para descrever as simplificações da visão de ciência dos professores, como afirma Lisboa (2015) em sua dissertação de mestrado sob a orientação de Osvaldo Frota Pessoa Junior – LISBOA, R. A. M. Concepções sobre ciência e natureza: uma investigação das visões filosóficas de professores de física do ensino superior. 2015. 129 f. Dissertação (mestrado em ensino de física). Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

envolvidos na produção de determinado conhecimento, (ii) a visão de que a ciência é rígida, ou seja, acredita que a ciência é infalível e produz verdades inquestionáveis mediante um método científico pré-determinado, (iii) visão aproblemática e ahistórica, isto é, visualizam apenas o que deu certo e isso é “transmitido” em sala de aula, o como determinado conhecimento foi construído, suas dificuldades, o envolvimento de vários cientistas dentre outras, não é apresentado aos alunos, (iv) uma visão exclusivamente analítica, ou seja, a fragmentação dos conteúdos esquecendo-se que muitas vezes os conhecimentos são construídos por uma unidade e não divididos, (v) a visão acumulativa de crescimento linear, que passa a impressão de que os conhecimentos vão se acumulando gradualmente, sem mostrar que em determinados momentos existem reformulações e até mesmo rupturas, (vi) uma visão individualista e elitista da ciência, é como se a ciência fosse instituída por descobertas realizadas por gênios solitários em laboratórios, (vii) a visão socialmente neutra da ciência, tem a visão de que os cientistas não possuem contato com uma sociedade, sem a influência, portanto, desse contexto cultural, social, econômico, dentre outros.

Assim, garantir a necessidade de trabalhar com a perspectiva histórica e filosófica não é o suficiente para que essa ferramenta passe a ser utilizada no contexto de sala de aula pelos professores. Se o objetivo dessa proposta consiste em utilizar a história e filosofia da ciência de maneira distinta das que são indicadas em parte dos livros didáticos, ou seja, descrevendo a ciência de maneira acumulativa, linear, sem contextualização, dentre outras, é preciso fazer mais do que apontar esses problemas. Para que isso venha a ser modificado é necessário que ocorram mudanças significativas na formação de professores a fim de capacitá-los a perceber a importância em se apresentar aos seus alunos como determinado conhecimento foi construído. Também é preciso a produção de materiais curriculares que possam fornecer subsídios aos professores para que a utilização dessa ferramenta seja possível nos diversos contextos de ensino e aprendizagem (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

Saito (2010) afirma que mesmo que a história e a filosofia da ciência atuem como mediadoras no processo de ensino e aprendizagem, essa não pode ser considerada uma metodologia de ensino, mas sim uma ferramenta a ser utilizada para conduzir às reflexões condizentes com a elucidação da construção do

conhecimento científico. A utilização dessa ferramenta pode contribuir para a superação do enfoque preferencial dos resultados decorrentes do processo de construção do conhecimento e abordagens que se preocupam em discutir como se deu tal construção. No entanto, em sua maioria essas histórias contadas em sala de aula priorizam biografias e se limitam em dispor os conteúdos de maneira linear, enfatizando o caráter heurístico<sup>2</sup> da ciência.

Martins (2008 - B) afirma que muitos cursos de formação de professores já possuem certo esforço em inserir a história e filosofia da ciência. Entretanto, mesmo que muito bem trabalhada a inserção dos conteúdos em um contexto histórico e filosófico nos cursos de ciências, não garante que esses futuros profissionais venham a utilizar essa ferramenta em sala de aula do ensino fundamental e médio, pois ainda há muitos obstáculos a serem superados para que essa inserção seja possível. Dentre esses obstáculos, citamos como exemplos a falta de materiais didáticos e as dificuldades encontradas pelos alunos para ler e interpretar os textos apresentados nos livros, quando presente, dentre outros.

Matthews (1995) destaca os problemas que podem ser encontrados em utilizar a história e filosofia da ciência como mediadora do processo de ensino e aprendizagem sem tomar as devidas precauções. A respeito disso o autor advoga o seguinte:

A quasi-história é um assunto complexo. Sabe-se que objetividade em história é, num certo nível, impossível: a história não se apresenta simplesmente aos olhos do espectador; ela tem que ser fabricada. Fontes e materiais têm que ser selecionados; perguntas devem ser construídas; decisões sobre a relevância das contribuições de fatores internos e externos para a mudança científica devem ser tomadas. Todas essas questões, por sua vez, sofrem influência das visões sociais, nacionais, psicológicas e religiosas do historiador. Num grau ainda maior, sofrem influência da teoria da ciência, ou da filosofia da ciência, em que o historiador acredita. Do mesmo modo como a teoria abraçada pelo cientista determina seu modo de ver, selecionar e trabalhar o objeto de estudo, também a teoria abraçada pelo historiador afetará seu modo de ver, selecionar e trabalhar o material de que dispõe (MATTHEWS, 1995, p. 174).

---

<sup>2</sup> Para resolver eficientemente muitos problemas difíceis, geralmente é necessário comprometer as exigências de mobilidade e sistematicidade e construir uma estrutura de controle que não garanta encontrar a melhor resposta, mas que quase sempre encontre uma resposta muito boa. [...] a heurística é uma técnica que melhora a eficiência de um processo de busca, possivelmente sacrificando pretensões de completeza, em Rich e Knight (1993) citado por Cordenonsi (2008) Disponível em: CORDENONSI, A.Z. Ambientes, Objetos e Dialogicidade: Uma Estratégia de Ensino Superior em Heurísticas e Metaheurísticas. Tese de Doutorado: Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação – UFRGS, 2008.

A respeito, Martins (2006 - C) salienta que existem muitas armadilhas em se trabalhar com a história e a filosofia da ciência no ensino e que, por isso, alguns cuidados devem ser tomados, como por exemplo, análise crítica sobre as lendas que persistem nos materiais didáticos. No entanto, a autora argumenta que é impossível para uma única pessoa conhecer as histórias e filosofias das ciências ou mesmo a história e filosofia de uma única ciência. Sendo assim, para que seja possível a abordagem histórica dos conteúdos científicos em sala de aula é necessário um esforço mútuo, ou seja, muitas pesquisas e produção de materiais que possibilitem trabalhá-los com essa perspectiva. Porém, isso requer tempo e bastante comprometimento dos pesquisadores, visto que a história da ciência precisa ser apresentada com seus aspectos favoráveis e contrários para não cair em na mesmice de transformar alguns cientistas em heróis.

Martins (2007 - D) descreve na conclusão de seu artigo intitulado “História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho” alguns pontos que devem ser considerados a fim de efetivar a inserção da história e filosofia da ciência no contexto de sala de aula, não como uma matéria a parte, mas sim como uma mediadora na aprendizagem dos conteúdos científicos.

Dentre esses pontos se destacam: considerando que a importância de se trabalhar com a história e a filosofia da ciência em sala é quase um consenso da área, por que não é trabalhado isso nas aulas e não há materiais disponíveis com essa abordagem? Por que trabalhar com esse contexto é difícil e exige um trabalho árduo? Outro problema é o fato de exames vestibulares e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) não levarem em conta essa abordagem. Existe também pouca reflexão sobre como fazer, e muitas vezes enfatiza-se a importância de se fazer e esquece-se como fazê-lo, ou seja, o pedagógico muitas vezes é deixado de lado (MARTINS, 2007 - D).

Outro problema apontado por Martins (2007 - D), é que a história e filosofia da ciência ainda é vista como algo a ser acrescentado e não como mediadora dos processos de ensino e aprendizagem. Mais um empecilho pode ser remetido ao fato de os professores colocarem a responsabilidade sempre no “outro” e nunca se responsabilizar pelas falhas nesse processo. O autor ainda faz a seguinte reflexão “Seria oportuno lembrar que o referendo final deve ser – sempre – a sala de aula:

esse ambiente altamente complexo no qual as teorias se concretizam” (MARTINS, 2007 - D, p. 128).

Refletindo sobre as questões levantadas por Martins (2007 - D), citadas anteriormente, um dos pontos que mais chama a atenção é o da responsabilidade do professor, pois mesmo o professor tendo esta responsabilidade cabe aqui ressaltar que parte do processo de ensino e aprendizagem também deve advir do interesse do aluno. Também merece ser dedicada a devida atenção à última parte do parágrafo em que é mencionada a necessidade evidente das pesquisas acadêmicas chegarem e até mesmo modificarem a prática docente em sala de aula, pois, é lá que essas teorias se concretizam ou deveriam se concretizar. Conforme relatado por Gil-Perez e Carvalho (2009), o que se apresenta na realidade de sala de aula continua, em sua maioria, a persistir o método tradicional de educação, no qual, o professor é o detentor do conhecimento e o aluno não passa de mero receptor.

Dentre todas as ciências, o enfoque desta pesquisa recai sobre a utilização da história e filosofia da ciência no ensino de biologia, ou seja, o objetivo aqui é a discussão de como ocorre a utilização dessa ferramenta na mediação dessa ciência no contexto de sala de aula do ensino médio, quais as propostas existentes para desenvolvimento e se existe algum exemplo dessa utilização nos artigos analisados.

Assim, se torna necessário fazer um levantamento das produções sobre a inserção da história e filosofia da ciência no ensino de biologia, o qual foi realizado nesta pesquisa conforme descrevemos ao longo do trabalho.

## **2.2 Alguns apontamentos da pesquisa em história e filosofia da ciência e o ensino de biologia**

Com as buscas iniciais por artigos relacionados à utilização da história e filosofia da ciência no ensino de biologia, ponderamos que os temas tratados nestas revistas que fazem menção à história e filosofia da ciência para o ensino de biologia tratam dos seguintes temas: (i) a história e a filosofia da ciência como proposta didático-pedagógica; (ii) concepções de ciências de acadêmicos e professores universitários; (iii) análise da história e filosofia da ciência em material didático de

biologia; (iv) utilização de um episódio histórico detalhado como forma de evidenciar a importância de se trabalhar a história e a filosofia da ciência em sala de aula; (v) análise dos conceitos de natureza da ciência dos conhecimentos biológicos em documentos norteadores do sistema educacional; e a (vi) compreensão dos conceitos por professores de biologia e alunos.

Os artigos que trabalham a história e a filosofia da ciência como proposta didático-pedagógica têm como perfil utilizar conjuntos de atividades/materiais a serem desenvolvidas/utilizadas em sala de aula, tomando como base a história e filosofia da ciência com o objetivo de desenvolver/auxiliar no processo de ensino aprendizagem. Nestes artigos o objetivo dos autores consiste em apresentar uma proposta de trabalho e algumas destas foram desenvolvidas em sala de aula.

Um exemplo foi encontrado no artigo de El-Hani, Tavares e Rocha (2004), publicado na Revista *Investigação em Ensino de Ciências* com a titulação “Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de história e filosofia da ciência”. Nesta pesquisa, os autores analisaram previamente os conhecimentos dos alunos a respeito dos conhecimentos epistemológicos, esses eram integrantes de uma disciplina de história e filosofia da ciência. Após descrevem a proposta de ensino utilizada durante a disciplina, sendo que ao final da disciplina propõem novamente um questionário avaliativo, com o intuito de perceber as mudanças ocorridas na forma de pensar a ciência pelos alunos.

Algumas pesquisas tiveram como foco analisar como professores e acadêmicos das universidades entendiam os conceitos referentes às ciências. Essas, analisavam qual a compreensão que os sujeitos da pesquisa possuem e se entendem a ciência de forma estereotipada ou de forma ampla e contextualizada sem transformar cientistas em gênios, ou seja, se eles percebiam a ciência como um processo que envolve vários fatores como economia, cultura e a sociedade em geral.

Um exemplo pode ser evidenciado por Tobaldini et al (2011) que teve como objetivo discutir o conceito de ciência pela percepção de professores formadores e alunos de um curso de Ciências Biológicas, e também perceber o processo de construção do conceito de natureza científica de um grupo de pesquisa. Esse trabalho consistiu em aplicações de questionários, observação das discussões em

um grupo de pesquisa e entrevistas. Com essa pesquisa, os autores chegaram à conclusão de que o processo de discussão e reflexão dos docentes com os alunos nesse grupo possibilitou o desenvolvimento dos conhecimentos, de modo que os alunos passaram de uma visão simplista para uma visão mais contextualizada do conhecimento científico.

Alguns trabalhos tinham como foco analisar como a história e filosofia da ciência se apresenta nos materiais didáticos, esses trabalhos colaboram com as ideias explicitadas por Carneiro e Gastal (2005, p.34):

Há uma preocupação em apresentar aspectos históricos na introdução de conceitos científicos. Entretanto, ainda falta uma análise crítica do tipo de história veiculada nesses livros e de como a concepção de História e Filosofia das Ciências deve ser trabalhada nos diferentes níveis de escolaridade. Assim, o que se deveria questionar é a concepção de história veiculada nesses materiais e não a sua ausência.

Assim, como exemplo dessa categoria, citamos a pesquisa de Silva, Passos e Vilas Boas (2013) que analisa como se apresenta o episódio da construção do modelo de DNA, vigente nos dias atuais nos nove títulos dos livros didáticos indicados no Programa do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) do ano de 2009. Segundo os autores elementos históricos já se encontram presentes nestes livros de uma forma relacional, ou seja, interligando um conteúdo ao outro, mas que é necessário um diálogo entre os autores dos livros didáticos, mediante ao que compete a eles o trabalho de elaborar sequências didáticas, e os pesquisadores em sua função teórica interpretativa com o intuito de melhorar como esses conteúdos vêm sendo apresentados nos materiais didáticos.

Portanto, ao analisar o ponto apresentado por Carneiro e Gastal (2005) e os autores Silva, Passos e Vilas Boas (2013) em sua análise dos títulos de livros sugeridos para trabalhar a biologia, observamos certo avanço nos últimos anos no sentido de melhorar como a ciência é apresentada nas escolas, no entanto, ainda há muito que aprofundar neste sentido, pois não basta estarem presentes de forma contextualizada nos livros, os professores também precisam estar cientes desta importância. Neste sentido, Carneiro e Gastal (2005, p. 38) já salientavam:

Não basta afirmar a necessidade de adotar uma perspectiva histórica no ensino de Biologia sem que os instrumentos para que esta

proposta seja levada a cabo de maneira satisfatória sejam desenvolvidos. Se pretendemos que a História da Biologia seja apresentada numa perspectiva distinta daquela que vem prevalecendo nos livros didáticos, é necessário repensar os cursos de formação inicial e continuada de professores. Tal necessidade também implica um esforço concentrado na produção de materiais curriculares que possam fornecer aos professores indicadores a respeito de como trabalhar esta abordagem em suas aulas.

Como foi relatado anteriormente, houve avanços no sentido de melhorar como a história e filosofia da ciência é apresentada nos livros didáticos, porém ainda há um longo caminho a seguir no sentido de como ela é trabalhada no contexto de sala de aula. Como esse tópico faz parte do tema desta pesquisa, seguido a essa discussão será disposto uma subseção dirigida somente a discussão dos apontamentos das pesquisas para esse tema.

Os artigos que trabalhavam com a utilização de um episódio histórico detalhado, como forma de evidenciar a importância de se trabalhar a história e filosofia da ciência em sala de aula, objetivavam auxiliar na compreensão que os alunos têm de ciências. Procuram ainda colaborar com matérias que trazem estas informações de forma clara e objetiva, analisando o contexto da produção de determinado conhecimento com todas as influências econômicas, históricas, sociais e culturais.

Portanto, essas pesquisas objetivam auxiliar na compreensão desses conhecimentos por meio de discussões e, assim, melhorar o ensino de ciências, para que esse não se torne anedótico, linear, dotado de ideologias, como a crença de que a atividade científica é realizada exclusivamente por gênios, dentre outras. Ainda, nestes trabalhos os autores usam a história da ciência para romper com visões estereotipadas de concepções do que é a ciência.

Neste sentido, Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005), discorrem em um de seus trabalhos, a importância de se trabalhar a história da ciência com professores em formação inicial com o objetivo de desmistificar a visão positivista de ciência, muito presente ainda hoje nas academias. Para isso propõem fazer um levantamento histórico com as contradições e avanços desta construção, e chegam à conclusão de que:

A inclusão da História da Ciência, entendida de forma mais ampla, como a história da construção do conhecimento, pode ser uma facilitadora da educação científica, quando o pressuposto é o

aspecto dinâmico do saber científico (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005, p. 231).

Com isso, fica claro que o objetivo dos artigos presentes nesta categoria consiste em verificar a importância da aplicabilidade da história e filosofia da ciência no ensino, seja ele superior ou médio, com o intuito de enfatizar tal necessidade.

Um grupo de autores trabalharam com o objetivo principal de analisar os documentos norteadores da educação com o intuito de observar como é proposto o trabalho com a história e filosofia da ciência nestes documentos. O artigo de Nascimento Junior, Souza e Carneiro, denominado “O conhecimento biológico nos documentos curriculares nacionais do ensino médio: uma análise histórico-filosófica a partir dos estatutos da biologia” (2011), foi o único artigo encontrado que se encaixa na categoria citada. Ao analisar a história e filosofia da ciência nos documentos que norteiam o ensino de biologia no país, os autores concluíram que:

A abordagem histórica e social da atividade científica e do conhecimento científico é reconhecida necessária pelos documentos, porém a que se realiza diz respeito ao momento de aplicação do conhecimento biológico no contexto contemporâneo. Além disso, os aspectos ideológicos na construção do conhecimento não são indicados. O que se constatou foi uma posição ideológica predominante no documento da qual se infere a compreensão instrumental do conhecimento científico para permitir a adaptação dos cidadãos à estrutura social vigente, se distanciando de possibilidades de uma formação crítica voltada para a transformação da realidade (NASCIMENTO JUNIOR; SOUZA; CARNEIRO, 2011, p. 240).

Assim, pode-se perceber que ainda há muito a pesquisar e percorrer para que os documentos norteadores da educação no país possuam elementos para que o ensino de ciências auxilie na formação crítica do aluno. A história e filosofia da ciência, quando bem trabalhada em sala, pode ser uma ferramenta para auxiliar na formação. O intuito é de levar os indivíduos a refletir sobre a sociedade a que pertencem, com fundamentação e não com um discurso vazio e cheio de preconceitos e ideologias.

Diversos artigos, como “Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética” (PAIVA; MARTINS, 2005), “Entre receitas, programas e códigos: metáforas e idéias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar” (GOLDBACH; EL-HANI, 2008) “Algumas

concepções de alunos do ensino médio a respeito das proteínas” (CARVALHO; COUTO; BOSSOLAN, 2012), dentre outros, objetivaram levantar as concepções de professores, que atuam no ensino médio, bem como de alunos deste nível de ensino, a respeito de conceitos biológicos. Buscaram entender como esses educadores e alunos percebem esses conceitos, quais as concepções de ciências que são expressas, dentre outros. Com isso, pretenderam entender quais os problemas precisam ser resolvidos na formação inicial desses professores para que esses passem a entender a ciência de uma forma mais complexa e essa complexidade passe a fazer parte de suas aulas auxiliando na compreensão mais ampla do conhecimento científico pelos alunos.

Nessa mesma direção, destaca-se a pesquisa de Silva, Andrade e Caldeira de 2015, que teve como objetivo analisar a concepção de professores de biologia sobre os conceitos históricos mais significativos sobre evolução. Essa análise evidenciou que alguns conceitos atualmente aceitos pela comunidade científica como o transformismo, a seleção natural, o gradualismo e descendência comum, estavam presentes na compreensão que esses docentes têm de ciência. Entretanto, alguns professores apresentaram algumas combinações de conceitos científicos com não científicos, como exemplo citam o finalismo, a verticalidade e a adaptação ao ambiente. Os autores fazem uma reflexão sobre a necessidade de investigar quais as concepções de evolução que estão presente nas percepções de professores de biologia que atuam na escola básica.

Assim, com essa análise, ressaltamos a necessidade de mais pesquisas aplicadas com a utilização de história da ciência com o intuito de discutir até que ponto essa utilização pode acarretar em resultados positivos para a aprendizagem dos alunos. Também existe a necessidade de pesquisas que realizem o resgate histórico de como se deu a construção dos conhecimentos e ainda é necessário investigar como é apontado a utilização da história e a filosofia da ciência nos documentos que norteiam as atividades escolares. Neste sentido, há muito a ser realizado para utilizar a história e a filosofia da ciência como um instrumento de auxílio no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos científicos.

Diante do exposto, essa pesquisa visa contribuir nas discussões de como ocorre a transposição didática dos conhecimentos científicos para os materiais didáticos utilizados em sala de aula. A história da ciência é parte importante que

deveria integrar os conteúdos desses materiais, deste modo a subseção a seguir objetivou discutir o que as pesquisas apontam sobre a importância da história e a filosofia da ciência integrarem esses materiais, e como os conhecimentos científicos precisam ser transpostos para os livros didáticos, com o intuito de auxiliar os professores nos processos de ensino e aprendizagem.

### **2.3 A História e Filosofia da Ciência e os Livros didáticos**

Para discorrer sobre a história e filosofia da ciência nos livros didáticos é necessário entender como ela vem sendo apresentada nesses materiais. Sobre isso Carneiro e Gastal (2005) destacam que a história e filosofia da biologia aparecem nos livros didáticos tanto do ensino médio quanto do ensino superior de forma anedóticas, ou seja, destaca a biografia de um único cientista, o que pode reforçar a ideia de genialidade científica. Apresentam ainda, linearidade científica, onde é descrito uma sucessão de episódios que levariam “obviamente” a uma única forma de conhecimento, levando a concepção de ciência pronta e acabada. Destacam a ideia de consensualidade científica, não são apresentados os conflitos existentes na construção do conhecimento científico, quando esses pontos conflitantes são mostrados geralmente é para mostrar uma dualidade do conhecimento que estava “correto” e o conhecimento que estava “errado”. Por fim, destaca a ausência de um contexto histórico mais amplo, passando a ideia de que a ciência não é influenciada pelos fatores externos como os aspectos socioculturais de cada período.

A pesquisa realizada por Pretto (1985), já evidenciava os problemas de a-historicidade apresentado pelos livros didáticos: “a apresentação da ciência é absolutamente a-histórica. Sem referência ao seu processo de criação e muito menos ao contexto em que foi criada” (p. 77). Como visto, os problemas com a apresentação dos conteúdos nos livros didáticos não são recentes, isso já permeia décadas e mesmo com as pesquisas evidenciando esses problemas, atualmente ainda se tem problemas nas formas como esses conhecimentos são dispostos nesses materiais. Isso evidencia ainda mais a necessidade em realizar pesquisas referentes a qualidade dos livros que são utilizados em sala de aula.

No entanto, Silva, Passos e Vilas Boas (2013) ao analisarem sete dos nove livros propostos pelo Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio de 2009,

chegam a conclusão de que é possível com as informações presentes nesses livros a respeito do tema ácido desoxirribonucleico (DNA), conduzir o aluno a concepção de ciência como uma construção histórica. Sobre isso os autores destacam:

[...] podemos concluir que uma concepção de ciências baseada em uma abordagem relacional, embora possa ser considerada uma demanda filosófico-historiográfica, já possui condições de viabilidade nos livros didáticos, visto que, nestes, já estão presentes os elementos históricos indispensáveis para a apresentação de uma história de problemas (SILVA; PASSOS; VILAS BOAS, 2013, p. 614).

Esta pesquisa se propõe a investigar como os conceitos de genótipo e fenótipo foram transpostos para os livros didáticos da escola básica, toma como base para análise, livros datados desde a década de 1950 até 2013.

A transposição didática é um tema relevante na busca de melhorar a educação, a teoria da transposição didática tem em Yves Chevallard um de seus principais fundadores. Marandino (2004) ao escrever sobre os saberes a serem ensinados destaca:

[...] os conteúdos de saber designados como aqueles a ensinar são verdadeiras criações didáticas, suscitadas pelas necessidades do ensino. Esse trabalho de transformação de um objeto de saber em um objeto de ensino é o que ele chama de transposição didática (MARANDINO, p. 98).

Com todos os elementos apresentados nesta seção, tornam-se relevante as pesquisas a respeito de como os conceitos de genótipo e fenótipo são apresentadas nos livros didáticos. Entretanto, para a concretização deste estudo foi necessário antes realizar uma investigação de como se chegou ao conhecimento que se tem atualmente relacionado aos conceitos biológicos abordados na presente pesquisa. Neste caso, serão analisados no capítulo 2, desde a divulgação inicial por Wilhelm Ludwig Johannsen, em 1911, até os dias atuais, os conceitos de fenótipo e genótipo.

### **3. A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO ACERCA DA RELAÇÃO GENÓTIPO – FENÓTIPO**

Neste capítulo, é apresentado, inicialmente, um apanhado geral do desenvolvimento das pesquisas na área de genética, com aprofundamento nos estudos condizentes ao desenvolvimento do conhecimento dessa área a partir de 1950 até os dias atuais, buscando contextualizar como os conceitos de genótipo e fenótipo eram concebidos durante este período. Para concluir o capítulo, foi elaborada uma reflexão crítica sobre os conceitos de genótipo e fenótipo e as implicações de compreensões distorcidas desses termos.

#### **3.1 Genética: Ciência da Hereditariedade**

A hereditariedade é motivo de especulações, fantasias e pesquisas há vários milênios, sendo que muitos estudiosos propunham teorias para explicar como eram passadas as características dos pais para os seus filhos. Os registros mais consistentes que se tem a esse respeito são decorrentes da Grécia antiga.

Moore (1986) e Johannsen (1911) relatam que Hipócrates, além de ser considerado como um dos precursores da medicina, também pode ser considerado um dos iniciantes da genética, pois foi ele quem propôs uma das primeiras teorias relacionadas à passagem dos caracteres dos pais para seus descendentes, ou seja, uma explicação para a hereditariedade. Ele descreveu as primeiras ideias sobre a pangênese em meados de 410 a.C. No século XIX d.C., essa teoria seria utilizada e aperfeiçoada por Charles Darwin. A pangênese consiste no entendimento que cada parte do corpo produz partículas, essas eram nomeadas de gêmulas, as quais seriam transmitidas para os filhos no momento da concepção.

Hipócrates (460 d.C. – 377 d.C.) propôs essa explicação para a hereditariedade observando um povo ao qual denominou macrocéfalos. Esse povo acreditava que cabeças alongadas eram sinal de nobreza. Assim, moldavam o crânio dos bebês com massagens e faixas. Hipócrates percebeu que ao longo do tempo, as crianças das gerações posteriores já nasciam com a cabeça alongada, essa constatação deu subsídios para a lei da herança dos caracteres adquiridos, proposta publicada por Lamarck (MOORE, 1986; FERRARI; SCHEID, 2008).

Segundo Lewontin (2002), para a concepção de um indivíduo na sua base embriológica existiam duas teorias: a pré-formacionista e a epigênese. A pré-formacionista propunha que o indivíduo já estava formado em miniatura dentro do espermatozoide, e o desenvolvimento consolidava a formação desses indivíduos miniaturizados. A teoria da epigênese propunha que o organismo não estava formado no ovo fertilizado e carecia de transformações proporcionadas durante o desenvolvimento da embriogênese. Entretanto, acredita-se que a epigênese tinha vencido o pré-formacionismo, mas o autor destaca que na verdade quem obteve sucesso foi o pré-formacionismo, pois não há diferença entre dizer que o indivíduo já está formado e dizer que as informações para a formação do indivíduo já se encontram disponíveis no ovo fertilizado.

No século XIX, alguns estudos sobre hereditariedade foram sistematizados por Gregor Mendel, porém a intenção de Mendel era trazer explicações sobre a hibridização e não propor uma teoria para a transmissão dos caracteres hereditários, o que acabou acontecendo.

Mendel (1822-1884) foi um monge que vivia no Monastério Agostiniano de São Tomaz na cidade austríaca de Brünn, onde exercia a profissão de professor, jardineiro e hortelão. Neste contexto, inicia suas pesquisas em hibridização com ervilhas da espécie *Pisum sativum*, sendo que na época vários cientistas pesquisavam sobre a hibridização. Os experimentos de Mendel foram publicados em 1866 com o título de “Versuche über Pflanzen-Hybriden” (Experiências sobre híbridos vegetais), trabalho que forneceria anos mais tarde base para a explicação da teoria sobre hereditariedade (LEITE; FERRARI; DELIZOICOV, 2001).

Em 1900, três autores: Hugo de Vries, Carl Correns e Erich Von Tschermak, chegaram aos mesmos resultados de Mendel independentemente, visto que publicaram no mesmo volume três textos diferentes (KELLER, 2002). Contudo, apesar da hereditariedade ser algo amplamente discutido durante séculos, o termo “genética” - ciência que hoje estuda a hereditariedade, foi apresentado a comunidade científica somente em 1906 por William Bateson no Congresso Internacional de Botânica.

### **3.2 O conceito de Genótipo e Fenótipo: de sua proposição aos dias atuais**

Durante muito tempo e talvez ainda nos dias atuais há cientistas que consideram que os indivíduos são somente a projeção de seus genes, isso fica evidente quando Sydney Brenner, um biólogo molecular do século XX, afirmou a seus colegas que a partir do momento em que tivesse a sequência completa do DNA de um ser vivo, com um bom computador seria capaz de reproduzir um organismo. Essa afirmação foi proferida em um evento que comemorava os 100 anos da morte de Darwin (1982), seguindo essa mesma compreensão Walter Gilbert, neste mesmo evento, afirmou que quando soubermos a sequência completa do genoma humano “saberemos o que é o ser humano” (LEWONTIN, 2002). Justificativa essa que seria usada anos mais tarde para iniciar o Projeto Genoma Humano.

Com o desenvolvimento das pesquisas em genética das últimas décadas, foi demonstrado que os indivíduos não se restringem somente à projeção de seus genes, entretanto, a formação de um ser vivo passa, além de seu material genético, o meio social no qual está inserido, alimentação, fatores climáticos, poluição, seu meio intracelular e extracelular, dentre outros. Portanto, no atual nível de conhecimento nesta área, é um equívoco afirmar que a formação fenotípica dos indivíduos decorre somente da projeção genotípica.

Constata-se, assim, que o entendimento conceitual de genótipo e fenótipo está interligado ao desenvolvimento do conhecimento da genética e a compreensão da hereditariedade. Desse modo, é importante contextualizar historicamente como ocorreu o processo, da elucidação da transmissão das características hereditárias, que influenciou a construção desses conceitos desde a sua composição até os dias atuais.

De acordo com Keller (2002) e Justina (2011), uma das teorias da hereditariedade que iniciou a diferenciação do genótipo e fenótipo foi a teoria genotípica de Johannsen, proposta em 1909. Nela Johannsen propôs a palavra “gene” no meio científico, na tentativa de diferenciar as características herdadas das características aparentes, por ele explicada como:

O “gene” não é senão uma palavra pequena muito aplicável, e facilmente aplicada com outras e pode ser utilizada como expressão para “Fatores unitários”, “Elementos” ou “Alelomorfos” nos gametas, demonstrado pela moderna pesquisa de Mendel. Um “genótipo” é a soma total de todos os “genes”, em um gameta ou em um zigoto [...] Todos os tipos de organismos, distinguíveis pela inspeção direta ou por métodos mais sutis de medição e descrição, pode ser

caracterizada como "fenótipo" (JOHANNSEM, 1911 p. 132-134, nossa tradução).

Em 1911, Wilhelm Ludwig Johannsen publicou na revista *The American Naturalist* o artigo intitulado "*The genotype conception of heredity*"<sup>3</sup> cujo conteúdo consistia em uma teoria genotípica para a hereditariedade. Neste artigo, Johannsen propõe os termos gene, genótipo, fenótipo, entre outros. Ele acreditava que apesar de não conhecer o genótipo, era possível utilizar este termo para distinguir as diferenças ou semelhanças genotípicas.

Justina (2011) destaca que Johannsen não pretendia utilizar o termo "gene" como uma estrutura morfológica, mas sim como uma unidade de cálculo. Também a autora salienta que Johannsen somente pretendia propor a utilização do termo genótipo como a distinção entre semelhanças e diferenças genotípicas entre os sujeitos.

Johannsen (1911) descreve o genótipo como a soma de todos os genes presentes em um óvulo fertilizado ou em um dos gametas, e o fenótipo como as características diretamente diferenciáveis por aparência ou pela descrição das medições. Entretanto, como destacado por Justina, Meglhioratti e Caldeira (2012, p. 58):

No contexto de sua proposição, o conceito de genótipo, para Johannsen, assumiu diferentes significados, passados de um conceito abstrato de natureza instrumental, proposto para expressar a regularidade da transmissão de caracteres fenotípicos em cruzamentos, para possíveis entidades causais, reais, que corresponderiam aos genes e, ao final, como o conjunto de processos físicoquímicos.

Porém, antes da teoria genotípica proposta inicialmente por Johannsen ser aceita pela comunidade científica, muitos conhecimentos precisaram ser postulados. Assim, para possibilitar a compreensão de como foi a construção dessa teoria, neste trabalho destacamos um pouco da história de como se chegou ao conhecimento atual sobre o tema.

Durante um bom tempo houve a discussão de qual parte da célula era responsável por carregar o gene dos organismos vivos, acreditava-se que essa responsabilidade ficava a cargo das proteínas, visto que era a mais complexa das

---

<sup>3</sup> A concepção genotípica da hereditariedade (tradução nossa).

moléculas presentes nos seres vivos até então estudada. Conforme relatado por Mayr (1998), por volta de 1880 já se admitia que a base da hereditariedade estivesse presente no núcleo, e que os cromossomos (Cromatina) constituíam o material genético, a pergunta que predominava então era se a cromatina era uma proteína diferente das proteínas do citoplasma. No entanto Friedrich Miescher (1844-1895) já havia dado uma resposta a essa questão em 1869, e segundo ele a cromatina não era uma proteína.

Miescher, na década de 1860, estava seguindo o conselho de Hoppe-Seyler de estudar as células linfóides. Ele utilizava pus de ferimentos, fez vários procedimentos para separar as células purulentas das outras substâncias presentes neste composto. Pretendia estudar o citoplasma, porém com seus estudos e procedimentos obteve um precipitado que não possuía características de proteínas. Em um novo experimento ele lavou as células com ácido hidrocloreto restando apenas os núcleos. Chegou a conclusão de que a substância anterior era derivada do núcleo, e como esta substância não era parecida com nada conhecido, Miescher deu-lhe o nome de nucleína (MAYR, 1998).

Em 1869, Miescher enviou para publicação um trabalho descrevendo a nucleína<sup>4</sup>, extraída das células purulentas humanas. Entretanto o editor da revista, desconfiado dos resultados da pesquisa, decidiu repetir os experimentos. Como resultado as pesquisas de Miescher foram publicadas somente em 1871 (SNUSTAD; SIMMONS, 2010).

Mayr (1998) e Snustad e Simmons (2010) destacam que, muito tempo se passou até que a nucleína, que no ano de 1970 já havia sofrido mudanças conceituais e passou a ser chamada de ácido nucleico, fosse reconhecida como a responsável pela transmissão das características hereditárias; sendo que por um determinado tempo, o estudo desta molécula ficou a cargo dos químicos. Os experimentos de Oswald Avery (1877 – 1955) e seu grupo forneceram as evidências mais concretas de que o DNA era realmente o material genético, apesar de o grupo ser bastante cauteloso ao fazer tal afirmativa.

---

<sup>4</sup> [...] Cada uma das várias substâncias obtidas de núcleos de células, especialmente a cromatina, por digestão enzimática ou por hidrólise de células ou de nucleoproteínas [...] Mistura de ácido nucleico e proteínas, rica em fósforo. Disponível em: [http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/definicao/nucle%C3%ADna%20\\_1009394.html](http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/definicao/nucle%C3%ADna%20_1009394.html). Acesso em: 05/04/2016.

Como relatado por Batisteti, Araujo e Caluzi (2008), Avery e seu grupo associaram a transformação das bactérias pneumococos, de não virulentas para virulentas, ao DNA. No entanto, não ficou claro, naquele momento, qual seria a possível função do DNA nesse processo.

Como relatado por Mayr (1998), o convencimento de uma parcela da comunidade científica se deu somente com os experimentos com bacteriófagos de Alfred Hershey (1908 – 1997) e Martha Cowles Chase (1927 – 2003), publicados em 1952. Os resultados desses experimentos demonstraram que as informações genéticas do bacteriófago se encontravam no seu DNA. Neste momento, muitas pesquisas surgiram e tinham como material de análise o DNA.

No intermédio das pesquisas que se destacam como precursoras no entendimento de que o DNA é o material genético, encontram-se as que se destinavam a propor um modelo para representar a molécula. Uma delas é a do químico Linus Pauling (1901 – 1994) que consistia em uma tripla hélice. Porém, o modelo que foi aceito pela comunidade científica e que perdura até o momento da publicação deste trabalho é a dupla hélice proposta por James Dewey Watson e Francis Crick (1916 – 2004), descrito em um artigo publicado na revista *Nature* em 1953. Essa proposição foi construída utilizando conhecimentos já existentes na época, como exemplo citamos: as ligações de pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas do bioquímico Erwin Chargaff (1905 – 2002), a tripla hélice de Linus Pauling, as cristalografias de raio-X produzidas por Rosalind Franklin (1920 – 1958), dentre outros.

O modelo apresentado pelos pesquisadores Watson e Crick consistia em uma dupla hélice composta por nucleotídeos. Essas macromoléculas são compostas por um grupo fosfato, um açúcar conhecido como desoxirribose e um composto nitrogenado que recebe o nome de base nitrogenada. Cada fita contém um nucleotídeo e se ligam uma a outra por meio de pontes de hidrogênio, de modo que essas pontes ligam uma base nitrogenada a outra. As bases são complementares sendo que Adenina (A) se liga com a Timina (T) por meio de duas pontes de hidrogênio e Citosina (C) se liga a Guanina (G) por meio de três pontes de hidrogênio (WATSON; CRICK, 1953).

A hipótese de que um gene seria responsável pela produção de uma proteína surgiu inicialmente com George W. Beadle (1903 – 1989) e Edward L. Tatum (1909 –

1975) com seus experimentos com fungos (SNUSTAD; SIMMONS, 2010). Algum tempo depois da publicação do modelo de DNA, os cientistas Watson e Crick realizaram outra publicação denominada “Implicações genéticas da estrutura do ácido desoxirribonucleico”, a qual reforçava a ideia de “um gene-uma enzima”, bastante popular na época. Em 1957, Francis Crick tinha evidências suficientes para afirmar que o que formava uma proteína era uma sequência simples de ácido desoxirribonucleico (KELLER, 2002).

Bresch e Hausmann (1994) relatam que a replicação semiconservativa, de Watson e Crick, foi confirmada pelos experimentos de Matthew Stanley Meselson e Franklin William Stahl. Segundo Snustad e Simons (2010), os resultados dessa pesquisa foram publicados em 1958, e confirmavam que os cromossomos da bactéria *E. coli* replicavam-se semiconservativamente. Entretanto, ainda não se sabia se o material da *E. coli* era uma dupla hélice, o que só foi confirmando em 1962, após John Cairns fornecer evidências de que o cromossomo da *E. coli* continha um único filamento duplo de DNA.

No final dos anos de 1950, as publicações de Arthur Kornberg (1918 – 2007) divulgaram a enzima responsável pela replicação do DNA a “DNA-Polimerase” ou “Enzima de Kornberg” (Bresch e Hausmann, 1994). Atualmente, essa enzima é conhecida como DNA-Polimerase I, com o tempo outras enzimas envolvidas na replicação do DNA, foram sendo descritas, como as DNA-Polimerases II, III, IV, a DNA-ligase (Snustad e Simmons, 2010). Essas descrições foram realizadas tanto para procarionotos quanto para eucariotos, nos eucariotos essas enzimas já passam de vinte.

Com todas as pesquisas realizadas desde os anos 1950, tendo o DNA como material responsável por conter as informações genéticas, houve mudança no entendimento dos conceitos de genótipo e fenótipo. Passa-se a entender que no DNA estão presentes os genes passando de uma forma de diferenciar os genótipos, para se tornar unidades concretas. Assim, o genótipo passa a ser entendido como um conjunto de genes que são expressos em fenótipos distintos. Como ressaltado por Keller (2002, p. 67), recorrendo às palavras de Francis Crick, “DNA faz RNA, RNA faz proteínas e proteínas fazem nós”. Esse processo consiste em:

Para fazer a molécula de proteína, a dupla hélice do DNA separa-se no local de um gene, e enzimas de transcrição copiam a fita inferior de nucleotídeos em uma fita complementar de mRNA. Onde há um G no DNA, aparece um C no mRNA; onde há um C no DNA, aparece um G no mRNA; onde há um T, aparece um A. No entanto um A no DNA aparece um U ao invés de um T no mRNA. Consequentemente, a fita codificadora ou molde do DNA tem a mesma sequência do mRNA exceto pelo T presente no DNA e o U no mRNA. Depois que o mRNA é transportado do núcleo, ele se junta a ribossomos no citoplasma, onde é traduzido. O códon (ou trinca de bases) no mRNA é complementar a um tRNA específico e cada tRNA contém um aminoácido específico para acrescentar a crescente cadeia proteica (KELLER, 2002, p. 65).

Nesse período o genótipo era percebido como determinante do fenótipo, ou seja, o que era proeminente na comunidade científica era o pensamento molecular clássico. Segundo Justina (2011), a compressão molecular clássica ressalta que o genótipo é o conjunto de genes, sequências de DNA, presentes nos cromossomos, que codificam a produção de um polipeptídeo ou RNA, determinando as características fenotípicas.

Em 1961, François Jacob (1920 -2013) e Jacques Monod (1910 – 1976) divulgam o modelo de Operon Lac, o que gera questionamentos para o conceito molecular “um gene-uma enzima”. Esse modelo foi produzido a partir de estudos com a bactéria *E. coli*, ele é constituído de três genes adjacentes e três sequências regulatórias (um promotor, um terminador, um operador). É basicamente regulado pela presença ou ausência de lactose, e envolve uma proteína regulatória “repressor lac”, sendo que na ausência de lactose o repressor se mantém ligado a região promotora inibindo a produção de enzimas que degradam a lactose. Entretanto o que poderia neste caso ser considerado como um gene? O conjunto dos três genes estruturais e o gene produtor da proteína de regulação pode ser visto como um único gene? Cada gene pode ser tratado separadamente como uma unidade? Como vemos a partir dos estudos com o Operon Lac vários questionamentos foram surgindo (JOAQUIM; EL-HANI, 2010; KELLER, 2002).

Com o desenvolvimento do conhecimento sobre gene, também se passou a acreditar que todas as características dos seres vivos são determinadas pelo genótipo dos indivíduos. Entretanto, a transmissão da hereditariedade não se resume exclusivamente aos genes, é necessário considerar a célula por completo, suas organelas, citoplasma e material genético. E ainda é necessário considerar o

organismo por completo, sem se esquecer do ambiente em que se encontra inserido (CONSOLARO, 2009).

Por volta dos anos 1960, com um esforço mútuo no desenvolvimento de pesquisas que tinha o objetivo de entender os códons, os grupos de pesquisa de Marshall Nirenberg (1927–2010) e Heinrich Matthai, com outros colaboradores divulgam o código genético (KELLER, 2002).

Em 1966, o código do DNA ou código genético foi completamente decifrado. Ficou, então claramente demonstrado que: 1. Todos os aminoácidos nas proteínas são codificados por uma combinação de três bases do DNA, formando um triplex chamado códon; 2. Um mesmo aminoácido pode ser definido por mais de um códon e, por isso, o código é dito degenerado; 3. Existem três códons que, em vez de determinar a entrada de um aminoácido específico na cadeia polipeptídica, funcionam como o fim de um programa, determinando a interrupção da cadeia que está sendo sintetizada (FARAH, 2007, p. 25).

Atualmente, sabe-se que além das propriedades vistas em 1966, ainda se tem que não há sobreposição dos códons, a leitura ocorre continuamente “não pula” e por fim que os códons são ordenados.

Com o desenvolvimento da ciência até períodos de 1950 e 1960, e com a definição de como se realizava a síntese de proteínas pelos processos de transcrição e tradução e ainda com o código genético decifrado, o qual se tornou quase universal, reforça-se o dogma central da biologia. Este dogma consiste em que a informação genética é passada a partir do gene para a proteína e não o contrário, assim o fenótipo é inteiramente dependente do genótipo (SARÀ, 2002).

Segundo Lewontin (2002), até a Segunda Guerra Mundial, a biologia era determinista, pois acreditava-se que tudo o que o indivíduo apresentava tanto fisicamente como psicologicamente era determinado pelo seu genótipo. Quando essas determinações genéticas foram apropriadas e utilizadas pela sociedade da época, inclusive a sociedade brasileira, para justificar suas ações em prol de privilegiar uma “raça superior”, neste momento ser a favor desta genética determinista se tornou um problema. Então os biólogos da época passaram a utilizar uma explicação ambientalista que generalizava os fatores sociais como determinação do indivíduo. Essa teoria ambientalista não perdurou por muito tempo, visto que nem sociólogos nem os psicólogos construíram uma teoria consistente.

Em 1968, foi realizada a descrição de uma enzima de restrição, que tem a possibilidade de reconhecer e cortar a molécula de DNA em alguns pontos específicos (KELLER, 2002). A nomenclatura dessa enzima é relativa à sua função de restrição no hospedeiro. O desenvolvimento dessa função foi analisado em determinadas bactérias que dispunham de imunidade à invasão de moléculas virais invasoras. Percebeu-se que essas linhagens de bactérias apresentavam “enzimas de restrição” que deterioravam o DNA viral, distinguindo e cortando sequências específicas do DNA invasor atuando como uma forma de tesoura molecular (WAIZBORT; SOLHA, 2007).

Após essa averiguação da presença de enzimas de restrição e da tecnologia de DNA recombinante se tornou possível a retirada e inserção de fragmentos de DNA de interesse de outras moléculas de DNA. Para isso, utilizam-se vetores que geralmente são plasmídeos, que consistem em DNA circular presentes em bactérias. Após esse processo, os vetores podem ser introduzidos em organismos hospedeiros como bactérias e leveduras, sendo que no hospedeiro um fragmento de DNA pode ser clonado incontáveis vezes. Essa tecnologia tem como objetivo obter várias cópias de um DNA desejado para posterior utilização em estudos moleculares e outros (WAIZBORT; SOLHA, 2007).

Segundo Joaquim e El-Hani (2010), os desafios mais relevantes para o conceito de gene molecular clássico ocorreram devido aos avanços das pesquisas em seres eucariotos. Apesar de todos os conhecimentos sobre regulação celular construídos a partir das pesquisas em procariotos, as pesquisas realizadas na década de 1970 evidenciaram que os mecanismos presentes nestes seres são distintos dos encontrados nas bactérias. Essas diferenças são evidentes, como o fato de o DNA das bactérias estarem espalhados no citoplasma e o dos eucariotos estarem dentro de uma região chamada núcleo. Em um procarioto a transcrição do DNA ocorre no citoplasma, já em um eucarioto esse processo acontece no núcleo. Parecem, a princípio, diferenças básicas, mas essas pequenas distinções ocasionam grandes diferenças nos mecanismos de regulação da expressão gênica.

Atualmente sabe-se que o DNA, além de ser encontrado no núcleo, também está presente nas mitocôndrias e cloroplastos de seres eucariotos. A transcrição geralmente ocorre no núcleo, entretanto, o processo de tradução em sua maioria acontece no citoplasma dos eucariotos assim como nos procariotos.

Em fevereiro de 1977, dois bioquímicos norte-americanos foram os primeiros a relatar que os genes eucarióticos de RNAs ribossômicos são interrompidos. Em seguida, outros vários cientistas divulgaram simultaneamente que o DNA dos organismos eucarióticos não é contínuo como ocorria nas bactérias (WAIZBORT; SOLHA, 2007). Essas sequências foram nomeadas de (éxons) para os segmentos que seriam expressos, intercalados por (íntrons) partes não-expressas. Os íntrons foram chamados de “DNA-Lixo” pela comunidade científica, visto que aparentemente não serviriam para nada. Entretanto, alguns questionamentos surgiram, dentre os quais destacam-se: por que a evolução permitiu que esses fragmentos permanecessem por tanto tempo presente entre as espécies se eles não servem para nada? Qual o sentido de sua existência? (KELLER, 2002).

Vários pesquisadores, como Keller (2002), Waizbort e Solha (2007) e ainda Joaquim e El-Hani (2010), ressaltam que a partir dos conhecimentos de que o DNA eucariótico é interrompido, percebeu-se que não existia a proporção de um para um, ou seja, um gene uma proteína. Isto porque, o DNA é transcrito em um “RNA mensageiro”, que precisa ser processado antes de ser traduzido em proteína. Após a retirada dos íntrons, os éxons podem se reorganizar de diversas maneiras, assim um gene pode codificar mais do que uma proteína. Waizbort e Solha (2007) destacam que apesar dessa evidência ter sido prevista por Walter Gilbert em 1978, somente em 1987 é que foi possível verificar experimentalmente esse processamento alternativo das partes que constituem o RNAm.

Esses rearranjos gênicos ficaram conhecidos como *Splicing* alternativo que são unidades de mensagens construídas anteriormente a construção do produto, deste modo, essas modulações ocorrem anteriormente à sequência de DNA exercer sua função (JOAQUIM; EL-HANI, 2010). Assim, um gene não codifica uma proteína e, portanto, não existe a relação 1:1:1 como destacado na década de 1950 por Francis Crick.

Andrade (2000) destaca que até o momento, sobre o desenvolvimento da genética molecular, as definições de genótipo e fenótipo eram referentes a uma série de características morfológicas, comportamentais e fisiológicas dependentes inteiramente do genótipo. Isso se devia ao fato de que as respostas que se buscavam estavam em estabelecer as relações existentes entre a constituição genética e a aparência externa dos indivíduos. A partir deste momento, o conceito

de organismo, de forma organizada e estruturada e ainda com um importante desempenho com as interações ecológicas, abre espaço para o fenótipo como construção que interage com fatores como o meio interno e externo ao organismo, o desenvolvimento, dentre outros.

O papel evolutivo do conceito de fenótipo na seleção natural deve-se a consideração de que as diferenças fenotípicas seriam consideradas como adaptativas ao ambiente, neste sentido, o fenótipo só teria importância por ser a expressão dos genes. Assim, a inseparabilidade desses conceitos estaria somente na dependência existente entre a aparência do organismo e seu código genético, entre o que pode ser mudado pela ação do meio e o que se passa para as gerações futuras (ANDRADE, 2000).

Desde então, muito se avançou na área correspondente à genética molecular. Em 1990, oficializou-se o Projeto Genoma Humano que tinha, entre outros objetivos, a pretensão de sequenciar as bases existentes no DNA humano, o que ocorreu por volta do ano 2000. Após esse sequenciamento muitos outros DNAs foram sequenciados. Entretanto o “simples” sequenciamento do DNA humano gerou grande decepção, como destaca Consolaro (2009, p.15):

Nesse projeto, detectou-se o sequenciamento do filamento do DNA, mas não onde se iniciam e terminam todos os genes envolvidos na formação e funcionamento do homem. Isso ainda está sendo feito, ou pelo menos tentando-se fazer. Para mostrar a complexidade desse sistema, ainda tem-se os genes saltatórios, que podem mudar de posição no filamento do DNA no contexto dos cromossomos. Esses apresentam maior dificuldade de identificação e isolamento.

Por algum tempo os geneticistas acreditaram que o genótipo dos organismos determinava o fenótipo com pequenas variações provocadas pelo ambiente. Entretanto, como relata Rutherford (2000), os novos caminhos da genética apontam que mesmo as vias altamente importantes e altamente conservadas de processos considerados essenciais podem sofrer mudanças e alterar minimamente ou até mesmo gerar consequências graves para o fenótipo dos organismos.

Considerando todo o desenvolvimento da área da genética molecular, que ocorreu durante os séculos XX e XXI, fica evidente que conceitos como os de genótipo e fenótipo também foram sendo modificados ao longo desse período.

O conceito de genótipo aceito por muitos cientistas e pela sociedade em geral ainda hoje, é que consiste na soma de todos os genes. Entretanto, destaca-se que

muito ainda se questiona sobre o que seria um gene (JUSTINA; MEGLHIORATTI; CALDEIRA, 2012). No momento, o conceito do que seria um gene é bastante confuso, como destacado nas pesquisas de Pitombo, Almeida e El-Hani (2007), as quais relatam que o problema com a definição da palavra gene que sofre variações conceituais é enfrentado há bastante tempo.

Portanto, ainda existem muitas questões a serem investigadas a respeito do que seria o gene e, com isso, também muitas mudanças podem ocorrer em qual seria a definição dos conceitos de genótipo e fenótipo mais adequadas. Entretanto, como afirmam Justina, Meglioratti e Caldeira (2012) os conceitos de genótipo e fenótipo fazem parte dos conhecimentos trabalhados nas escolas em conteúdos de genética. Destacam ainda que esses conceitos fazem parte de representações científicas, e permeiam o universo cultural e social, influenciando na maneira como a humanidade entende a vida. Deste modo, o genótipo não pode ser entendido somente como o conjunto de moléculas químicas que formam o DNA (Ácido Desoxirribonucleico), e nem o fenótipo simplesmente como a manifestação do genótipo com o ambiente, pois quando isso acontece todo o desenvolvimento do organismo é deixado de lado.

Os conceitos de genótipo e fenótipo sofreram muitas modificações com o desenvolvimento da genética molecular, especialmente entre os anos 1980 e 1990 e na virada dos anos 2000. Atualmente, sabe-se que a maneira com que o genoma atua para construção do fenótipo é bastante complexa. Estamos longe da ideia “um gene, uma enzima”, no entanto ainda se tem o dogma central da biologia, presente tanto na comunidade científica quanto na sociedade, no qual, os genes são traduzidos em proteína e não o contrário. Entretanto, com a ampliação do conhecimento da genética molecular e de outras áreas de pesquisa das últimas décadas, evidenciam que a expressão do genoma acontece com a atuação conjunta de proteínas e estímulos ambientais. Deste modo, o fenótipo não se resume apenas ao produto da expressão do genótipo, mas também é um instrumento participante nos complexos processos de transcrição (SARÀ, 2002).

Por algum tempo os geneticistas acreditaram que o genótipo dos organismos determinava o fenótipo com pequenas variações provocadas pelo ambiente. Entretanto como relata Rutherford (2000) os novos caminhos da genética apontam que mesmo as vias altamente importantes e altamente conservadas de processos

considerados essenciais podem sofrer mudanças e alterar minimamente ou até mesmo gerar consequências graves para o fenótipo dos organismos.

Atualmente, várias pesquisas, que objetivam perceber como ocorre a expressão fenotípica dos indivíduos, vem se desenvolvendo formando a síntese estendida da evolução. Dentre essas pesquisas estão: Plasticidade fenotípica, a herança epigenética, o desenvolvimento do organismo e o nicho construído.

Segundo Garland e Kelly (2006), a plasticidade fenotípica pode ser entendida como o processo em que o ser vivo se modifica para adaptar-se as condições de um determinado ambiente, ou seja, o indivíduo tem a capacidade de modificar o fenótipo para melhor sobreviver em diferentes condições ambientais.

A seqüência de eventos envolvidos na plasticidade fenotípica muitas vezes inclui os seguintes componentes: (1) algo no ambiente muda; (2) o organismo sente essa mudança; (3) o organismo altera a expressão do gene; E (4), normalmente, a expressão de gene alterada produz fenótipos observáveis adicionais (GARLAND; KELLY, 2006, p. 2347-2348).

Os estudos de Costa e Pacheco (2013) destacam que a epigenética, a qual corresponde à regulação da expressão gênica, fora por muito tempo esquecida, porém, há alguns anos, as evidências demonstram que a epigenética é de fundamental importância nos mecanismos de ativação e silenciamento da expressão gênica com grande influência nos processos fisiológicos e alterações patológicas dos indivíduos. Dentre uma das principais mudanças realizadas pela epigenética e que possui fundamental importância na regulação gênica está a metilação do DNA.

A metilação incide em um grupo metila ( $\text{CH}_3$ ) fazer ligação com o DNA, sendo que o efeito da metilação é silenciar o gene afetado (BIRD, 2002; FRANCIS, 2015). A metilação do DNA ocorre por meio da ação da enzima DNA-metiltransferase que faz a ligação de um grupo metila na posição 5 do anel pirimídico de uma citosina (NICIURA, 2009). Diferente dos hormônios testosterona e cortisol, a metilação é permanente, ou seja, permanece no DNA mesmo após sua replicação durante os processos de divisão celular (mitose e meiose). O gene metilado tende a persistir durante toda a vida da célula e é transferido a todas as células descendentes (FRANCIS, 2015).

Segundo Araújo e Araújo (2015), o desenvolvimento do organismo foi por muito tempo negligenciado na síntese moderna da evolução quando diz respeito a como as características fenotípicas se desenvolvem nos indivíduos. Desta forma, a

evolução passou a ser entendida somente no nível populacional tratando o desenvolvimento ontogênico do organismo como uma “caixa preta”, entretanto, atualmente se afirma que “A elucidação dos mecanismos causais do desenvolvimento individual poderia desvendar a maneira em que a variação surge a partir da relação entre fatores hereditários e ambientais” (ARAÚJO; ARAÚJO, 2015, p. 263).

Portanto, a forma como o fenótipo se constitui e a evolução se processa, precisa ser revista e isso já vem ocorrendo com as novas pesquisas que tem por objetivo compreender de forma mais completa esses assuntos. Dentro dessas pesquisas, o desenvolvimento do organismo como um todo vem sendo considerado, assim como a herdabilidade genética, pois se desconsiderar um desses temas a síntese estendida da evolução ficará incompleta.

Por fim, tem-se o nicho construído que de acordo com Odling-Smee, Laland e Feldman (2003), nesse os organismos interagem com os ambientes fazendo escolha de seus habitats e consomem energia e recurso desses locais modificando-os, desta forma esses organismos geram pressões seletivas e formam seu próprio nicho. Pinker (2010, p. 11) compreende que:

O comportamento de um organismo altera suas cercanias físicas, que afetam as pressões de seleção, que por sua vez selecionam por adaptações adicionais para explorar o ambiente alterado, e assim por diante. Um exemplo clássico está na forma como os castores produziram um nicho aquático e desenvolveram adaptações adicionais para ali prosperarem.

Portanto, o conhecimento que hoje prevalece na comunidade científica é que existe a interdependência do genótipo em relação ao fenótipo, do fenótipo para expressar o próprio fenótipo e a ação do meio intracelular e extracelular agindo em ambos também de forma regulatória e expressiva. Se não bastasse toda essa complexidade ainda existe a influência e interação de todos esses com o ambiente externo ao organismo. Na sequência, se encontra demonstrado essa inter-relação que ocorre entre as partes para formar o indivíduo.



**Figura 1:** Relação não direcional das diversas partes que se inter-relacionam para formar o organismo.

Como proposto na Figura 1, não existe direção dos fatores que compreendem a formação do organismo, pois todos os elementos interagem, um completando o outro, havendo sobreposição quando conveniente, mas não diminuindo a importância do outro no processo contínuo do complexo desenvolvimento do organismo como um todo.

A seguir é apresentado um quadro das concepções de fenótipo e genótipo que estiveram e estão presentes na comunidade científica ao longo do tempo.

**Quadro 1<sup>5</sup>:** Descrição dos conceitos de genótipo e fenótipo aceitos pela comunidade científica desde a década de 1950 até os dias atuais.

Período	Ideias predominantes sobre os conceitos	Descrição dos conceitos da relação genótipo e fenótipo
A partir dos anos 1950	Transmissão	Os filhos são semelhantes aos pais. Não há uma separação da herança biológica de outros tipos de herança, como: social, econômica, etc. não há uma distinção entre genótipo e fenótipo.
A partir dos anos 1955-1960	Molecular Clássico	O genótipo é o conjunto de genes, sequências de DNA, presentes nos cromossomos, que codificam a produção de um polipeptídeo ou RNA, determinando as características fenotípicas.
A partir dos anos 1960-70	Genótipo + ambiente = fenótipo	O genótipo é o conjunto de unidades de herança que são os genes – fragmentos de DNA. E o fenótipo é a manifestação do genótipo sob a influência ambiental.
A partir de 1980	Perspectiva Evolutiva	O genótipo é o conjunto de unidades de herança (Fragmentos de DNA) que competem pela sobrevivência e pela sua propagação, mediante a expressão fenotípica.
A partir de 1990 em	Epigenética	Envolve todas as mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional que não alteram a sequência de

<sup>5</sup> As datas desse quadro são para fins didáticos voltadas a análise deste trabalho.

<b>diante mais pesquisas foram desenvolvidas tendo essas perspectivas para os conceitos de genótipo e fenótipo</b>		nucleotídeos do DNA. Inclui o estudo de como os padrões de expressão são passados para os descendentes; como ocorre a mudança de expressão espaço temporal de genes durante a diferenciação de um tipo de célula e como fatores ambientais podem mudar a maneira como os genes são expressos. Existem três mecanismos principais de alterações epigenéticas: metilação do DNA, modificações de histonas e ação de RNAs não codificadores.
	Processual	Processo que integra uma ou mais sequências de ácidos nucleicos (DNA ou RNA), correspondendo a um produto (polipeptídeo ou RNA), mas que só é definida num determinado contexto de um sistema.
	Genótipo + ambiente + organismo = fenótipo atual	Em uma visão sistêmica, o genótipo é o conjunto de indicativos físico-químicos do desenvolvimento, internos ao organismo que permitem a construção do mesmo em caminhos que seu fenótipo se assemelhe às gerações anteriores, dependendo das interações ambientais. O fenótipo é a característica aparente de um organismo em um determinado momento do desenvolvimento, fruto das interações entre herança genotípica (indicadores do desenvolvimento), ruídos do desenvolvimento (aspectos aleatórios do desenvolvimento), herança ambiental, aspectos aleatórios do ambiente e ação do organismo sobre seu ambiente.

**Fonte:** Adaptado de Justina (2011, p.91) e de Schneider et al., (2011, p. 212).

Os conceitos de genótipo e fenótipo, quando vistos superficialmente e de forma objetiva podem levar a problemas de ordem ideológica divulgados, com maior ênfase, durante a Segunda Guerra Mundial. O movimento eugênico, segundo Schneider, Justina e Meglhoratti (2012) foi muito influente nos períodos do final do século XIX e até a metade do século XX, difundindo o pensamento de que se poderia melhorar a espécie humana por meio de controle da reprodução. Esse pensamento era baseado na ideologia referente à biologia vigente na época, no qual se acreditava que a melhoria da raça humana acarretaria no progresso das nações.

A eugenia é claramente relacionada à limpeza racial, que foi realizada durante o período em que antecedeu e durante a Segunda Guerra Mundial, porém ainda hoje essa ideologia se encontra presente na sociedade. Com isso, buscava-se obter a raça ariana pura, a qual foi mais evidente na Alemanha, mas que ocorreu no mundo todo. Schneider, Justina e Meglhoratti (2012, p.10) ainda destacam que:

Diante do acelerado avanço da ciência no século atual, é importante questionar o discurso eugênico implícito em ações voltadas a proporcionar melhorias para os seres humanos. A questão da eugenia continua permeando a ciência atual, e implicitamente as novas técnicas genéticas remetem para os ideais eugênicos, sendo

de extrema importância estudar as influências ideológicas e biológicas que permearam as questões eugênicas no início do século XX, contrapondo com a volta desse movimento no século XXI.

Com todo o desenvolvimento da genética molecular alguns conceitos foram se modificando e se complementado com o passar do tempo, dentre esses conceitos pode-se destacar os de genótipo e fenótipo. Considerando todos os avanços da área da genética molecular, que ocorreram durante os séculos XX e XXI, fica evidente que conceitos como os de genótipo e fenótipo também foram se desenvolvendo ao longo desse período.

Entretanto, os resultados mais recentes da pesquisa científica, mostram que podem modificar totalmente as relações que os indivíduos estabelecem com os conhecimentos de genética. Porém, em sua grande maioria, essas atualizações demoram muito tempo para serem divulgadas à sociedade. Deste modo, uma das formas mais relevantes de levar à sociedade os resultados desses estudos e como elas podem interferir nas decisões que essas pessoas possam vir a adotar, é trabalhando com as atualizações decorrentes dessas pesquisas em sala de aula. Contudo, o ensino no Brasil ainda tem muito que melhorar, e para isso os materiais que os professores utilizam em suas aulas também precisam ser de qualidade, apresentando conceitos atualizados. É necessário que este material esteja a todo momento sendo revisado para que os conhecimentos não se tornem ultrapassados, mas ao mesmo tempo precisa de retrospectos históricos para que o estudante não passe a acreditar que a ciência é imutável.

Portanto, é relevante realizar pesquisas que tenham como objetivo a análise dos livros didáticos, que em muitos casos, é o único material que o professor recorre para auxiliá-lo em suas aulas. Por esse motivo, os livros precisam manter um alto padrão de qualidade no que tange aos conteúdos científicos, e assim possibilitar ao professor e aos alunos o acesso ao conhecimento científico, sem distorções históricas e com os respectivos modelos explicativos para esses conceitos condizentes a sua época de publicação.

## **4. CONTEXTO E PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA**

Neste capítulo ressaltamos o processo de escolha do livro didático e apontamos o processo de transposição didática como fator relevante para essa escolha. O trabalho está pautado na abordagem da pesquisa qualitativa por meio da análise de conteúdo baseada nos pressupostos de Bardin (1977) e ainda na análise dos elementos da transposição didática.

### **4.1 Os livros didáticos e a transposição didática**

O livro didático atua como intermediário entre o conhecimento científico e o conhecimento a ser ensinado aos alunos em sala de aula. Lajolo (1996) destaca a relevância da análise da qualidade dos conteúdos presentes nos livros didáticos a serem escolhidos pelos professores. É necessário que esses conhecimentos estejam presentes de forma fundamentada, pois, se for com este material que o aluno vai aprender os significados, é necessário que se adeque à forma de aprendizagem a que a escola está comprometida e também com a sociedade na qual está inserida, visto que, a escola não é desvinculada de seu contexto social.

Os professores são responsáveis pela escolha do livro didático a ser utilizado pela escola. Antes de chegarem para a avaliação do corpo docente das escolas passam por uma seleção realizada pelo Ministério da Educação (MEC). Para efetuar essa escolha, o professor precisa estar capacitado a assumir as responsabilidades de sua seleção. Ele também precisa entender que os livros recomendados pelo MEC podem possuir várias limitações. Deste modo, este material precisa ser uma entre as diferentes ferramentas a serem utilizadas pelo professor, a fim de possibilitar uma educação em ciências que construa significados relevantes para o ensino e aprendizagem dos conteúdos científicos (NÚÑEZ et al. 2003).

Megid Neto e Fracalanza (2003) destacam a influência exercida por diversos setores na construção e escolhas das coleções didáticas utilizadas em sala de aula. Dentre esses setores estão: a) as editoras que são responsáveis pela produção editorial, divulgação e pressão para a definição de normas, políticas e ações públicas; b) as escolas e seu corpo docente, responsáveis pela seleção e avaliação

das coleções, para que além de pautados na sua concepção pedagógica também sejam críticos e criativos na adaptação do material à realidade da comunidade escolar, criando estratégias alternativas para a utilização no processo de ensino e aprendizagem contextualizado; outro setor constitui-se dos c) pesquisadores, que investigam e trabalham na produção de propostas metodológicas e materiais didáticos alternativos, na formação continuada e atualização dos professores das escolas em relação aos conteúdos e metodologias de ensino, na assessoria e elaboração de propostas curriculares e ainda na produção de análise e divulgação de pesquisas relacionadas aos livros didáticos.

Muito ainda precisa ser alterado em todos os aspectos e instâncias que envolvem a produção, análise e utilização do livro didático. Lajolo (1996) destacou a necessidade de se estabelecer relação entre os conhecimentos dos alunos e os conteúdos de sala de aula, uma vez que, os conhecimentos prévios e os conteúdos existentes nos livros didáticos: “é só a partir do conhecimento que já têm do mundo em que vivem, que os alunos poderão construir os conhecimentos nos quais o livro didático e a escola devem iniciá-los” (LAJOLO, 1996, p. 5). Assim, o aluno tem a possibilidade de construir conhecimentos significativos para sua vida, por meio dos conteúdos científicos trabalhados em sala de aula. Núñez et al. (2003) descrevem o papel do professor em utilizar com sabedoria os livros mesmo que esses possuam diversas limitações. Sobre isso os autores destacam:

O professor deve desenvolver saberes e ter competências para superar as limitações próprias dos livros, que por seu caráter genérico, por vezes, não podem contextualizar os saberes como não podem ter exercícios específicos para atender às problemáticas locais. É tarefa dos professores complementar, adaptar, dar maior sentido aos bons livros recomendados pelo MEC (NÚÑES et al., 2003, p. 3).

Contudo, existe a necessidade de que os livros estejam o mais aproximado possível dos conceitos apresentados e aceitos pela comunidade científica. Para tanto, é imprescindível que os autores de livros didáticos se atentem ao desenvolvimento da ciência, e se preocupem em transpor corretamente os conceitos científicos para esses materiais.

Neste sentido, sabe-se que os conceitos de genótipo e fenótipo se desenvolveram desde a sua proposição até o momento atual. Portanto, insistir em firmar esses conceitos de forma determinista, pode acarretar em preconceitos por

parte dos alunos e até mesmo dos professores que muitas vezes utilizam somente o livro como material de apoio e preparação para as aulas.

Uma das vias para evitar problemas de cunho determinista é a utilização da história da ciência como intermediária dos processos de ensino e aprendizagem, além da presença dos conceitos condizentes as pesquisas mais atualizadas nesses materiais.

Pensando nisso, e em problemas ainda a serem resolvidos e apontados acerca dos possíveis ajustes a serem realizados, neste trabalho nos propusemos a efetuar a análise dos livros didáticos em relação aos conceitos de genótipo e fenótipo, com base em como se encontravam situados historicamente esses conceitos e como esses estão postulados nesses materiais.

## **4.2 Análise dos dados**

Esta pesquisa se configura de forma qualitativa, segundo Flick (2009, p. 23):

Os aspectos centrais da pesquisa qualitativa [...] consistem na escolha adequada de métodos e teorias convenientes; no reconhecimento e na análise de diferentes perspectivas; nas reflexões dos pesquisadores a respeito de suas pesquisas como parte do processo de produção do conhecimento; e na variedade de abordagens e métodos.

O autor ainda destaca que não existe uma unidade de conceitos teóricos e metodológicos, visto que diversas teorias e metodologias podem dar subsídios a pesquisa qualitativa. Justifica-se também que a subjetividade de quem efetua a análise é o primeiro ponto de partida para este tipo de pesquisa (FLICK, 2009).

Assim, a pesquisa qualitativa normalmente utiliza-se da fundamentação teórica para verificar as afirmações e observações com relação a sua pesquisa naquele determinado contexto (FLICK, 2009). Deste modo, é pertinente a utilização dessa forma de pesquisa na análise de livros didáticos provenientes das décadas de 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 e a partir dos anos 2000, pois, essas observações precisam levar em consideração os conhecimentos científicos provenientes da época da elaboração desses materiais.

Essa forma de fazer pesquisa a qualitativa pode seguir diferentes percursos como: análise documental; análise do discurso, análise de conteúdo, dentre outras. A pesquisa documental segundo Pimentel (2001, p. 180) pauta-se em “estudos

baseados em documentos como material primordial, sejam revisões bibliográficas, sejam pesquisas historiográficas, extraem deles toda a análise, organizando-os e interpretando-os segundo os objetivos da investigação proposta”. Quanto à análise do discurso, Caregnato e Mutti (2006, p. 180) destacam que “o processo de análise discursiva tem a pretensão de interrogar os sentidos estabelecidos em diversas formas de produção, que podem ser verbais e não verbais, bastando que sua materialidade produza sentidos para interpretação”. Entretanto, para fazer a análise dos dados dessa pesquisa recorreremos a análise de conteúdo, que será descrita mais detalhadamente nos parágrafos que se seguem.

Essa pesquisa baseou-se na análise de conteúdo, conforme proposto por Bardin (1977), seguindo os passos: 1. Pré-análise, 2. A codificação e 3. A categorização. Entretanto, por se tratar de livros didáticos também é importante analisar os elementos da transposição didática (análise de conteúdo), dos saberes escolares elencados por Chevallard (1991), com base na releitura de Neves (2009), conforme está exposto na sequência do presente capítulo.

É importante ressaltar, nesse contexto de escolha do livro didático, o relevante papel que tem a transposição didática que é claramente exposta nesses livros. Essa transposição consiste em um processo percorrido pelo conhecimento até chegar ao aluno em sala de aula. Corresponde ao percurso que Chevallard (1991) chamou de “saber sábio” para o “saber a ser ensinado” e por fim o “saber ensinado”. Neves e Barros (2011, p.103) entendem esse fenômeno como “[...] o caminho realizado pelo saber desde sua elaboração científica até sua chegada em sala de aula como saber ensinado”.

Menezes (2006) destaca que antes de o conhecimento científico chegar no “saber a ser ensinado”, ele passa por uma série de transformações. Aos responsáveis por essa transição, Chevallard (1991) chamou de noosfera, a qual tem o dever de estabelecer o que precisa ser ensinado na escola. São pessoas que irão elaborar e organizar os programas, diretrizes e livros didáticos. Esses normatizam e regulam o que deve ser ensinado na escola, assim é estabelecida a transposição didática externa.

A transposição didática externa conforme Chevallard (1991), releitura de Neves (2009) e ainda adaptação para análise de livros didáticos de Melzer (2012), passa por vários processos até chegar ao saber a ser ensinado, que são:

dessincretização do saber, despersonalização do saber, programabilidade do saber, publicidade do saber, fidelidade na textualização do saber, criações didáticas e por fim, a dialética antigo/novo.

Já a transposição didática interna ocorre em sala de aula, na relação professor-aluno e no processo de ensino-aprendizagem, por meio de situações de ensino organizadas pelo professor. Entretanto, essa transposição sofre várias influências externas, e também passa por todo o processo de transformação do saber realizadas pelo professor, com o intuito de tornar o saber compreensível ao aluno em sua realidade social, econômica, histórica, cultural, dentre outras (MENEZES, 2006).

Portanto, a escolha dos livros didáticos, como material de análise para esta pesquisa ocorreu pelo fato de este material servir, muitas vezes, como o único material de apoio utilizado pelo professor em sala de aula. Deste modo, o livro didático passa a ser um ponto importante da transposição didática interna, pois ele assume o papel de “saber a ser ensinado” para os alunos

A primeira etapa da análise de conteúdo, a pré-análise, consiste em três processos a escolha dos materiais a serem analisados, a formulação de hipóteses e dos objetivos, o que auxilia nas avaliações posteriores e, por fim, a elaboração de indicadores os quais fundamentam a interpretação final (BARDIN, 1977). Nesse processo definimos que os dados a serem analisados seriam decorrentes dos conceitos de genótipo e fenótipo e sua transposição para os livros didáticos de ensino médio.

Após a escolha, buscamos a fundamentação teórica para dar subsídios às análises dos conceitos de genótipo e fenótipo e de como ocorre a transposição desses conhecimentos científicos para os livros didáticos.

A segunda etapa, a codificação, é entendida como a organização dos dados e pode ser realizada primeiramente pelo recorte (escolha das unidades), em seguida a enumeração (escolha das regras de contagem) e por fim a classificação e agregação (escolha das categorias), como propõe Bardin (1977). No segundo processo, realizamos a escolhas dos livros didáticos, sendo que os critérios de inclusão e exclusão dos livros nos materiais a serem analisados foram os seguintes:

1. Possibilidade de encontrá-los nas escolas e bibliotecas da cidade de Cascavel-Paraná.

2. Pertencer a categoria de livros didáticos para a educação básica.
3. Possuir em seu conteúdo os conceitos de genótipo e fenótipo.

Em seguida foi realizada a classificação dos livros conforme seus anos de publicação e isso possibilitou sua classificação por décadas. Nesta fase também foi codificado cada livro. No Quadro 2, encontra-se a relação de livros que foram materiais de análise nessa pesquisa em suas respectivas décadas e com seus códigos de identificação.

**Quadro 2:** Relação dos livros analisados dispostos em suas respectivas épocas e com seu código de identificação

	<b>Título do Livro</b>	<b>Autor (es)</b>	<b>Ano de publicação</b>	<b>Editora</b>	<b>Cidade</b>	<b>Código do livro</b>
<b>Década de 1950</b>	<b>Biologia Educacional : Noções Fundamentais</b>	ALMEIDA JUNIOR, Antônio Ferreira	1955	Nacional	São Paulo	<b>LD1</b>
<b>Década de 1960</b>	<b>Biologia: Das Moléculas ao Homem</b>	KRASILCHIK, Myrian; CLEFFI, Norma Maria	1967	EDART	São Paulo	<b>LD2</b>
	<b>Manual de Biologia</b>	FROTA PESSOA, Oswaldo	1967	Fundo de Cultura	São Paulo	<b>LD3</b>
	<b>Biologia: Botânica, Zoologia e Biologia Geral</b>	ANTUNES JUNIOR, Antônio; ANTUNES, José	1968	Companhia Editora Nacional	São Paulo	<b>LD4</b>
	<b>Biologia Educacional : noções fundamentais</b>	ALMEIDA JUNIOR, Antônio Ferreira	1969	Nacional	São Paulo	<b>LD5</b>
<b>Década de 1970</b>	<b>Biologia: Conteúdo e Programa do Colegial e Vestibulares</b>	FONSECA, Albino	1970	Ática	São Paulo	<b>LD6</b>
	<b>Biologia Geral</b>	KUMPINSKI, Isac; KÉPES, Antônio D.; GONÇALVES, Berenice	1971	_____	_____	<b>LD7</b>
	<b>Ciências: Nova Biblioteca Básica Colegial</b>	ALBUQUERQUE JÚNIOR, Gilberto A.; PAULO, Roberto de Souza; PENNA, Leonam Azeredo	1973	_____	_____	<b>LD8</b>
	<b>Biologia: Genética, Evolução e</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues;	1974	Moderna	São Paulo	<b>LD9</b>

	<b>Ecologia</b>	MIZUGUCHI, Yoshioto				
	<b>Biologia Auto-instrutivo</b>	LOPES, Sônia	1976	Saraiva	São Paulo	<b>LD10</b>
	<b>Biologia II</b>	PEDERSOLI, José Luiz; GOMES, Wellington Caldeira	1976	Livraria Lê Editora LTDA	Belo Horizonte	<b>LD11</b>
	<b>Biologia: Biologia Geral, Botânica, Zoologia, Ecologia e Programas de Saúde</b>	DIAS, Diaroni Paschoarelli, JOÃO, Luiz Carlos	1977	Moderna	São Paulo	<b>LD12</b>
	<b>Elementos de Biologia</b>	BEÇAK, Maria Luíza; BEÇAK, Willy	1977	FTD	São Paulo	<b>LD13</b>
	<b>Ciências: Programa de Saúde e Ecologia</b>	GOMES, Caldeira Wellington; D'ASSUNÇÃO FILHO, Moacir Assis; PEDERSOLI, José Luiz; MARTINS, João Pereira da Silva; ALVARENGA, Jenner Procópio; MELO JR, Evandro Ferreira	1977	Livraria Lê Editora LTDA	Belo Horizonte	<b>LD14</b>
	<b>Biociências: 2 Grau</b>	RODRIGUES, José Manuel da Costa; MORAES, Wladimir Teobaldo	1978	Nacional	São Paulo	<b>LD15</b>
	<b>Biologia</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; MIZUGUCHI, Yoshito	1978-79	Moderna	São Paulo	<b>LD16</b>
<b>Década de 1980</b>	<b>Biologia: Segundo Grau</b>	FONSECA, Albino	1980	Ática	São Paulo	<b>LD17</b>
	<b>Biologia das Populações: Genética, Ecologia, Evolução: 2 Grau</b>	LINHARES, Sérgio de Vasconcelos; GEWANDSZNAJDE R, Fernando	1980	Ática	São Paulo	<b>LD18</b>
	<b>Aulas de Biologia</b>	MARCONDES, Ayrton Cesar; LAMMOGLIA, Domingos Angelo	1981	Atual	São Paulo	<b>LD19</b>
	<b>Biologia Geral: 2 Grau</b>	HENNIG, Georg Joachim; FERRAZ, Gilberto Carvalho	1981	Revista e Ampliada	Porto Alegre	<b>LD20</b>
	<b>Biologia: 2 Grau</b>	DIAS, Diarone Paschoarelli, JOÃO, Luiz Carlos	1982	Moderna	São Paulo	<b>LD21</b>
	<b>A Ciência da</b>	MARTHO, Gilberto	1983	Moderna		<b>LD22</b>

	<b>Biologia</b>	Rodrigues; AMABIS, José Mariano			São Paulo	
	<b>Biologia Geral</b>	MENEGOTO, Milton; AZEVEDO, Antônio Carlos Pradel	1983	Sagra	Porto Alegre	<b>LD23</b>
	<b>Biologia 3</b>	SILVA JR., César; SASSON, Sezar	1984	Atual	São Paulo	<b>LD24</b>
	<b>Biologia do Segundo Grau</b>	GONÇALVES, Maria Izabel Simões; ABREU, Edith Ferraz	1986	Ática	São Paulo	<b>LD25</b>
	<b>Biologia Básica: Genética, Evolução e Ecologia</b>	SOARES, José Luiz	1988	Scipione LTDA	São Paulo	<b>LD26</b>
	<b>Ciências, Crítica e Ação: 8 Série</b>	OLIVEIRA, Izabel Martins Barros; PAULA, Maria da Conceição Ferreira; VIMIEIRO, Maria das Graças Monteiro; SCHWENCK, Terezinha do Carmo	1989	Editora do Brasil S/A	São Paulo	<b>LD27</b>
<b>Década de 1990</b>	<b>Biologia Atual: Genética, Evolução, Ecologia</b>	PAULINO, Wilson Roberto	1990	Ática	São Paulo	<b>LD28</b>
	<b>Biologia: Genética, Evolução, Ecologia</b>	GOWDAK, Demétrio; MATTOS, Neide Simões	1990	FTD	São Paulo	<b>LD29</b>
	<b>Biologia 3: Genética, Evolução, Ecologia, Embriologia</b>	SILVA JR., Cesar; SASSON, Sezar	1990	Atual	São Paulo	<b>LD30</b>
	<b>Fundamentos da Biologia Moderna</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues	1990	Moderna	São Paulo	<b>LD31</b>
	<b>Biologia: Volume Único</b>	SOARES, José Luis	1991	Scipione LTDA	São Paulo	<b>LD32</b>
	<b>Biologia: Volume Único</b>	GOWDAK, Demétrio; MATTOS, Neide S.	1991	FTD	São Paulo	<b>LD33</b>
	<b>Curso Completo de Biologia Sintético e Atualizado</b>	LOPES, Sônia G. B. C.; LOPES, Plínio C.	1991	Saraiva	São Paulo	<b>LD34</b>
	<b>Biologia Hoje: Volume 3</b>	LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando	1993	Ática	São Paulo	<b>LD35</b>
	<b>Biologia Ciência da</b>	MARCONDES, Ayrton César;	1994	Atual	São Paulo	<b>LD36</b>

	<b>Vida</b>	LAMMOGLIA, Domingos Ângelo				
	<b>BIO 3</b>	LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho	1995	Saraiva	São Paulo	<b>LD37</b>
	<b>Biologia: Funções Vitais, Embriologia, Genética</b>	SOARES, José Luis	1995	Scipione	São Paulo	<b>LD38</b>
	<b>Biologia 3</b>	SILVA JUNIOR, César; SASSON, Sezar	1995	Saraiva	São Paulo	<b>LD39</b>
	<b>Biologia Atual</b>	PAULINO, Wilson Roberto	1996	Ática	São Paulo	<b>LD40</b>
	<b>Biologia Viva: Volume Único</b>	DIAS, Diarone Paschoarelli	1996	Moderna	São Paulo	<b>LD41</b>
	<b>Fundamentos da Biologia Moderna</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues	1997	Moderna	São Paulo	<b>LD42</b>
	<b>Biologia: Volume Único</b>	SOARES, José Luís	1997	Scipione	São Paulo	<b>LD43</b>
	<b>Bio: Volume Único</b>	LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho	1998	Saraiva	São Paulo	<b>LD44</b>
	<b>Biologia em Foco</b>	CARVALHO, Wanderley	1998	FTD	São Paulo	<b>LD45</b>
	<b>Bio: Volume 3</b>	LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho	1998	Saraiva	São Paulo	<b>LD46</b>
	<b>Biologia Hoje</b>	LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando	1998	Ática	São Paulo	<b>LD47</b>
	<b>BIO: Volume Único</b>	LOPES, Sônia	1999	Saraiva	São Paulo	<b>LD48</b>
	<b>Biologia Programa Completo</b>	LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando	1999	Ática	São Paulo	<b>LD49</b>
	<b>Biologia: Volume Único</b>	MERCADANTE, Clarinda; FAVARETTO, José Arnaldo	1999	Moderna	São Paulo	<b>LD50</b>
	<b>Biologia: Volume Único</b>	SOARES, José Luís	1999	Scipione	São Paulo	<b>LD51</b>
	<b>Biologia: Volume Único</b>	PAULINO, Wilson Roberto	1999	Ática	São Paulo	<b>LD52</b>
	<b>Ciências Naturais: Aprendendo com o Cotidiano</b>	CANTO, Eduardo Leite	1999	Moderna	São Paulo	<b>LD53</b>
<b>A pa</b>	<b>Conceitos de Biologia</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO,	2001	Moderna	São Paulo	<b>LD54</b>

		Gilberto Rodrigues				
	<b>Biologia Para o Ensino Médio: Volume Único</b>	GAIANOTTI, Alba; MODELLI, Alessandra	2002	Scipione	São Paulo	<b>LD55</b>
	<b>Fundamentos da Biologia Moderna</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues	2002	Moderna	São Paulo	<b>LD56</b>
	<b>Biologia</b>	PAULINO, Wilson Roberto	2003	Ática	São Paulo	<b>LD57</b>
	<b>Biologia</b>	PAULINO, Wilson Roberto	2004	Ática	São Paulo	<b>LD58</b>
	<b>Biologia</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues	2004	Moderna	São Paulo	<b>LD59</b>
	<b>Biologia: Volume Único</b>	FAVARETTO, José Arnaldo; MERCADANTE, Clarinda	2005	Moderna	São Paulo	<b>LD60</b>
	<b>Biologia, Volume 3: Genética, Evolução, Ecologia</b>	PAULINO, Wilson Roberto	2005	Ática	São Paulo	<b>LD61</b>
	<b>Biologia</b>	LAURENCE, J	2005	Nova Geração	São Paulo	<b>LD62</b>
	<b>Biologia Para o Ensino Médio: Curso Completo</b>	LAGO, Samuel Ramos; CROZETTA, Marcos	2006	IBEP	São Paulo	<b>LD63</b>
	<b>Fundamentos da Biologia Moderna</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues	2006	Moderna	São Paulo	<b>LD64</b>
	<b>Biologia</b>	PAULINO, Wilson Roberto	2009	Ática	São Paulo	<b>LD65</b>
	<b>Biologia 3: Genética, Evolução, Ecologia</b>	SILVA JÚNIOR, César; SASSON, Sezar	2010	Saraiva	São Paulo	<b>LD66</b>
	<b>Biologia</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues	2010	Moderna	São Paulo	<b>LD67</b>
	<b>Biologia em Contexto</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues	2013	Moderna	São Paulo	<b>LD68</b>
<b>Sem Ano</b>	<b>Biologia</b>	MOISÉS, Hélvio N.; SANTOS, Thais H. F.	_____	Nova Cultura	_____	<b>LD69</b>
	<b>Biologia: Volume Único</b>	UZUNIAN, Armênio; BIRNER, Ernesto	_____	HARBA	_____	<b>LD70</b>
	<b>Biologia Curso</b>	ZEINUM, Renato	_____	_____	_____	<b>LD71</b>

<b>Completo</b>					
<b>Biologia Educacional</b>	ALMEIDA JUNIOR, A.	_____	Nacional	São Paulo	<b>LD72</b>
<b>Biologia</b>	FONSECA, Albino	_____	Ática	São Paulo	<b>LD73</b>
<b>Biologia</b>	FREITAS, Orlando T.				<b>LD74</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores desta dissertação

A terceira etapa consistiu na categorização, essa corresponde conforme descrito por Bardin (1977, p. 117):

A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias, são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns desses elementos.

As categorias para a análise dos livros didáticos estão dispostas no quadro 5 e foram construídas com base em: Justina (2011, p. 91), que auxiliaram no processo de construção das categorias, 1, 3 e 6; no trabalho de Schneider et al. (2011, p. 212), que fundamentou a categoria 2; ainda houve categorias que emergiram das análises realizadas nos livros didáticos e foram fundamentadas na teoria, são estas as categorias 4 e 5.

**Quadro 3:** Categorias de análise conforme a descrição dos conceitos de genótipo e fenótipo disposta no quadro 1.

<b>Código das categorias de análises</b>	<b>Nome das Categorias</b>	<b>Descrição das categorias</b>
<b>Categoria 1</b>	Transmissão	Quando no livro a hereditariedade é apresentada como responsável pela transmissão do genótipo e do fenótipo.
<b>Categoria 2</b>	Molecular clássico	O genótipo determina o fenótipo que é considerado as características aparentes. Ou seja, é realizada a transcrição do DNA para o RNA e do RNA para as proteínas.
<b>Categoria 3</b>	Genótipo + ambiente formam o fenótipo	Entende-se que o genótipo, recebido pelos pais em interação com o ambiente, forma o fenótipo. Compreende-se o fenótipo como as características aparentes.
<b>Categoria 4</b>	Genótipo = fenótipo, mas o fenótipo não é somente características aparentes	Compreende-se que o genótipo determina o fenótipo, porém o fenótipo supera as características aparentes como a cor de olho, cor de pele, dentre outros.
<b>Categoria 5</b>	Genótipo +	Entende-se que o genótipo em interação com o

	ambiente, determina o fenótipo, mas o fenótipo não é somente características aparentes	ambiente determina o fenótipo. Entretanto o fenótipo é entendido como as características morfológicas, fisiológicas, comportamentais, dentre outras.
<b>Categoria 6</b>	Genótipo com o ambiente e o desenvolvimento formam o fenótipo	Genótipo em interação com ambiente juntamente com o desenvolvimento do organismo formam o fenótipo, que consiste nas características morfológicas, fisiológicas, comportamentais, dentre outras.

**Fonte:** Adaptado pelas autoras desta dissertação (JUSTINA, 2011, p.91) e (SCHNEIDER et al., 2011).

Depois da análise dos conceitos, foram escolhidos 19 livros, sendo um representante de cada categoria para cada década. A análise da transposição didática a ser estudada nos livros foi baseada nos elementos textuais obtidos por meio da releitura da obra de Yves Chevallard (1991), realizada por Neves (2009). Melzer (2012) adaptou os elementos descritos por Chevallard (1991) para análise de livros didáticos de Química com base em questões a serem respondidas. Esses referencial guiou a forma de análise que se apresenta neste trabalho, como disposto na sequência:

**A - Dessincretização do saber:** Nesse processo é delimitado em que consiste o conceito, ou seja, divide o saber em saberes com o intuito de torná-lo mais didático.

1. O livro apresenta um capítulo específico para o conhecimento de genótipo e fenótipo?

**B - Despersonalização do saber:** Consiste em deslocar os saberes da rede de conflitos e rupturas existentes em sua construção e desconstrução, e ainda não menciona os envolvidos em sua constituição devido o saber ficar disponível e suscetível à transformação.

2. Faz a relação dos conflitos científicos existentes sobre a definição desses conceitos (genótipo e fenótipo)?
3. Menciona pelo menos alguns dos envolvidos na constituição dos conceitos de genótipo e fenótipo, visto que é bastante complicado fazer todo o retrospecto histórico em um livro didático?

**C - Programabilidade de saber:** Consiste em sequenciar o conteúdo a ser apresentado ao aluno. Essa programação tem o objetivo de facilitar a aprendizagem.

4. Em qual sequência são apresentados os conceitos de genótipo e fenótipo?
5. A sequência em que esses conceitos são apresentados atribui significados relevantes aos conceitos anteriores e posteriores?

**D - Publicidade do saber:** é quando o livro apresenta as razões para estudar determinado conteúdo.

6. O livro apresenta texto base explicitando a importância e aplicações de entender os conhecimentos de genética?

**E - Envelhecimento moral/biológico:** o conhecimento científico não atende aos anseios da sociedade para qual o material didático é direcionado. O conhecimento é modificado para atender aos anseios da sociedade (moral), e quando a ciência interfere obstinada a mostrar o conhecimento de uma forma diferente (biológico).

7. Ao longo da história o saber é reestruturado (modernizado) para atender a certas demandas sociais?
8. Algum conceito relacionado a genótipo e fenótipo é retirado ou adicionado ao longo das reformas?

**F - Fidelidade na textualização do saber:** esse ponto é referente à fidelidade do saber, se as omissões existentes no livro didático podem prejudicar a compreensão do tema.

9. Existe a possibilidade de a informação presente no livro trazer confusão do entendimento dos conceitos de genótipo e fenótipo?

**G - Criações didáticas:** são criações elaboradas com o intuito de facilitar a aprendizagem de conceitos complexos.

10. Os livros apresentam instrumentos representativos para facilitar a compreensão dos conceitos de genótipo e fenótipo?
11. Se apresentam, quais as criações e quais as implicações para a compreensão ou distorções dos conceitos?

**H - A dialética antigo/novo:** é quando se estabelece relação entre um conhecimento antigo com um conhecimento mais atualizado.

12. O livro didático faz a abordagem de algum processo de desenvolvimento histórico no capítulo em que apresenta os conceitos de genótipo e fenótipo relacionando-os com o conhecimento de cada época? Se faz, de que forma isso ocorre?

Nesta etapa, foram realizadas as análises de cada questão, elencadas a partir da teoria da transposição didática com o objetivo de perceber se os livros estão de acordo com os elementos da transposição observados por Chevallard (1991). Ainda se esses elementos são atendidos, sem gerar distorções, determinismo e erros conceituais para os alunos. Para tanto, se faz importante ressaltar que a análise levou em consideração os conhecimentos científicos aceitos na época da publicação desses materiais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, discutimos como os conceitos de genótipo e fenótipo são apresentados nos livros didáticos e como são transpostos para esses materiais. Para a análise da transposição didática, utilizamos como base para análise os elementos da transposição didática apresentados no capítulo anterior: dessincretização do saber, descontextualização, despersonalização do saber, programabilidade de saber, envelhecimento moral/biológico, fidelidade na textualização do saber, criações didáticas e a dialética antigo/novo.

### 5.1 Análise dos conceitos de genótipo e fenótipo presentes nos livros didáticos.

A análise dos conceitos de genótipo e fenótipo apresentados nos livros didáticos foi norteada por categorias formadas por meio das observações e indicações de quais seriam as concepções de genótipo e fenótipo presentes na comunidade científica, com a adaptação das definições propostas por Justina (2011) e Schneider et al. (2011). A disposição dos conceitos presentes nos livros didáticos encontra-se no quadro 4.

**Quadro 4:** Disposição dos livros didáticos nas categorias.

<b>Código das categorias de análises</b>	<b>Nome das Categorias</b>	<b>Livros didáticos presentes nas categorias</b>
<b>Categoria 1</b>	Transmissão	LD3, LD74.
<b>Categoria 2</b>	Molecular clássico: o genótipo determina o fenótipo	LD1, LD2, LD4, LD5, LD7, LD8, LD10, LD17, LD26, LD29, LD33, LD49, LD72
<b>Categoria 3</b>	Genótipo + meio = fenótipo	LD11, LD12, LD13, LD14, LD15, LD19, LD20, LD21, LD23, LD24, LD25, LD27, LD30, LD32, LD36, LD40, LD41, LD43, LD47, LD48, LD50, LD51, LD54, LD55, LD56, LD60, LD62, LD64, LD66, LD70, LD71, LD73.
<b>Categoria 4</b>	Genótipo = fenótipo, mas o fenótipo não se restringe as características aparentes	LD6, LD35, LD53, LD63.
<b>Categoria 5</b>	Genótipo + ambiente determinam o fenótipo, mas o fenótipo não é	LD9, LD16, LD18, LD22, LD28, LD37, LD38, LD39, LD42, LD44, LD45, LD46, LD52, LD57, LD58, LD61, LD65, LD68, LD69.

	somente características externas	
<b>Categoria 6</b>	Genótipo com o ambiente e o desenvolvimento formam o fenótipo que não se limita às características físicas	LD31, LD34, LD59, LD67.

**Fonte:** Dados da pesquisa

Com a análise dos conceitos de genótipo e fenótipo presentes nos livros didáticos desde a década de 1950 até os anos 2000, verificamos que:

**Na categoria 1**, a concepção da transmissão das características genotípicas e fenotípicas para os descendentes, representa uma visão bastante restrita para os conhecimentos atuais, mas coerente com o aceito pela comunidade científica em determinado período histórico, esse pensamento se encontra presente no livro didático datado do início da década de 1960 (LD3) e um sem data (LD74). Essa forma de entender o conceito pode ser percebida no trecho a seguir:

*O genótipo das plantas da F1 é portanto, Tt. Mas como Mendel verificou, todas as plantas da F1, tem flores axilares: seu fenótipo é idêntico ao do seu progenitor TT. (LD3)*

*A transmissão das características de espécie de um ser vivo aos seus descendentes é chamada de hereditariedade [...]. A soma dos caracteres externos visíveis de um indivíduo chamou-se de fenótipo enquanto o termo genótipo era designado a soma de todos os fatores hereditários de uma espécie dada. (LD74)*

Os livros cujos fragmentos são apresentados possuem a compressão dos conceitos de genótipo e fenótipo como resultados da transmissão das características dos pais para os seus descendentes. Entretanto, como se pode perceber o livro citado no primeiro trecho é datado da década de 1960, momento em que a genética já havia avançado em relação à concepção de genótipo e fenótipo como resultado da transmissão dos pais para seus descendentes. Neste momento, o que era percebido pela comunidade científica era o modelo “um gene-uma enzima” cuja veracidade também já apresentava contradições.

**Na categoria 2**, apresentamos os livros, cujos conceitos de genótipo e fenótipo são postos conforme a genética molecular clássica, a qual compreende que

o genótipo determina o fenótipo. Os livros presentes nessa categoria são: década de 1950 (LD1), década de 1960 (LD2, LD4, LD5), década de 1970 (LD7, LD8, LD10), década de 1980 (LD17, LD26) e década de 1990 (LD29, LD33, LD49) e um sem datação (LD72). Alguns exemplos de como esses conceitos são apresentados nesses materiais encontram-se a seguir:

*“Genótipo” e “fenótipo” são duas expressões muito usadas em genética. Genótipo é o conjunto de propriedades genéticas, expressas ou latentes, do indivíduo. Fenótipo é a sua aparência exterior. (LD1)*

*Enquanto o genótipo se refere a “fórmula gênica” de um organismo para um determinado carácter [...], o fenótipo se refere à expressão desses gens, isto é, ao aspecto de um organismo que tem um determinado genótipo. (LD2)*

*É o genótipo, ou seja, o conjunto de genes do indivíduo que, ao se manifestar estabelece todas as características do indivíduo. Essas características, que nada mais são que a expressão do genótipo, constituem o fenótipo do indivíduo. (LD10)*

*O conjunto dos genes de um organismo constitui o seu genótipo, e a aparência que ele manifesta o seu fenótipo. (LD29)*

Essa compreensão é decorrente do dogma central da biologia “um gene-uma enzima”, explicado anteriormente. Conforme Keller (2002), essa concepção foi reforçada pela afirmação de Francis Crick de que o DNA contém a informação genética que é transcrita para o RNA e em seguida essa informação é traduzida para uma proteína. Entretanto, o dogma central começou a ser questionado devido aos experimentos relacionados à regulação da expressão gênica de Jacob e Monod, em 1961, segundo Joaquim e El-Hani (2010) e Keller (2002), sobre a regulação da expressão gênica conhecido como “Operon Lac”. Nessas pesquisas foram identificados a presença de uma região promotora, uma região terminadora e um operador, o que gerou incertezas no entendimento vigente na época, ou seja, que um gene era responsável por produzir uma determinada proteína.

Foi somente na década de 1970, com o desenvolvimento da pesquisa em eucariotos, que o conceito molecular clássico deixou de ser o mais aceito pela comunidade científica (JOAQUIM; EL-HANI, 2010). Porém, como podemos averiguar esses conceitos de genótipo e fenótipo ainda se encontravam presentes em livros didáticos, cujas edições datavam da década de 1990. Essa constatação explicita

que, mesmo duas décadas após o conceito molecular clássico ter sido questionado, ele ainda é encontrado nos livros que são utilizados em sala de aula, o que pode levar a concepções deterministas sobre os conceitos de genética.

Visões deterministas genéticas podem ser superadas com o emprego dos conceitos atualizados e também com a utilização da História e Filosofia da Ciência no ensino. Essa abordagem possibilita ao aluno entender que a ciência é um conhecimento aproximado (BACHELARD, 2004) e mutável, que passa por várias transformações e é fruto da atividade humana, portanto, como relatado por Martins (2007 - D), sofre influência do meio cultural, social, econômico, dentre outros, aos quais os cientistas se encontram inclusos.

**Na categoria 3**, encontram-se os livros cujo texto apresenta o fenótipo como resultado da interação do genótipo com o ambiente. Estão presentes nesta categoria 32 livros, distribuídos nas décadas de 1970 (LD11, LD12, LD13, LD14, LD15), na década de 1980 (LD19, LD20, LD21, LD23, LD24, LD25, LD27), na década de 1990 (LD30, LD32, LD36, LD40, LD41, LD43, LD47, LD48, LD50, LD51), a partir dos anos 2000 (LD54, LD55, LD56, LD60, LD62, LD64, LD66) e os livros que não possuíam datação (LD70, LD71, LD73).

A seguir são apresentados alguns exemplos de como esses conceitos são apresentados nos livros didáticos analisados:

*As características dos organismos vivos dependem não só dos gens como também de um meio ambiente apropriado para que eles possam se manifestar com toda a sua plenitude [...]tal comportamento nos permite dizer que o fenótipo de um organismo depende não só do genótipo, como do ambiente [...] quanto ao genótipo de um organismo pode-se dizer que um ambiente normal não é capaz de alterá-lo. (LD11)*

*Genótipo – é a constituição gênica do organismo, representado graficamente, por letras. Fenótipo – é a característica determinada pelos gens mais a influência do meio. (LD14)*

*Chama-se genótipo ao conjunto de genes (os fatores de Mendel) que um indivíduo recebe e transmite hereditariamente. É o patrimônio genético de um organismo [...] fenótipo é aparência, o aspecto externo de um indivíduo. O fenótipo representa a soma de todas as características observáveis em um organismo [...] fenótipo=genótipo + meio ambiente. (LD36)*

*O fenótipo é a manifestação do genótipo do indivíduo. Entretanto, pode-se considerar que o fenótipo resulta da interação entre o genótipo e o meio ambiente. (LD40)*

*O fenótipo de um ser vivo é, portanto, determinado pelos genes que ele recebeu de seus pais em interação com o ambiente onde ocorre o desenvolvimento. (LD64)*

Esta visão determinista dos conceitos de genótipo e fenótipo, associados ao ambiente, deve-se em parte ao extremismo a que a humanidade chegou com o movimento eugênico. Segundo Guerra (2006), esse pensamento teve influência da construção da teoria do darwinismo social, a qual era derivada da teoria de seleção natural proposta por Darwin. Francis J. Galton se dedicou a promover a melhoria da humanidade por meio de casamentos seletivos, e em seu livro *“Inquiries into human faculty and its development”*<sup>6</sup> dá o nome de eugenia para a nova ciência, palavra essa que significa “bem nascer”. A proposta de Galton ficou conhecida como a “eugenia positiva”, entretanto nos Estados Unidos ela foi modificada e passou a ser chamada de “eugenia negativa”, uma vez que se pautava em eliminação das futuras gerações de “incapazes”.

Na área da pesquisa em biologia já havia indícios da influência do ambiente nas características fenotípicas como as pesquisas de Conrad Hal Waddington (1905 – 1975). O autor em suas pesquisas designou o termo epigenética para explicar a relação do ambiente com o desenvolvimento e adaptação do organismo ao ambiente. Desse modo, ele é considerado um dos precursores das pesquisas em epigenética por ter inserido na comunidade científica esse termo e suas pesquisas (WADDINGTON, 1952).

De acordo com Kaminker (2007), a regulação epigenética consistia na capacidade do genoma adaptar-se ao meio ambiente, o que ocasionaria mudanças no fenótipo também condicionadas pelo ambiente. Vara (2013) destaca que uma das principais razões para o desenvolvimento das pesquisas em epigenética consiste em entender como ocorre a regulação seletiva de um alelo posicionado dentro do núcleo. Essa área busca explicar, por exemplo, a distinção entre alelos idênticos, e quais os processos que mantêm essas mudanças, se resistem mesmo após sucessivas divisões celulares, e como pode gêmeos monozigóticos, não serem totalmente idênticos apesar de possuírem o genótipo semelhante.

Santos (2015) afirma que o interesse inicial de Conrad Hal Waddington (1905 – 1975) era relacionado a “adaptação pseudoexogena”. Entre uma dessas

---

<sup>6</sup> Investigação da Faculdade Humana e seu Desenvolvimento (tradução nossa).

adaptações estava a calosidade presente no peito dos avestruzes, a qual teria sua origem na fricção que o peito do animal realizava com as pernas ao sentar-se. Entretanto, as pesquisas evidenciaram que essas calosidades se formavam durante o desenvolvimento embrionário, então os cientistas da época começaram a se questionar se essas fricções não poderiam ter modificado o material genético dessas aves a ponto de serem transmitidas às gerações posteriores. Esse questionamento é que instigou Waddington a desenvolver suas pesquisas. Como a realização de pesquisas com avestruz era um tanto difícil, ele optou por trabalhar com a mosca da fruta, a *Drosophila*, nos Estados Unidos juntamente com o grupo de Thomas Hunt Morgan (1866-1945).

Waddington realizou experimentos para analisar se ocorriam mudanças nos fenótipos das moscas caso alguma característica ambiental fosse modificada. Para isso, ele utilizou a elevação da temperatura para 40 graus, constatando que ocorria a diminuição de veias transversais nas asas das moscas e que essas características eram passadas aos descendentes, mesmo sem as condições ambientais. Assim, o autor concluiu que as características foram modificadas nos genes, portanto, o ambiente poderia realizar alterações permanentes que afetaria o fenótipo dos indivíduos (WADDINGTON, 1952).

Mesmo com as pesquisas de Waddington evidenciando como o ambiente poderia influenciar no desenvolvimento do organismo, percebe-se que havia dificuldades para explicar essa influência no fenótipo, devido às associações da influência do ambiente com a lei do uso e desuso e a lei dos caracteres adquiridos de Jean-Baptiste de Lamarck (1744 – 1829), que já era considerada como superada pela seleção natural de Charles Darwin (1809 – 1882). Consequentemente, os exemplos da interação genótipo e ambiente ficavam bem restritos. Em geral, os exemplos se restringiam às influências nas características físicas dos organismos, os fenótipos comportamentais geralmente não apareciam, como nos exemplos utilizados para a explicação dessa interação, presentes nos livros didáticos.

*Pessoas com o mesmo genótipo para cor de pele terão pele mais clara ou mais escura dependendo do tempo de exposição ao sol.*  
**(LD64)**

*Em coelhos himalaia, por exemplo, o mesmo gene que determina, durante o verão, pelagem branca pelo corpo, com as extremidades pretas (orelhas, focinhos e patas), condiciona a queda da pelagem*

*branca e o aparecimento de uma pelagem toda negra durante o inverno, quando o animal vive em região gelada. (LD51)*

Essa forma de entender como ocorria a formação do fenótipo do indivíduo com a influência do ambiente começou a ser pensada já nos anos 50, mas só pode ser identificada nos livros editados a partir do ano de 1970. Isso evidencia ainda mais a demora nas atualizações dos conceitos presentes nos livros didáticos. A respeito, Quessada (2008) descreve o conceito de “demora na transposição didática” como o espaço de tempo que leva para determinado conteúdo ser acrescido nos currículos e livros destinados à educação escolar.

Esse adiamento, com um espaço de tempo muito grande, pode fazer com que os alunos entendam os conceitos de maneira equivocada. No caso específico pode contribuir para a compreensão equivocada de que existam seres vivos “superiores” determinados geneticamente e outros “inferiores” também subordinados à determinação genética, o que pode ser um problema para a sociedade e também para o ambiente em geral.

**Na categoria 4**, estão presentes os livros que apresentam o genótipo como determinante do fenótipo, porém o fenótipo não é entendido somente como as características aparentes dos indivíduos. Se encontram nessa categoria os livros: de 1970 (LD6), 1990 (LD35 e LD53) e a partir dos anos 2000 (LD63). Destacamos abaixo, como os conceitos são apresentados nesses livros:

*Chama-se genótipo a constituição hereditária, ou seja, a soma total dos fatores hereditários que o indivíduo recebe de seus pais. Fenótipo é a aparência do indivíduo, isto é, a soma total de suas peculiaridades expressas na forma, cor, tamanho, comportamento tanto externas como internas. (LD6)*

*O conjunto de genes que o indivíduo possui em suas células é chamado genótipo. O conjunto de características morfológicas ou funcionais do indivíduo é o seu fenótipo. (LD35)*

Como constatado nos exemplos acima, notamos que apesar de não estar explícito, os autores abordam o genótipo como determinante do fenótipo, visto que, não citam durante a redação do texto nenhum outro fator de influência além do genótipo, como o meio intra e extracelular, a alimentação, o ambiente externo, dentre outros. O que deixa implícita a ideia de que o fenótipo é resultado da expressão do genótipo.

Contudo, este entendimento determinista do genótipo já tinha mostrado limitações até mesmo durante a data de publicação do primeiro livro presente nesta categoria que data da década de 1970. Isso esclarece, que mesmo após os problemas enfrentados devido ao determinismo genético, muito ainda precisava mudar na compreensão que a sociedade tinha desses conceitos.

**Na categoria 5**, estão presentes os livros didáticos que apresentam o conceito de que o genótipo, juntamente com o ambiente, determina o fenótipo. Entretanto, o fenótipo não consiste somente de características aparentes. Essa forma de perceber o conceito se encontra nos livros das décadas de 1970 (LD9), 1980 (LD16, LD18 e LD22), 1990 (LD28, LD37, LD38, LD39, LD42, LD44, LD45, LD46 e LD52) após os anos 2000 (LD57, LD58, LD61 e LD65) e os que não possuem data (LD68 e LD69).

A forma com que os livros, incluídos nesta categoria, apresentam o conceito se encontra destacada nos trechos a seguir:

*Todos os caracteres apresentados por um organismo, sejam eles morfológicos, fisiológicos ou comportamentais (etológicos) constituem o seu fenótipo [...] a este material damos o nome de genótipo, que em última análise é constituído pelos genes das células [...] fatores ambientais podem, também, alterar o fenótipo de um organismo. (LD16)*

*Entende-se por fenótipo as características que se manifestam em um indivíduo, quer sejam elas de ordem morfológica quer fisiológica [...] pode-se considerar que o fenótipo resulta da interação entre o genótipo e o meio ambiente. (LD65)*

*Os geneticistas utilizam o termo fenótipo [...] para se referir às características observáveis de um ser vivo, sejam elas físicas, bioquímicas ou comportamentais [...] dois indivíduos, mesmo que tenham genótipos idênticos, podem apresentar diferenças no fenótipo decorrentes de influências ambientais. (LD68)*

A partir dos exemplos, podemos inferir que se mantém a compreensão de que o fenótipo resulta da interação com o meio ambiente. Entretanto, agrega-se a informação de que o fenótipo não se restringe somente as características físicas dos indivíduos, mas que também é composto por características comportamentais, fisiológicas, etc.

Essa compreensão começou a ser percebida no meio científico devido aos avanços nos conhecimentos em genética molecular, no início dos anos de 1960,

entretanto, só apareceu nos livros didáticos dos anos de 1970. Porém, em nossa amostra somente um livro apresenta essa forma de entender o fenótipo, todos os outros livros classificados nessa categoria são datados a partir dos anos de 1980. Isso evidencia mais uma vez a demora de mais ou menos vinte anos nas atualizações dos conceitos presentes nos livros didáticos, utilizados em sala de aula da educação básica.

Contudo, se comparado com disciplinas como a matemática, como destaca Machado (1996), não é um período muito relevante, visto que conteúdos como cálculo diferencial e integral constituído como disciplina no século XVII, até o ano de 1996, data em que o autor realizou a pesquisa, ainda não se encontravam presentes nos livros didáticos. O autor ainda ressalta que conteúdos de biologia oriundos do século XX, como o DNA, já se encontram presentes nos currículos.

Apesar disso, é relevante destacar que os conteúdos referentes ao DNA tiveram um rápido desenvolvimento durante o século XX, devido em parte ao incremento das tecnologias. E, quando se trata dos conceitos de genótipo e fenótipo, o atraso na divulgação atualizada desses conceitos, seja em âmbito educacional ou em meios de comunicação, pode acarretar em problemas sociais, como os já evidenciados nessa dissertação relacionados aos problemas decorrentes do determinismo genético que perpetuou durante o final do século XIX até a metade do século XX. Porém, ainda encontramos esse determinismo presente na sociedade do século XXI, como a escolha das características físicas dos bebês realizadas principalmente na fecundação *in vitro*. Como relatado por Guerra (2006, p.5), “são lugares semelhantes e as questões éticas levantadas são as mesmas – a diferença está em um século de avanços tecnológicos”.

Portanto, cabe aqui ressaltar a importância de ensinarmos de forma coerente, apresentando os conceitos biológicos de forma contextualizada, histórica e atual, para não cometermos os mesmos erros do passado e que não raro voltam a ser cometidos no presente.

**A categoria 6**, refere-se aos conceitos apresentados nos livros didáticos como o genótipo se constituindo da bagagem genética em conjunto com o ambiente e cita o desenvolvimento como um dos fatores que constituirão o fenótipo. Esse por sua vez, consiste das características morfológicas, fisiológicas, comportamentais, dentre outras.

Nesta categoria foram encontrados somente quatro livros representantes, são estes: em 1990 (LD31 e LD34) e a partir dos anos 2000 (LD59 e LD67). A seguir são transcritos exemplos de fragmentos que relatam sobre esses conceitos.

*O termo fenótipo é empregado para designar qualquer característica de um indivíduo seja ela morfológica, fisiológica, ou comportamental [...] o fenótipo de um indivíduo sofre transformações com o passar do tempo [...] o genótipo, ao se manifestar, também sofre influências do ambiente. (LD31)*

*O termo fenótipo [...] designa as características morfológicas, fisiológicas ou comportamentais manifestadas por um indivíduo [...] o fenótipo resulta da interação entre o genótipo e os fatores ambientais diversos [...] o fenótipo também se transforma com o passar do tempo. (LD67)*

Nos exemplos apresentados para essa categoria, fica evidente o entendimento um pouco mais amplo dos conceitos de genótipo e fenótipo, mesmo que ainda restrito para sua época de publicação, uma vez que neste período a genética já havia se desenvolvido além do exposto nos livros no âmbito da comunidade científica.

Um fato interessante, é que um dos livros apresenta o exemplo do desenvolvimento de um anfíbio, que se bem explorado pode ser um bom recurso para explicar o processo de regulação gênica, embora o autor não tenha cogitado esta possibilidade no texto do livro.

*O ovo dá origem a um girino, que tem características fenotípicas muito diferentes das do sapo adulto. O girino sofre então uma série de modificações, até transformar-se em um sapo adulto [...] no caso do sapo, um mesmo genótipo expressa-se diferentemente, dependendo do estágio de desenvolvimento da vida do animal. O genótipo que existe no ovo é o mesmo que existe no girino e no sapo adulto, mas o girino tem a forma diferente daquela do sapo adulto, o girino respira por brânquias, enquanto o sapo adulto respira por pulmões. O genótipo nem sempre determina um só fenótipo, pois um mesmo genótipo pode-se expressar diferentemente, dependendo do meio em que o animal se encontre. O meio não é somente o ambiente externo ao indivíduo. É também tudo o que cerca os cromossomos: o nucleoplasma, o citoplasma o corpo e o próprio meio ambiente. (LD34)*

Este modelo de exemplificação deve ser destacado, visto que, a maioria dos livros analisados geralmente utilizavam os mesmos exemplos (como a mudança da cor da pele pela exposição ao sol, mudança da cor dos pelos dos coelhos himalaia com a mudança de temperatura, etc.) para as interações entre o genótipo e o meio em que se encontra o indivíduo.

Ainda, se bem explorado pelo professor pode ser um ótimo instrumento de ensino, pois, como relatado por Amaral e Megid Neto (1997) e Núñez, et al. (2003), embora os livros didáticos apresentem limitações é pertinente ao professor supri-las em suas aulas e até mesmo fazer correções de possíveis erros conceituais presentes nestes materiais, para que os alunos não tenham compreensões equivocada dos conhecimentos científicos.

Assim, com a análise dos conceitos de genótipo e fenótipo presentes nos livros didáticos, datados de 1950 até os dias atuais, apuramos que quando se trata da apresentação dos conceitos científicos, é preciso fazê-la de forma histórica, consistente e atualizada para não criar generalizações e compreensões deterministas. Muitos problemas de ordem social podem ser evitados quando o aluno entende que os conceitos estão em constante mudança, portanto, são passíveis de reformulações com os avanços das pesquisas científicas.

## 5.2 Análise da transposição didática do “saber sábio” ao “saber a ensinar”

Para a análise da transposição didática do “saber sábio” ao “saber a ensinar” foi realizada a seleção de um exemplar por década, presente em cada categoria de análise de como eram apresentados os conceitos. Os livros que foram analisados estão relacionados no quadro a seguir.

**Quadro 5:** Relação de livros para a análise da transposição didática

	<b>Título do Livro</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Ano de publicação</b>	<b>Editora</b>	<b>Cidade</b>	<b>Código do livro</b>
<b>Década de 1950</b>	<b>Biologia Educacional : Noções Fundamentais</b>	ALMEIDA JUNIOR, Antônio Ferreira	1955	Nacional	São Paulo	<b>LD1</b>
<b>Década de 1960</b>	<b>Biologia: Das Moléculas ao Homem</b>	KRASILCHIK, Myrian; CLEFFI, Norma Maria	1967	EDART	São Paulo	<b>LD2</b>
	<b>Manual de Biologia</b>	FROTA PESSOA, Oswaldo	1967	Fundo de Cultura	São Paulo	<b>LD3</b>
<b>Década de 1970</b>	<b>Biologia: Conteúdo e Programa do Colegial e Vestibulares</b>	FONSECA, Albino	1970	Ática	São Paulo	<b>LD6</b>

	<b>Biologia: Genética, Evolução e Ecologia</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; MIZUGUCHI, Yoshioto	1974	Moderna	São Paulo	<b>LD9</b>
	<b>Biologia Auto-instrutivo</b>	LOPES, Sônia	1976	Saraiva	São Paulo	<b>LD10</b>
	<b>Elementos de Biologia</b>	BEÇAK, Maria Luíza; BEÇAK, Willy	1977	FTD	São Paulo	<b>LD13</b>
<b>Década de 1980</b>	<b>A Ciência da Biologia</b>	MARTHO, Gilberto Rodrigues; AMABIS, José Mariano	1983	Moderna	São Paulo	<b>LD22</b>
	<b>Biologia Básica: Genética, Evolução e Ecologia</b>	SOARES, José Luiz	1988	Scipione LTDA	São Paulo	<b>LD26</b>
	<b>Ciências, Crítica e Ação: 8 Série</b>	OLIVEIRA, Izabel Martins Barros; PAULA, Maria da Conceição Ferreira; VIMIEIRO, Maria das Graças Monteiro; SCHWENCK, Terezinha do Carmo	1989	Editora do Brasil S/A	São Paulo	<b>LD27</b>
<b>Década de 1990</b>	<b>Curso Completo de Biologia Sintético e Atualizado</b>	LOPES, Sônia G. B. C.; LOPES, Plínio C.	1991	Saraiva	São Paulo	<b>LD34</b>
	<b>Biologia Hoje: Volume 3</b>	LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando	1993	Ática	São Paulo	<b>LD35</b>
	<b>Biologia Ciência da Vida</b>	MARCONDES, Ayrton César; LAMMOGLIA, Domingos Ângelo	1994	Atual	São Paulo	<b>LD36</b>
	<b>BIO 3</b>	LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho	1995	Saraiva	São Paulo	<b>LD37</b>
	<b>Biologia Programa Completo</b>	LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando	1999	Ática	São Paulo	<b>LD49</b>
<b>De 2000 a 2013</b>	<b>Conceitos de Biologia</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues	2001	Moderna	São Paulo	<b>LD54</b>

	<b>Biologia</b>	PAULINO, Wilson Roberto	2004	Ática	São Paulo	<b>LD58</b>
	<b>Biologia</b>	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues	2004	Moderna	São Paulo	<b>LD59</b>
	<b>Biologia para o Ensino Médio: Curso Completo</b>	LAGO, Samuel Ramos; CROZETTA, Marcos	2006	IBEP	São Paulo	<b>LD63</b>

Fonte: Elaborado pelas autoras desta dissertação

### 5.2.1 Dessincretização do saber

Esse elemento é referente ao modo de apresentação do conhecimento dentro da divisão do conteúdo, dividindo o saber em saberes com o objetivo de torná-lo mais didáticos. Para realizar esta análise elaboramos o seguinte questionamento: “1. O livro apresenta um capítulo específico para desenvolver o conhecimento de genótipo e fenótipo? ”.

**Quadro 6:** como o conhecimento sobre genótipo e fenótipo é apresentado no livro

<b>Código do livro</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Descrição</b>
<b>LD1</b>	X		O livro apresenta um capítulo denominado “Dominância. Genótipo e fenótipo. Casos humanos”.
<b>LD2</b>		X	Os conceitos de genótipo e fenótipo são descritos em um capítulo denominado “A obra de Mendel” no tópico “Interpretando os resultados obtidos por Mendel”.
<b>LD3</b>			
<b>LD6</b>		X	A explicação para os conceitos de genótipo e fenótipo estão dispostos em um capítulo destinado à “Genética” e se encontra em um tópico que explica os “Conceitos básicos de genética”.
<b>LD9</b>		X	Os conceitos são descritos e explicados em um capítulo intitulado “A segregação dos genes alelos”.
<b>LD10</b>		X	A explicação para os conceitos de genótipo e fenótipo são apresentados no capítulo denominado “Genes”.
<b>LD12</b>		X	Os conceitos são apresentados no capítulo destinado a “Hereditariedade”.
<b>LD22</b>		X	Os conhecimentos apresentados referentes aos conceitos de genótipo e fenótipo estão no capítulo denominado “A universalidade das leis da herança” em um tópico denominado “Definição de alguns termos genéticos”

LD26	X	Os conceitos são descritos no capítulo “O monoibridismo” em um tópico destinado a “Alguns termos usados em genética”
LD27	X	A explicação para os conceitos de genótipo e fenótipo são apresentados no capítulo denominado “importância e evolução da genética” em um tópico destinado a esses conceitos.
LD34	X	O conteúdo que explica esses conceitos se encontra disposto em um capítulo destinado aos “Conceitos Fundamentais em genética”.
LD35	X	Os conceitos estão dispostos no capítulo denominado “A primeira lei de Mendel”
LD36	X	Os conceitos são descritos e explicados no capítulo destinado “A primeira lei de Mendel”.
LD37	X	A explanação dos conhecimentos sobre genótipo e fenótipo estão dispostos no capítulo intitulado “A primeira lei de Mendel”.
LD49	X	A explicação para os conceitos de genótipo e fenótipo estão dispostos no capítulo denominado “A primeira lei de Mendel – o monoibridismo”.
LD54	X	Os conceitos estão dispostos no capítulo intitulado “Fundamentos da genética”.
LD58	X	Os conceitos são apresentados no capítulo intitulado “A primeira lei de Mendel”
LD59	X	O livro apresenta dois capítulos específicos para explicar a construção desses conceitos: “Relação entre Genótipo e Fenótipo” e “Do genótipo ao fenótipo: Como se apresentam os genes”
LD63	X	Os conceitos são explicitados no capítulo denominado “Relação entre genótipo e fenótipo” e aprofundados em seu desenvolvimento no capítulo “Do genótipo ao fenótipo: Como se expressam os genes”.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

A partir da análise, constatamos que somente três dos livros apresentam um capítulo específico para desenvolver os conhecimentos sobre genótipo e fenótipo. Sendo que alguns livros somente apresentam a descrição dos conceitos sem explicar as relações desses conceitos com os conhecimentos de genética.

A forma pontual de descrever os conceitos que muitos dos livros apresentam, mostra um conhecimento ahistórico que não envolve os diversos estudos que ao longo do tempo modificam, aprimoram e desenvolvem os saberes sobre genótipo e fenótipo. Nuñez et al. (2003, p.3), destacam que:

O livro se constitui no representante da comunidade científica no contexto escolar [...] Nele a Ciência se deve apresentar como uma referência fruto da construção humana, sócio-historicamente contextualizada, na dinâmica do processo que lhe caracteriza como

construção, e não como um produto fechado, como racionalidade objetiva única que mutila o pensamento das crianças.

Portanto, essa maneira meramente anedótica que alguns dos livros analisados utilizam para apresentar conceitos de genótipo e fenótipo, cuja compreensão é importante para entender e relacionar os conteúdos de genética, acarreta em prejuízos ao desenvolvimento do entendimento do aluno.

### 5.2.2 Despersonalização do saber

Consiste em deslocar os saberes da rede de conflitos e rupturas existentes em sua construção e desconstrução, e ainda não menciona os envolvidos em sua constituição devido o saber ficar disponível e suscetível a transformação. Para realizar esta análise foram elaborados dois questionamentos: o primeiro se o material “2. Faz a relação dos conflitos científicos existentes sobre a definição desses conceitos (genótipo e fenótipo)?” e o segundo se “3. Menciona pelo menos alguns dos envolvidos na constituição dos conceitos de genótipo e fenótipo, visto que é bastante complicado fazer todo o retrospecto histórico em um livro didático?”

Na análise dos livros para essas duas questões correspondente a despersonalização do saber, verificamos que nenhum dos livros apresenta os conflitos existentes para a constituição ao longo dos conceitos de genótipo e fenótipo. Entretanto, em um dos livros há uma nota explicativa ao lado do texto na página posterior à definição desses conceitos, os autores relatam sobre as constantes mudanças que ocorrem na definição de conceitos científicos, isso pode ser evidenciado no trecho a seguir.

*Uma das vantagens do conhecimento científico é que ele é capaz de corrigir-se e aperfeiçoar-se. Devemos lembrar que qualquer teoria pode, no futuro, ser refutada por outras experiências e substituídas por uma nova teoria que explique melhor os fatos. As teorias são portanto, explicações parciais e temporárias que, após rigorosos testes, serão aceitas, provisoriamente pela comunidade científica. Assim, o verdadeiro cientista sabe que no campo da ciência não há verdades absolutas ou eternas e deve estar sempre pronto para abandonar uma teoria quando esta for contrariada pela experiência.*  
**(LD35)**

Conforme fragmento, os autores apontam para o caráter provisório do conhecimento científico, mesmo que esses não tragam especificamente os conflitos

existentes para a construção dos conceitos de genótipo e fenótipo. Eles mencionam que a ciência não é uma verdade absoluta e que se encontra em constante mudança. O fato desse reconhecimento estar presente nos livros didáticos especialmente em se tratando de um livro datado dos anos 1990, representa um avanço.

Como é apresentada a nota no livro é possível verificar, conforme Briccia e Carvalho (2011, p. 9) “o caráter provisório e histórico existente na construção do conhecimento científico, uma vez que o conhecimento anteriormente aceito já não se apresenta como suficiente para a explicação de novas teorias”.

Quanto à terceira questão, somente dois livros (LD13 e LD59) mencionam o nome de Johanssen que foi quem propôs os termos genótipo e fenótipo, como pode ser percebido nos fragmentos que se seguem:

*Johanssen, em 1911, propôs o termo genótipo para designar a constituição hereditária que um ser recebe dos pais através dos gametas, e fenótipo para designar a aparência de um indivíduo, ou seja a soma total de suas peculiaridades de forma, tamanho, cor, comportamento externo e interno. (LD13)*

*Dois conceitos importantes em genética, introduzidos na literatura científica pelo pesquisador dinamarquês Wilhelm L. Johanssen [...] em 1909, foram genótipo e fenótipo. (LD59)*

O livro LD13 apenas menciona o introdutor destes termos, mas não relata nada sobre as mudanças na definição destes conceitos ao longo do tempo, desde sua proposição até o momento da elaboração do livro. Entretanto, em se tratando de um livro datado da década de 70 é compreensível essa atitude positivista quanto à “descoberta” e pontualidade de uma teoria científica.

Já o livro LD59, traz um capítulo específico para explicar o desenvolvimento da genética molecular e por consequência as mudanças decorrentes desse processo. A seção do livro, intitulada “Do genótipo ao fenótipo como se expressam os genes” faz um levantamento histórico da constituição da genética molecular e relaciona as mudanças que ocorreram no entendimento desses termos com todas essas variações.

### **5.2.3 Programabilidade de saber**

Este elemento da transposição didática incide em sequenciar o conteúdo a ser trabalhado com o aluno. Essa programação tem o objetivo de facilitar a aprendizagem. Para este elemento, questionamos “4. Em qual sequência são apresentados os conceitos de genótipo e fenótipo? e se “5. A sequência em que esses conceitos são apresentados atribui significados relevantes aos conceitos anteriores e posteriores?”

O quadro 7 apresenta a disposição dos conteúdos presentes nos livros analisados, a coluna “A” apresenta o título do conteúdo anterior, a coluna “B” apresenta o título do conteúdo onde os conceitos de genótipo e fenótipo são trabalhados, e a coluna “C” apresenta o título do assunto abordado posteriormente.

**Quadro 7:** Análise da dessincronização do saber

<b>Código do livro</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>LD1</b>	“Caracteres e gens. Disjunção de caracteres”	“Dominância. Genótipo e fenótipo. Casos humanos”	“Poli-híbridos e disjunção independente”
<b>LD2</b>	“Planejando as experiências” (Mendel)	“Interpretando os resultados obtidos por Mendel”	“Dominância”
<b>LD3</b>	“Reprodução”	“Hereditariedade”	“Evolução”
<b>LD6</b>	“Desenvolvimento de anfíbios”	“Conceitos básicos de genética”	“Primeira lei de Mendel ou lei da pureza dos gametas”
<b>LD9</b>	Não há conteúdo anterior	“A segregação dos genes”	“Os alelos múltiplos”
<b>LD10</b>	“Síntese de Proteínas”	“Os genes”	“Divisão Celular”
<b>LD13</b>	“O desenvolvimento embrionário”	“As leis de Mendel”	“A genética depois de Mendel”
<b>LD22</b>	“Algumas aplicações das probabilidades”	“Definições de alguns termos genéticos”	“Exemplos de herança mendeliana em diferentes organismos”
<b>LD26</b>	Não há conteúdo anterior	“Como nasceu a genética”	“O monoibridismo”
<b>LD27</b>	“Reprodução celular”	“Transmissão dos caracteres hereditários”	“Primeira lei de Mendel”
<b>LD34</b>	“Tecido muscular e tecido nervoso”	“Conceitos fundamentais em genética”	“Primeira lei de Mendel”
<b>LD35</b>	“A primeira experiência de Mendel: O monoibridismo”	“A interpretação dos trabalhos de Mendel”	“Problemas de monoibridismo”
<b>LD36</b>	“As bases da genética”	“A primeira lei de Mendel”	“Herança monofatorial”
<b>LD37</b>	“A relação meiose – primeira lei”	“Alguns termos importantes em genética”	“Noções de Probabilidade”
<b>LD49</b>	“A experiência de Mendel”	“A interpretação da Primeira lei de Mendel”	“O cruzamento teste”

<b>LD54</b>	“A importância da Genética”	“O que herdamos de nossos pais”	“Transmissão dos genes entre as gerações”
<b>LD58</b>	“Câncer de Mama e de colo de útero”	“A primeira lei de Mendel”	“Ausência de dominância”
<b>LD59</b>	“Lei da segregação genética”	“Relação entre genótipo e fenótipo”	“Lei da segregação independente dos genes”
<b>LD63</b>	“Monoibridismo com dominância completa”	“Proporções mendelianas com dominância”	“Monoibridismo sem dominância”

**Fonte:** Dados da Pesquisa.

Os livros apresentam divergências na disposição dos saberes, entretanto, de maneira geral, as sequências de conteúdos anteriores e posteriores são correlacionadas com o conteúdo intermediário, que é onde se situa a apresentação dos conceitos de genótipo e fenótipo. Isso permite a compressão desses conhecimentos, de maneiras distintas, mas as formas como foram distribuídas não impede que os conhecimentos sejam trabalhados e compreendidos por alunos e professores.

#### 5.2.4 Publicidade do saber

Este tópico argumenta se o livro apresenta as razões para se estudar determinado conteúdo. Por exemplo, se explica a relevância de se entender um assunto para saber fundamentar opiniões sobre questões sociais, se traz o desenvolvimento científico e tecnológico relacionados a esses saberes, dentre outros. Então, para analisar a publicidade do saber nos livros pesquisados, buscamos responder ao seguinte questionamento: “6. O livro apresenta texto base explicitando a importância e aplicações de entender os conhecimentos de genética?”

**Quadro 8:** Apresenta importância da genética

<b>Código do livro</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
<b>LD1</b>		X
<b>LD2</b>		X
<b>LD3</b>	X	
<b>LD6</b>	X	
<b>LD9</b>		X
<b>LD10</b>		X
<b>LD13</b>		X
<b>LD22</b>		X
<b>LD26</b>	X	
<b>LD27</b>		X
<b>LD34</b>	X	
<b>LD35</b>	X	
<b>LD36</b>		X
<b>LD37</b>	X	
<b>LD49</b>	X	

LD54	X	
LD58	X	
LD59	X	
LD63		X

Fonte: Dados da pesquisa

Foram encontrados os motivos de se estudar a genética em 10 livros: (LD3, LD6, LD26, LD34, LD35, LD37, LD49, LD54, LD58, LD59). Em 9 livros não foram constatadas as razões para se estudar genética, são eles: (LD1, LD2, LD9, LD10, LD13, LD22, LD27, LD36, LD63). Como averiguado, nem todos os livros trazem o motivo pelo qual os alunos precisam compreender os conceitos relacionados à genética.

A seguir são apresentados alguns exemplos dos motivos presentes nos livros para se estudar genética:

*A genética relaciona-se com outras ciências, como por exemplo, com a agricultura e a pecuária, na aplicação em problemas do melhoramento e cultura de plantas e animais, entretanto se relaciona em grau maior com a citologia. (LD6)*

*A hereditariedade está presente até nos mais insignificantes organismos [...] A hereditariedade na espécie humana e nos animais domésticos chamou a atenção dos “sábios antigos desde longa época. (LD26)*

*Mesmo antes de sabermos que o DNA é o material hereditário, a genética já afetava nossas vidas de diversas maneiras. A seleção genética permitiu obter linhagens de animais e de plantas mais produtivas, mais saborosas, mais ricas em vitaminas, mais pobres em substâncias potencialmente tóxicas, etc. atualmente, a produção mundial de alimentos vem aumentando e sua qualidade tem sido aprimorada graças à aplicação de conhecimentos genéticos clássicos. O “melhoramento genético” também foi largamente empregado para obter animais e plantas que nos agradam sob o ponto de vista estético, como as diversas variedades de violetas-africanas e de canários por exemplo. (LD54)*

*A genética ocupa lugar de destaque nas pesquisas biológicas atuais. Considerada fundamental para o desenvolvimento da moderna biotecnologia tem impulsionado setores como a agricultura e a medicina, entre outros. (LD58)*

*[...] a genética, incluindo suas manifestações a longo prazo – biologia evolutiva - é a disciplina integradora de todos os conceitos e informações biológicas. (LD59)*

Justina (2010) destaca que a genética é a subárea da Biologia que apresenta o maior número de modificações nas últimas décadas, tanto nos aspectos tecnológicos quanto nos aspectos conceituais. Ressalta também que “uma das

formas de democratizar o conhecimento em genética é uma efetiva alfabetização científica no ensino médio” (JUSTINA, 2010, p.12), o que ajuda a tornar o estudante um sujeito crítico, capaz de refletir sobre os temas relacionados à genética, quando necessário.

Portanto, a explicação nos livros de Biologia sobre a importância de se estudar genética pode colaborar e despertar o interesse dos alunos pela temática. Visto que, conhecer os motivos de trabalhar com determinado conhecimento, e estabelecer relação entre o conhecimento científico e o cotidiano, pode retirar a falta de significância que os estudantes atribuem, por vezes, ao conhecimento biológico escolar.

### **5.2.5 Envelhecimento moral/biológico**

Neste tópico abordaremos sobre envelhecimento moral/biológico que acontece quando o saber científico não atende aos anseios da sociedade na qual o material didático é direcionado. O conhecimento é modificado para atender aos anseios da sociedade (moral), e quando a ciência interfere obstinada a revelar que existem formas diferentes de entender o que se mostra (biológico), ou seja, por meio de explicações científicas.

Para atender a esse elemento, procuramos responder a duas questões: “7. Ao longo da história o saber é reestruturado (modernizado) para atender a certas demandas sociais?” e “8. Algum conceito relacionado a genótipo e fenótipo é retirado ou adicionado ao longo das reformas?”

Para responder ao questionamento de número sete, com a análise dos livros, destacamos que com o passar do tempo e avanço dos conhecimentos a forma como os conceitos de genótipo e fenótipo foram apresentados variaram e se modificaram. A mudança mais visível ocorreu na forma como os conceitos eram apresentados a partir dos anos 70 com a renovação e transposição do conhecimento científico e social para os materiais didáticos, com a demora de vinte anos. Com o advento do fim da Segunda Guerra Mundial, apresentar o genótipo do indivíduo como determinante do seu fenótipo passou a ser problemático, visto que, o preconceito em parte gerado por esse determinismo genético originou e ainda origina grandes problemas sociais.

Os livros que apresentam essa forma de expressar o conhecimento sobre os conceitos de genótipo e fenótipo, influenciado por outros fatores (que não somente a determinação genética) estão presentes nos livros datados de 1977 (LD13), 1989 (LD27), 1994 (LD36) e 2001 (LD54). Esses livros estão presentes no escopo da análise da transposição didática e a concepção adotada é relatada da seguinte forma:

*O fenótipo é resultado da interação do genótipo com o ambiente. [...] Quanto maior o número de variações ambientais maior o número de fenótipos possíveis. (LD13)*

*Em alguns casos o fenótipo pode ser mudado pelo ambiente. Uma criança que recebeu dos pais os genes que condicionam a característica de canhota, pode aprender a usar a mão direita para escrever, por insistência dos pais ou professores. Neste caso, ela mudou o seu fenótipo, mas não o seu genótipo. (LD27)*

*O fenótipo pode ser expresso pela seguinte relação: Fenótipo = genótipo + ambiente. Essa relação pode ser mostrada quando se estuda os gêmeos univitelinos [...] se estes forem separados, o mais cedo possível, e criados por casais diferentes, em meios distintos, com toda certeza apresentarão fenótipos diferentes. (LD36)*

*Os cientistas concluíram que o fenótipo resulta da interação entre o fenótipo e o ambiente. Por exemplo, duas pessoas com exatamente os mesmos genes para cor da pele terão diferentes fenótipos (pele mais clara ou mais escura) dependendo do tempo que cada uma delas fica exposta ao sol. (LD54)*

Nos materiais analisados, verificamos a apresentação do ambiente como fator importante na formação do fenótipo dos indivíduos. Contudo, no LD54 mesmo sendo datado depois dos anos 2000 não existe menção significativa de que o ambiente é um fator importante na expressão gênica, e que, portanto, o genótipo não determina o fenótipo. Ao contrário, neste mesmo capítulo do livro pode ser encontrado indicativos da concepção de que o genótipo é determinante do fenótipo sem mencionar o ambiente interno ou externo ao indivíduo, nem desenvolvimento e as interações de ambos os fatores. Como pode ser percebido no fragmento a seguir:

*As “versões” materna e paterna de cada gene podem não ser idênticas. Um gene que determina a cor da pelagem em ratos, por exemplo, ocorre em duas versões, uma que condiciona pelagem marrom e outra que condiciona pelagem branca; um gene para cor da flor boca de leão também ocorre em duas versões, uma que determina flores vermelhas e outra que determina flores brancas; na espécie humana, um gene que determina o tipo de lobo da orelha também possui duas versões, uma para lobo preso ou aderente (grudado ao rosto) e outra para lobo livre. (LD54)*

Essa forma de pensamento determinista na educação pode gerar grandes problemas. Um desses é apresentado por Becker (2013) e diz respeito à concepção apriorista que alguns professores possuem em relação ao modo que o aluno aprende. Esses docentes entendem que a possibilidade de o aluno aprender ou não é condicionada pela hereditariedade, pelo inatismo ou subordinada ao processo de amadurecimento, porém, de qualquer maneira, é predeterminada, o que relativiza a experiência.

Essa é uma das razões pela qual a oposição à concepção de determinismo genético se faz importante, contudo, pode-se citar vários outros motivos como o preconceito, a formação de estereótipo, a rotulação de sujeitos pela aparência ou condição social, dentre outros.

Também existem outras mudanças decorrentes, em especial, pelo aperfeiçoamento do conhecimento científico, como incluir o desenvolvimento, os meios interno e externo, as reações fisiológicas, dentre outras, considerando-as importantes para a formação do fenótipo e ainda a não restrição do fenótipo à aparência externa do organismo. Essas alterações são destacadas no fragmento a seguir:

*O termo fenótipo é empregado para designar as características morfológicas, fisiológicas ou comportamentais apresentadas por um indivíduo [...] o fenótipo também engloba características microscópicas e de natureza bioquímica [...] o fenótipo resulta da interação do genótipo com o ambiente [...] o fenótipo também se transforma com o passar do tempo. (LD59)*

Para responder ao questionamento de número oito: “Algum conceito relacionado a genótipo e fenótipo é retirado ou adicionado ao longo das reformas?”, elaboramos um quadro onde são elencados os termos que são retirados ou adicionados aos conceitos presentes em cada livro. A relação é do livro anterior para o livro posterior.

**Quadro 9:** conceitos adicionados e retirados dos livros com o passar do tempo

<b>Código do livro</b>	<b>Conceitos adicionados</b>
<b>LD1</b>	Genótipo: conjunto de propriedades genéticas, expressas ou latentes. Fenótipo: aparência exterior.
<b>LD2</b>	Genótipo: “Fórmula Gênica” Fenótipo: Aspecto de um organismo
<b>LD3</b>	Genótipo: A constituição genética. Fenótipo: Sua aparência.
<b>LD6</b>	Genótipo: Constituição hereditária Fenótipo: Aparência do indivíduo [...] expressas na forma, cor, tamanho,

	comportamento tanto externos como internos.
<b>LD9</b>	Genótipo: Material hereditário [...] constituído pelos genes das células. Fenótipo: Todos os caracteres apresentados por um organismo, sejam morfológicos, fisiológicos ou comportamentais [...] podem sofrer transformações com o passar do tempo.
<b>LD10</b>	Genótipo: O conjunto de genes do indivíduo. Fenótipo: Expressão do genótipo.
<b>LD13</b>	Genótipo: Constituição hereditária. Fenótipo: Resultado da interação do genótipo com o ambiente [...] aparência de um indivíduo, ou seja, a soma total de suas peculiaridades de forma, tamanho, cor, comportamento externo e interno.
<b>LD22</b>	Genótipo: Designa a constituição genética do indivíduo. Fenótipo: Todos os caracteres apresentados por um organismo, sejam morfológicos, fisiológicos ou comportamentais [...] o fenótipo de um indivíduo sofre transformações com o passar do tempo [...] está sujeito a alterações determinadas pelo ambiente.
<b>LD26</b>	Genótipo: Constituição genética de um indivíduo. Fenótipo: É expressão da atividade do genótipo, mostrando-se como uma manifestação visível, ou de alguma forma detectável do caráter considerado.
<b>LD27</b>	Genótipo: Conjunto de genes responsáveis por um caráter hereditário. Fenótipo: Expressão do genótipo associada às influências do ambiente.
<b>LD34</b>	Genótipo: O conjunto total de genes de um indivíduo ou cada par de genes em particular. Fenótipo: Conjunto das variáveis dos caracteres manifestados em um organismo. Variável de cada caráter em particular.
<b>LD35</b>	Genótipo: O conjunto de genes. Fenótipo: O conjunto de características morfológicas ou funcionais de um indivíduo.
<b>LD36</b>	Genótipo: É o patrimônio genético de um organismo. Fenótipo: É aparência, o aspecto externo de um indivíduo.
<b>LD37</b>	Genótipo: Pode ser aplicado tanto ao conjunto total de genes de um indivíduo como a cada par de genes em particular. Fenótipo: Pode ser aplicado tanto ao conjunto das variáveis dos caracteres manifestados em um organismo como a variável de cada caráter em particular.
<b>LD49</b>	Genótipo: O conjunto de genes que um indivíduo possui em suas células. Fenótipo: O conjunto de características morfológicas ou funcionais do indivíduo.
<b>LD54</b>	Genótipo: Os tipos de genes que um organismo possui. Fenótipo: As características observáveis de um organismo.
<b>LD58</b>	Genótipo: Constituição genética de um indivíduo. Fenótipo: As características que se manifestam em um indivíduo, sejam elas de ordem morfológica ou fisiológica.
<b>LD59</b>	Genótipo: Refere-se à constituição genética do indivíduo, ou seja, aos tipos de alelos que ele possui. Fenótipo: É empregado para designar as características morfológicas, fisiológicas ou comportamentais apresentadas por um indivíduo [...] o fenótipo também engloba características microscópica e de natureza bioquímica.
<b>LD63</b>	Genótipo: É o patrimônio hereditário, ou seja, um conjunto de genes que um indivíduo recebeu de seus pais. Fenótipo: É a característica presente no indivíduo, decorrentes da manifestação do genótipo. O fenótipo se modifica por alterações do meio ambiente.

**Fonte:** Dados de pesquisa.

Como é evidenciado no quadro 9, os conceitos de genótipo e fenótipo foram alterados de forma significativa com o passar do tempo, visto que, termos foram acrescentados e outros foram retirados para depois serem adicionados novamente. Isso esclarece que a forma como os conceitos são apresentados com o passar do

tempo são modificados, devido a fatores como influências, sociais, econômicas, históricas, desenvolvimento do conhecimento científico, dentre outros.

Todavia, as modificações ocorridas não foram suficientes para que os livros contribuam de forma significativa para a alfabetização científica dos sujeitos, pois continuam, em sua maioria a expressar os conceitos em sua forma molecular clássica. Portanto, ainda há muitas alterações que precisam ser incorporadas a esses materiais com o objetivo de possibilitar aos estudantes uma maior compreensão da complexidade desses conceitos.

Para tanto, é necessária a revisão minuciosa de como se apresentam esses conceitos nos livros didáticos, para que as edições futuras não continuem a reproduzir materiais insatisfatórios no que tange a explicação de conceitos complexos como são os de genótipo e fenótipo.

#### **5.2.6 Fidelidade na textualização do saber**

Esse ponto é referente à fidelidade do saber, se as omissões que existem nos livros didáticos podem prejudicar a compreensão do tema. Omissões essas relacionadas ao processo de construção do saber e até mesmo do saber atualizado.

Com o objetivo de analisar o elemento fidelidade na textualização do saber foi proposta a seguinte questão: “9. Existe a possibilidade de a informação presente no livro trazer confusão do entendimento dos conceitos de genótipo e fenótipo?”. Para responder a esta questão, utilizamos as definições de genótipo e fenótipo aceitas pela comunidade científica nas diferentes épocas condizentes às pesquisas, apresentadas no quadro 1 que resume o conhecimento científico sobre esses conceitos explicitados no capítulo dois.

A disposição do quadro 3 será: a primeira coluna é referente ao código de cada livro, a segunda condiz ao conhecimento aceito em cada época e já a terceira indica como o conhecimento é apresentado no livro. Sabe-se que a construção do conhecimento não ocorre em um período específico, contudo, o que apresentaremos serão os saberes mais evidentes e pesquisados em cada momento.

**Quadro 10:** Comparação entre o conhecimento da época com as informações apresentadas nos livros.

<b>Código do</b>	<b>Conhecimento aceito na época de</b>	<b>O que aparece no livro</b>
------------------	--	-------------------------------

livro	publicação do livro	
LD1	<b>Transmissão</b> - Os filhos são semelhantes aos pais. Não há separação da herança biológica de outros tipos de herança, como: social, econômica, etc. tampouco há distinção entre genótipo e fenótipo.	O livro apresenta os conceitos de forma determinista como se verifica no seguinte trecho: “no exemplo da <i>Mirabilis jalapa</i> , a geração F <sup>2</sup> mostra três possíveis genótipos: VV, Vv e vv; cada genótipo corresponde a um fenótipo: vermelho, róseo, branco”. Como pode ser percebido nesse fragmento não há espaço para interferências nas aparências fenotípicas das flores. Entretanto nesta época, 1955, muitos cientistas acreditavam que o genótipo determinava o fenótipo, apesar de já existir controvérsias como Waddington que já apresentava indícios de que o ambiente influenciava na formação do fenótipo. Mas de maneira geral o livro condiz com sua época de publicação.
LD2	<b>Molecular Clássico</b> - O genótipo é o conjunto de genes, sequências de DNA, presentes nos cromossomos, que codificam a produção de um polipeptídeo ou RNA, determinando as características fenotípicas.	O livro apresenta a informação de forma determinista com o genótipo determinando o fenótipo, como explicitado neste fragmento: “Se apresentarmos por <u>A</u> o alelo que determina sementes lisas e por <u>a</u> o alelo que determina sementes rugosas [...]”. No entanto, na época de publicação do livro, 1967, já havia a compreensão de que o ambiente atuava na constituição do fenótipo. Apesar de ainda ser muito forte a compreensão molecular clássica.
LD3		O livro apresenta o genótipo como determinante do fenótipo como se verifica em: “O gene que determina flores terminais [...]” como se percebe nesse discurso, o livro expõe o conteúdo de forma determinista.
LD6		A possibilidade de compreensão equivocada pode ser estabelecida por não explicitar as interferências externas e internas na constituição do fenótipo, pois somente apresenta o que significa os conceitos de forma mais ampla que os anteriores mas ainda limitada. Porém, nesse período de 1970, já era desenvolvida a compreensão dessas interferências.
LD9	<b>Genótipo + Ambiente = fenótipo</b> - O genótipo é o conjunto de unidades de herança que são os genes – fragmentos de DNA. E o fenótipo é a manifestação do genótipo sob a influência ambiental.	Apesar do livro apresentar explicação mais contundente aos conceitos de genótipo e fenótipo, ainda limita o fenótipo a uma determinação do genótipo como “O aparecimento das características fenotípicas, durante o crescimento e desenvolvimento do organismo, deve-se ao material hereditário contido em suas células”. Apesar disso, no decorrer da explicação apresentam os fatores ambientais como possíveis interferências na constituição do fenótipo “Por outro lado, fatores ambientais podem, também, alterar o fenótipo de um organismo”. Como é pode ser percebido, essa dualidade em expressar os conceitos pode gerar confusão na compreensão que os alunos constroem com relação a esses conhecimentos.
LD10		Este material didático também apresenta o genótipo de forma determinista, o que pode acarretar na compreensão equivocada desse conhecimento, como pode ser percebido no fragmento “Essas características, que nada mais são do que a expressão do genótipo, constitui o fenótipo do indivíduo”. No período de 1976, época da publicação deste livro, a compreensão desses conceitos pela comunidade científica já se encontrava bastante desenvolvido e já havia outras explicações que ampliavam a compreensão desses conceitos, entretanto, no material impera ainda a visão determinista.
LD13		O livro apresenta a ideia de que cada característica é estabelecida mediante a interação de um único gene com o ambiente como descrito em: “O que o indivíduo herda é o genótipo e não o fenótipo. Por exemplo, não herda a cor azul dos olhos e sim o gene que tem a potencialidade de, em determinadas condições ambientais, condicionar o caráter

		citado". Atualmente, sabe-se que não é somente um gene que estabelece a cor dos olhos, assim como outras características fenotípicas, mas sim vários genes que interagem entre si e com as interferências internas e externas ao organismo.
LD22	<p><b>Perspectiva Evolutiva</b> - O genótipo é o conjunto de unidades de herança (Fragmentos de DNA) que competem pela sobrevivência e pela sua propagação, mediante a expressão fenotípica.</p>	A forma como apresenta a explicação para os conceitos é limitada quanto às interferências que a constituição do fenótipo pode sofrer. Conquanto, da forma que está presente no livro relativiza a compreensão e utilização desses conceitos, deixando aberto o entendimento do conhecimento de forma mais ampla, como nesta frase "Podemos usar o termo genótipo para designar todo o conjunto gênico de um indivíduo ou para nos referirmos apenas um ou alguns pares de genes que nos esteja interessando no momento".
LD26		Apesar de o livro datar de 1988, época em que a compreensão desses conceitos já se encontrava bem desenvolvidas, ainda apresenta os conceitos de forma determinista, como destacado: "Já o fenótipo é a expressão da atividade do genótipo, mostrando-se como a manifestação visível ou de alguma forma detectável do caráter considerado".
LD27		Apesar de o livro apresentar somente fatores externos ao organismo como possíveis interferências à expressão fenotípica, o material não apresenta possíveis compreensões distorcidas dos conceitos, é um pouco limitada. Por outro lado, traz um exemplo que pode despertar interesse dos alunos, e embaixo apresenta a seguinte descrição "Produtos químicos e cirurgia podem provocar alterações no fenótipo de um indivíduo calvo".
LD34	A partir da década de 1990 muitas pesquisas foram desenvolvidas e possibilitaram a compressão mais aprofundada da construção tanto do genótipo quanto do fenótipo. Desta forma, aqui serão apresentados os modos como essas pesquisas entendem esses termos e suas relações.	Este material apresenta uma explicação bem satisfatória dos conceitos de genótipo e fenótipo apesar de ainda haver algumas limitações na elucidação, o seguinte trecho demonstra um pouco da amplitude da explicação apresentada no livro "O genótipo nem sempre determina um só fenótipo, pois um mesmo genótipo pode-se expressar diferentemente, dependendo do meio em que o animal se encontra". Como se percebe nesse fragmento, apesar de a explicação ainda ser limitada quanto às interferências a que a constituição do fenótipo sofre, é possível perceber um avanço, visto que, existe o fundamento de que um mesmo genótipo pode expressar diferentes fenótipos.
LD35	<p><b>Epigenética</b> - Envolve todas as mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional que não alteram a sequência de nucleotídeos do DNA. Inclui o estudo de como os padrões de expressão são passados para os descendentes; como ocorre a mudança de expressão espaço temporal de genes durante a diferenciação de um tipo de célula e como fatores ambientais</p>	O livro apresenta certas limitações como não dizer as interferências que podem existir na constituição do fenótipo e do genótipo. Apesar disso, explicita várias notas ao lado das páginas que trazem explicações sobre os termos que amplia a compreensão de quem utilizar o material. Ainda que não traga especificamente na parte de genótipo e fenótipo que esses sofrem interferências, traz o esclarecimento de que é o gene e faz relação com esses conceitos, tem interferências externas em sua expressão como se verifica na seguinte frase "No desenvolvimento de um indivíduo, o potencial genético (genótipo) recebido dos pais não é o único fator em jogo. O meio ambiente também exerce influência na formação das características (fenótipo)". Ou seja, na descrição dos conceitos não apresenta o ambiente como fator importante, o que pode gerar entendimentos confusos pelos alunos na compreensão dos conhecimentos relacionados aos conceitos de genótipo e fenótipo.
LD36		O livro traz a explicação de que o ambiente influi na formação do fenótipo "fenótipo = genótipo + meio ambiente", mas não aprofunda explicação das interferências. No que se refere à

	podem mudar a maneira como os genes são expressos. Existem três mecanismos principais de alterações epigenéticas: metilação do DNA, modificações de histonas e ação de RNAs não codificadores.	compressão do fenótipo limita as características externas “Fenótipo é a aparência, aspecto externo de um indivíduo. O fenótipo representa a soma de todas as características observáveis em um organismo”.
LD37	<b>Processual</b> - Processo que integra uma ou mais sequências de ácidos nucleicos (DNA ou RNA), correspondendo a um produto (polipeptídeo ou RNA), mas que só é definida num determinado contexto de um sistema.	É explicitado no material didático que “O genótipo determina, portanto, uma escala de variação fenotípica para o indivíduo, sendo que o meio ambiente determina em que ponto dessa escala o indivíduo está”. E ainda “O meio não é somente o ambiente externo ao corpo do indivíduo. É também tudo o que cerca os cromossomos: o nucleoplasma, o citoplasma, o corpo do organismo”. Como se percebe a explicação é ampla apesar de haver dubiedade na utilização da palavra determina.
LD49	<b>Genótipo + ambiente + organismo = fenótipo</b> - Em uma visão sistêmica o genótipo é o conjunto de indicativos físico-químicos do desenvolvimento, internos ao organismo que permitem a construção do mesmo em caminhos que seu fenótipo se assemelhe às gerações anteriores, dependendo das interações ambientais. O fenótipo é a característica aparente de um organismo em um determinado momento do desenvolvimento, fruto das interações entre herança genotípica (indicadores do desenvolvimento), ruídos do desenvolvimento (aspectos aleatórios do desenvolvimento), herança ambiental, aspectos aleatórios do ambiente e ação do organismo sobre seu ambiente.	Apesar de o livro datar de 1999, apresenta a explicação dos conceitos de genótipo e fenótipo bastante restrita. Usa um exemplo bem limitado para explicar como o genótipo manifesta-se no fenótipo “Para o caso da cor da ervilha, se a ervilha apresenta dois genes V no par de homólogos, ela terá genótipo VV e fenótipo ervilha amarela. Se apresentar dois genes v, terá genótipo vv e fenótipo ervilha verde. Caso apresente o gene V num cromossomo e v no outro, ela terá genótipo Vv ervilha amarela, uma vez que o gene para cor amarela da ervilha é dominante”. Como se percebe o livro não abre espaço para questionamentos, explicita os conteúdos de forma determinante.
LD54		O livro apresenta o fenótipo como o resultado da interação entre o genótipo e o meio ambiente “os cientistas concluíram que o fenótipo resulta da interação entre o genótipo e o ambiente” e se limita a explicações simplistas desta influência como o caso dos coelhos himalaia e gatos siameses que a cor da pelagem modifica conforme a variação de temperatura. Para sua época de publicação, 2001, o livro é bastante restrito e simplista em suas explicações.
LD58		O livro se restringe a explicação de que existe a interação entre o genótipo e o ambiente para formar as características fenotípicas que estão além da aparência do indivíduo “[...] fenótipo as características que se manifestam em um organismo, quer sejam elas de ordem morfológica quer fisiológica”. Entretanto, não vai além dessas explicações como demonstra esse trecho “De fato, muitas vezes a influência ambiental pode determinar a manifestação de um fenótipo diferente daquele “programado” pelo genótipo”.
LD59		O livro é bem amplo em sua explicação da forma como é expresso o fenótipo dos indivíduos, pois apresenta o fenótipo como resultado da interação com o ambiente juntamente com o desenvolvimento do organismo: “O fenótipo também se transforma com o passar do tempo; diversas características de uma pessoa, por exemplo cor dos cabelos, textura da pele etc., modificam-se com a idade”. Deste modo, as explicações presentes neste livro podem amplificar a compreensão dos conhecimentos envolvidos na explicação dos conceitos de genótipo e fenótipo.
LD63		Apesar de o livro datar de 2006, apresenta uma visão bastante limitada e determinista dos conceitos de genótipo e fenótipo, pois entende que o ambiente interfere na manifestação do genótipo, mas essa interferência é bem limitada e afirma que não pode ser transmitida aos descendentes, para isso usa um exemplo bastante simplista “fenótipo é a característica presente no indivíduo, decorrente da manifestação do genótipo. O fenótipo se modifica por alterações do meio

		ambiente. Não tem função na constituição de descendência. Exemplo: uma cicatriz no rosto de uma pessoa, não é transmissível aos seus filhos”. Essa explicação limita bastante a possibilidade de expansão da compreensão da complexidade desses termos.
--	--	---

**Fonte:** Dados de pesquisa

Como pode ser percebido com a análise explicitada no quadro acima, os livros didáticos estão evoluindo quanto a atualização e expansão da compreensão dos conceitos de genótipo e fenótipo. Porém, mesmo em livros mais recentes, datados a partir de 1990, evidenciamos a apresentação desses conceitos de forma bastante limitada, o que pode comprometer o aprendizado dos alunos que utilizarem desses materiais, se não forem corrigidas e ampliadas essas explicações pelos professores.

Como se sabe “[...] ao analisar os conteúdos presentes nos livros didáticos as pesquisas apontam conhecimentos considerados distantes com relação ao conhecimento científico” (FRANZOLIN; BIZZO, 2007, p.2). Contudo, ao analisar a fidelidade na textualização do saber presente nos livros didáticos quanto aos conceitos de genótipo e fenótipo, detectamos que os conhecimentos apresentados nos livros não eram distantes dos conhecimentos científicos, obviamente eram explicitados de forma mais simplificada. Mas, o problema maior percebido nesta análise foi a descontextualização desses conceitos, pois os livros, de maneira geral, apresentam concepções de outros períodos, ou seja, não são condizentes aos conhecimentos atualizados para sua época de publicação.

### **5.2.7 Criações didáticas**

São criações elaboradas com o intuito de facilitar a aprendizagem de conceitos complexos, como imagens, esquemas, quadros explicativos, dentre outros.

Com o intuito de analisar se o livro possui esses instrumentos facilitadores da aprendizagem quando relacionado aos conceitos de genótipo e fenótipo, utilizamos o seguinte questionamento: “10. Os livros apresentam instrumentos representativos para facilitar a compreensão dos conceitos de genótipo e fenótipo?” E ainda com o intuito de possibilitar melhor compressão dessas criações didática questionamos caso: “11. Se apresentam, quais as criações e quais as implicações para a compreensão ou distorções dos conceitos?”.

O quadro 11, tem o intuito de responder à questão 10, explicita se o livro possui ou não criações didáticas para auxiliar a aprendizagem dos conceitos de genótipo e fenótipo.

**Quadro 11:** Análise criações didática

<b>Código do livro</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Descrição</b>
LD1	X		Para exemplificar a dominância dos caracteres o livro usa o cruzamento entre um rato branco e um preto.
LD2	X		O livro usa o exemplo de cruzamentos para ilustrar os resultados das pesquisas de Mendel.
LD3		X	Não identificado
LD6		X	Não identificado
LD9	X		O livro usa o exemplo da coloração dos pelos dos coelhos himalaia para explicar a interferência do ambiente nas características físicas dos indivíduos.
LD10		X	Não identificado
LD13	X		Faz uso do caso dos coelhos himalaia para representar a interferência do ambiente nos fenótipos dos sujeitos.
LD22	X		Usa as criações didáticas para exemplificar diferentes fenótipos e cruzamentos.
LD26	X		Utiliza criações didáticas para facilitar a compreensão dos tipos de interações existentes entre os genes que possibilitam determinados fenótipos.
LD27	X		Utiliza as criações didáticas para facilitar a compreensão de como o genótipo em conjunto com o ambiente expressa o fenótipo.
LD34	X		O livro usa das criações didáticas para ilustrar os exemplos de como o fenótipo pode ser expresso.
LD35	X		Utiliza de criações didáticas para ilustrar o genótipo e o fenótipo dos indivíduos.
LD36	X		Usa ilustrações com o objetivo de facilitar a compreensão de como seria o genótipo.
LD37	X		Usa ilustrações para demonstrar a manifestação do fenótipo quando o genótipo age em interação com o ambiente.
LD49		X	Não identificado
LD54	X		Utiliza vários exemplos para ilustrar os diferentes fenótipos existentes para uma mesma característica.
LD58	X		Usa ilustrações para exemplificar resultados de cruzamento e auto cruzamentos com o intuito de facilitar o entendimento dos conceitos de genótipo e fenótipo.
LD59	X		Usa diversos exemplos para ilustrar os vários fenótipos existentes para diversas características.
LD63	X		O livro apresenta exemplos para elucidar as proporções mendelianas com ilustrações dos genótipos e os fenótipos.

**Fonte:** Dados da pesquisa

Com relação a questão 11 será realizada a disposição e análise das criações didáticas existentes nos livros que estão sendo estudados. O livro LD1 apresenta criação didática para explicar como ocorre a interação de genótipos diferentes exemplificando com imagens a geração parental, a F1 e a F2, como se observa na Figura 1.

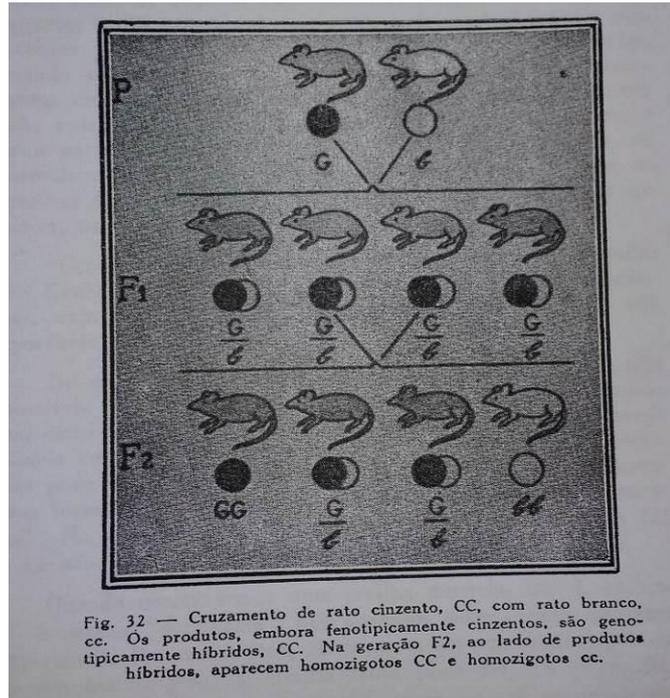


Figura 2: Imagem retirada do livro LD1

O livro LD2 apresenta três esquemas com ilustrações (imagem A, B e C) que objetivam demonstrar como as leis de Mendel podem ser representadas com os cruzamentos e os fenótipos dos parentais e suas possíveis gerações.

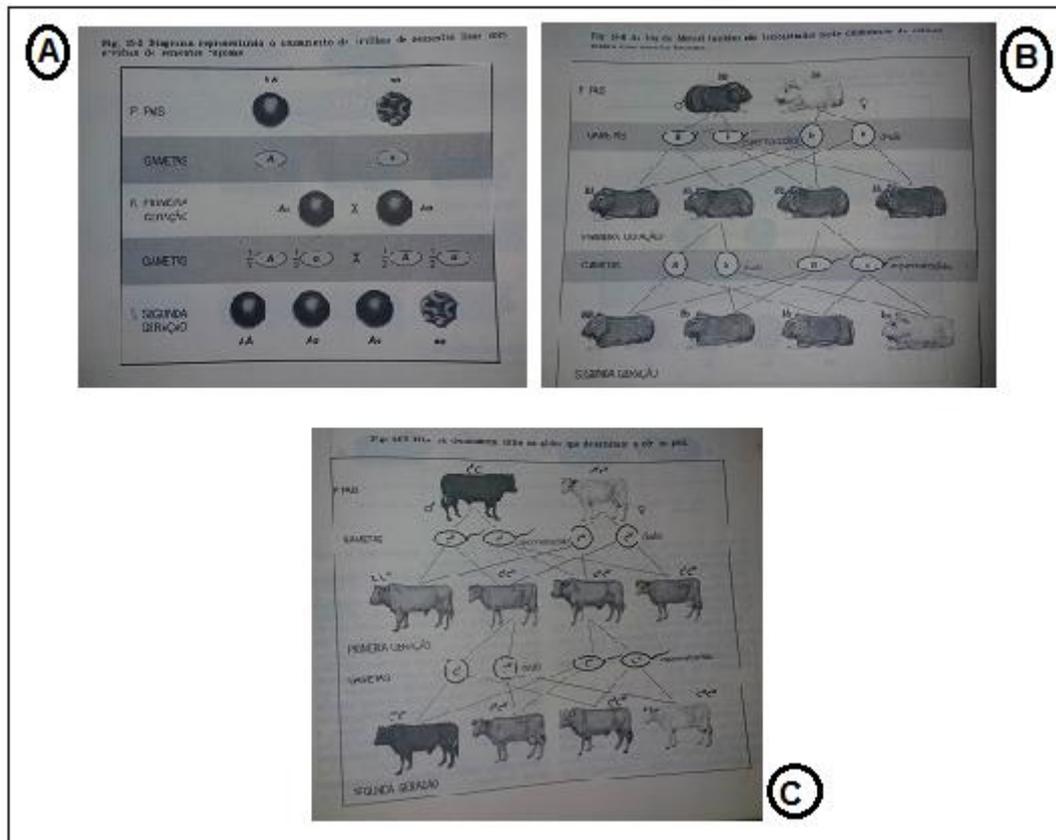


Figura 3: Representações de LD2

O livro LD9 traz ilustrações (imagem A e B) para explicar como o ambiente pode interferir nas características fenotípicas dos indivíduos, para isso utiliza o exemplo dos coelhos himalaia que dependendo da temperatura expressam colorações diferente dos pelos.

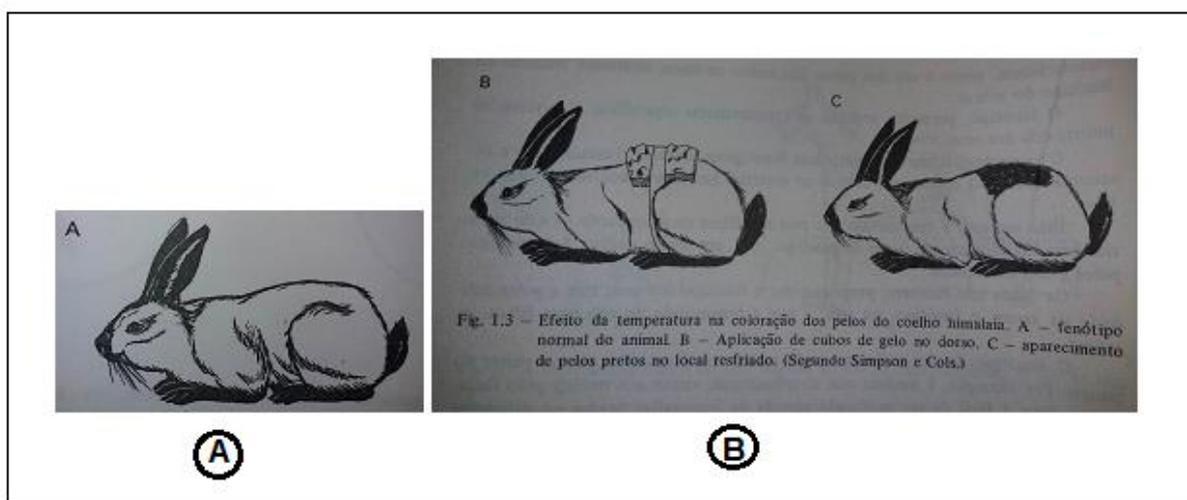


Figura 4: Representações de LD9

Em LD13 também se verifica a exemplificação da coloração dos pelos dos coelhos himalaia condicionados a variação de temperatura para demonstrar como o

ambiente pode interferir nas características fenotípicas como demonstrado na Figura 7.

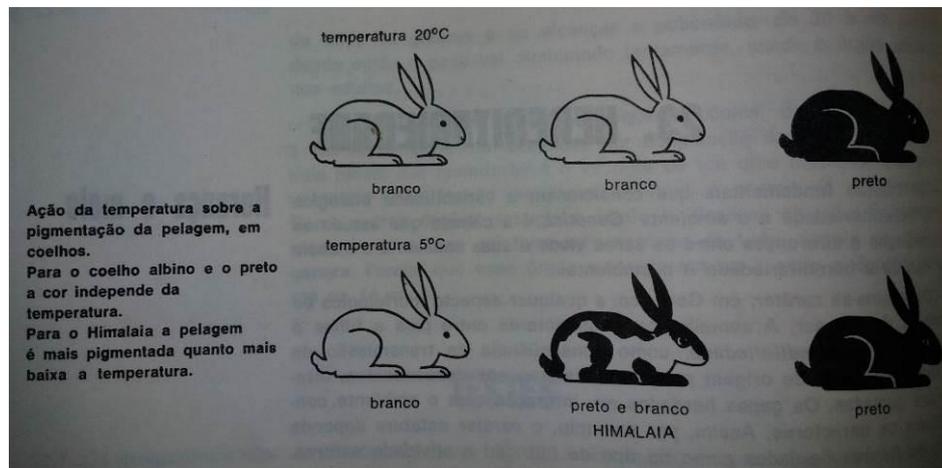


Figura 7: Representação LD13

Em LD22 pode se observar três criações didáticas relacionadas a genótipo e fenótipo, sendo duas para demonstrar as variações fenotípicas de uma mesma característica e uma para demonstrar como os cruzamentos ocorrem para resultar em um determinado fenótipo nos indivíduos, como observado nas imagens A, B e C da Figura 8.

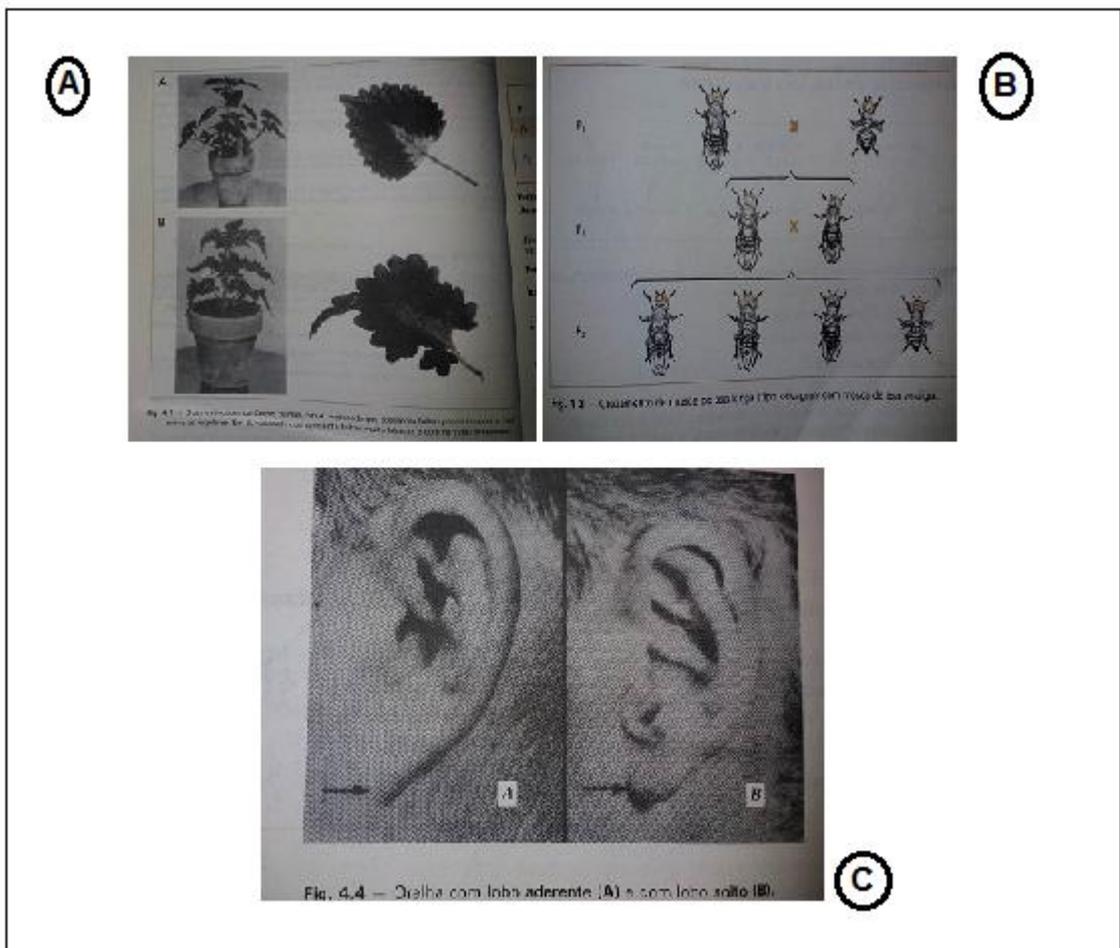


Figura 8: Representações de LD22

O exemplar LD26 apresenta criações didáticas para exemplificar como ocorrem os cruzamentos e seus resultados em ilustrações fenotípicas, e ainda dispõe de quadros explicativos para facilitar a compreensão das leis de Mendel como se observa nas imagens A, B, C e D.

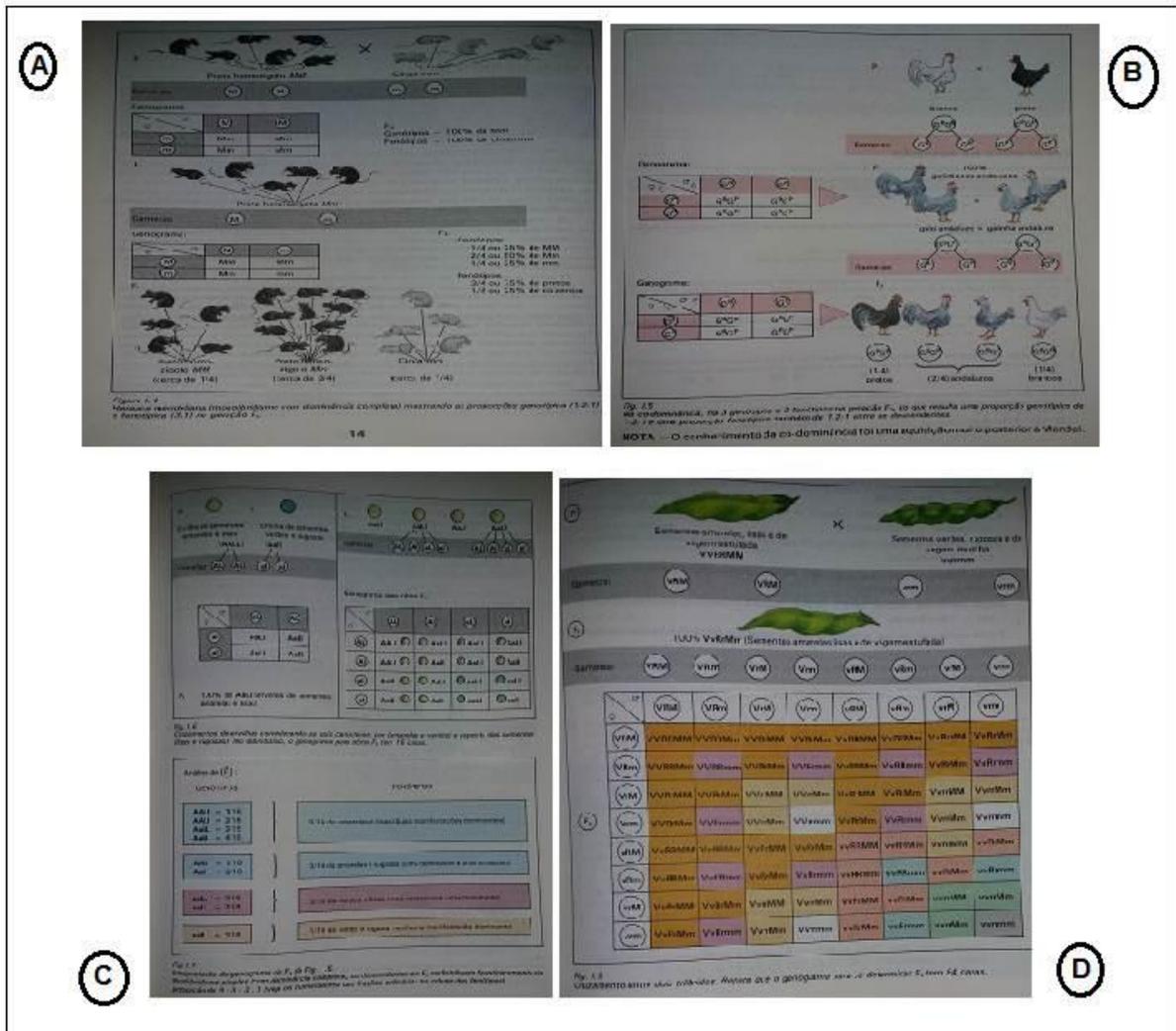


Figura 9: Representações de LD26

Em LD27 é possível observar criações didáticas destinadas a demonstrar como o ambiente pode interferir nas características fenotípicas. Para isso, faz uso de uma imagem e um quadro ilustrativo dispostos nas imagens A e

B.

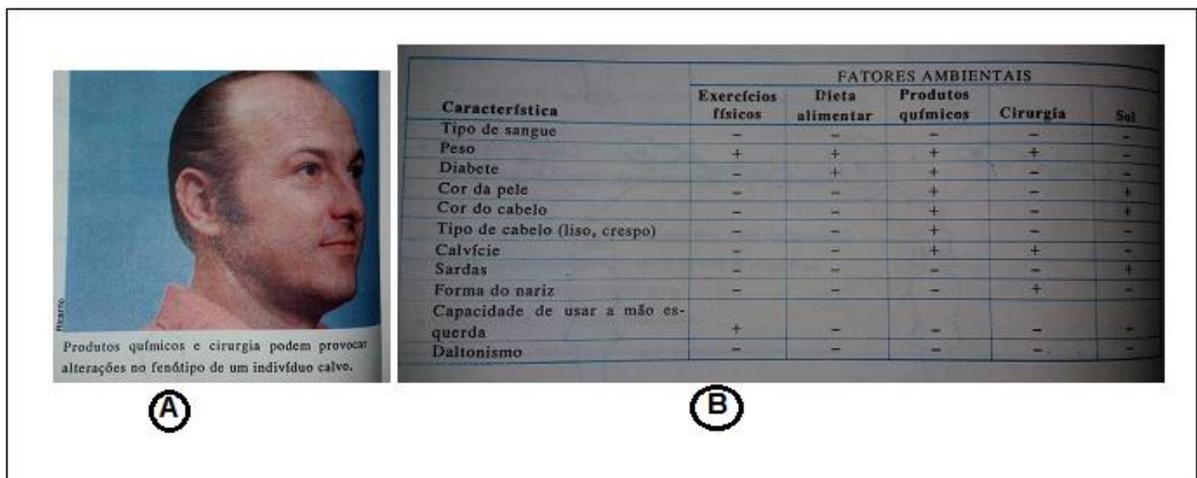


Figura 10: Representação LD27

O livro LD34 apresenta ilustrações para demonstrar como o genótipo pode ser expresso em diferentes fenótipos, dependendo das condições ambientais e do desenvolvimento dos organismos, e ainda traz um quadro exemplificando como as diferentes cores de olhos podem ser expressas. Isso pode ser observado nas criações didáticas dispostas na Figura 11 abaixo.

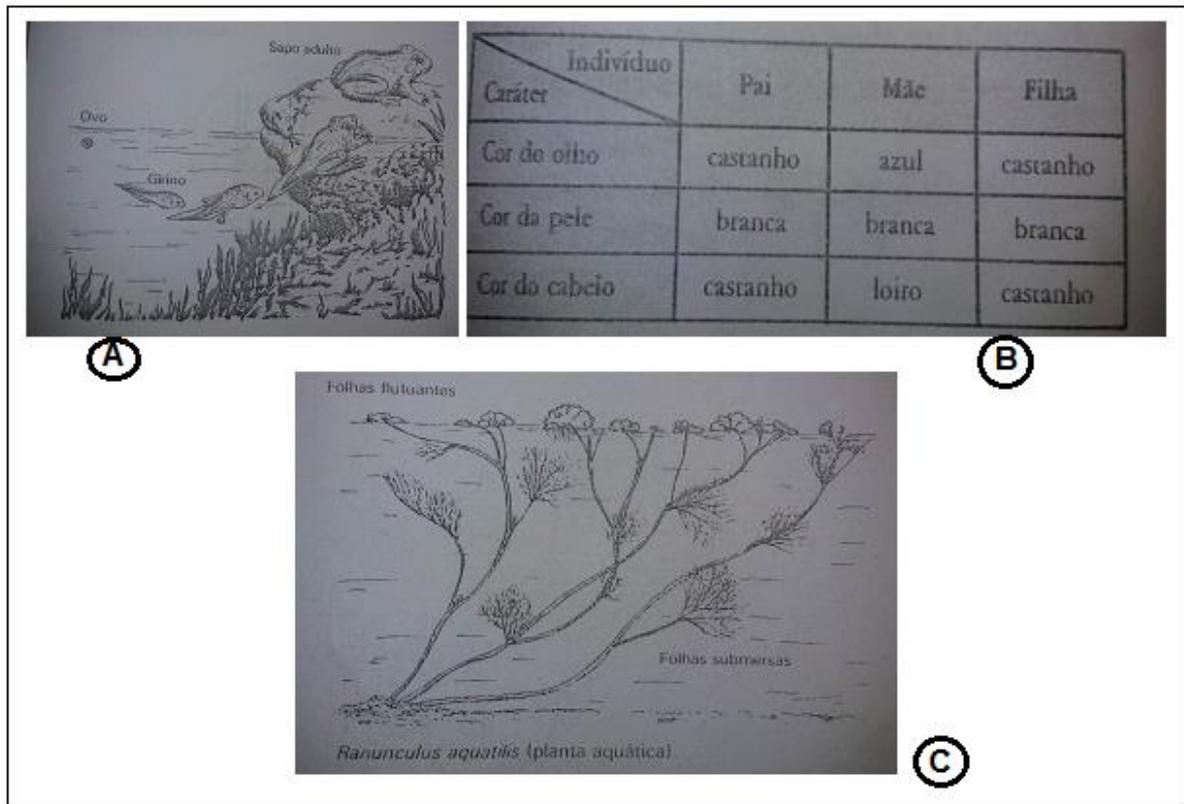


Figura 11: Representações de LD34

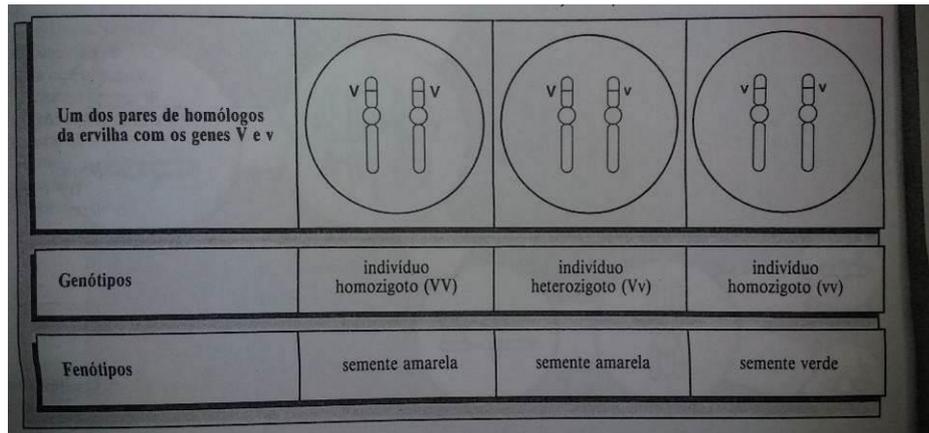
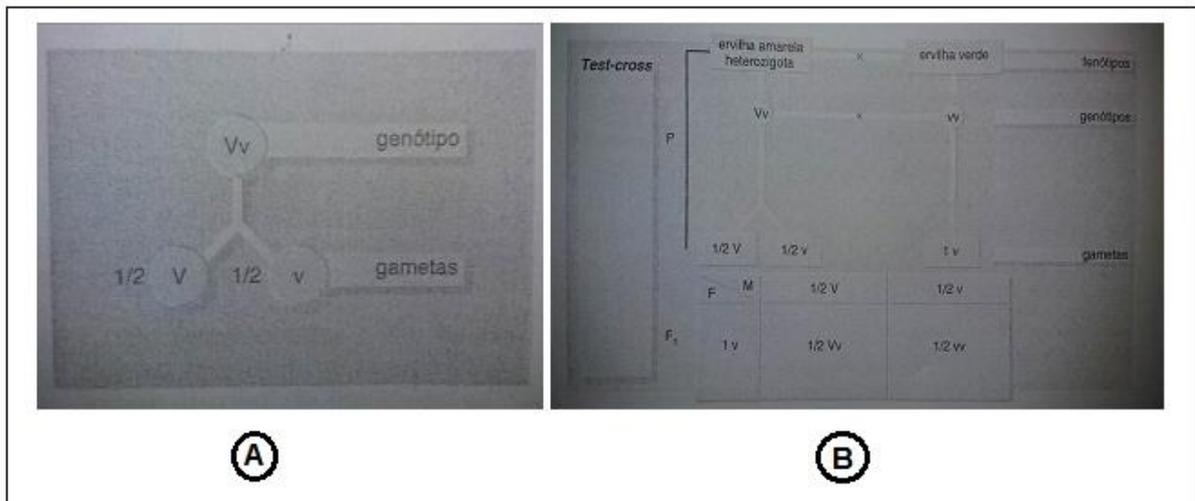


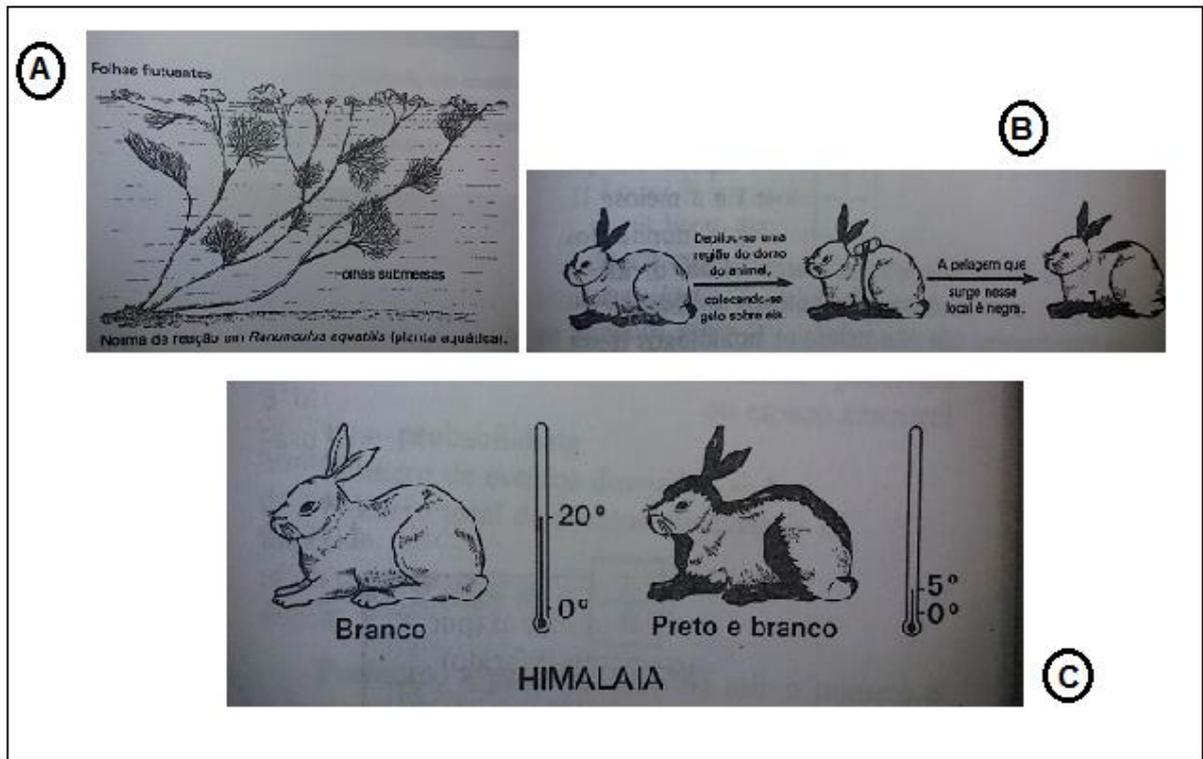
Figura 12: Representação LD35

O livro LD36 apresenta esquemas que objetivam facilitar a compreensão dos leitores quanto aos conceitos de genótipo e fenótipo e como essas características são repassadas aos descendentes. Como pode ser observado nas imagens A e B.



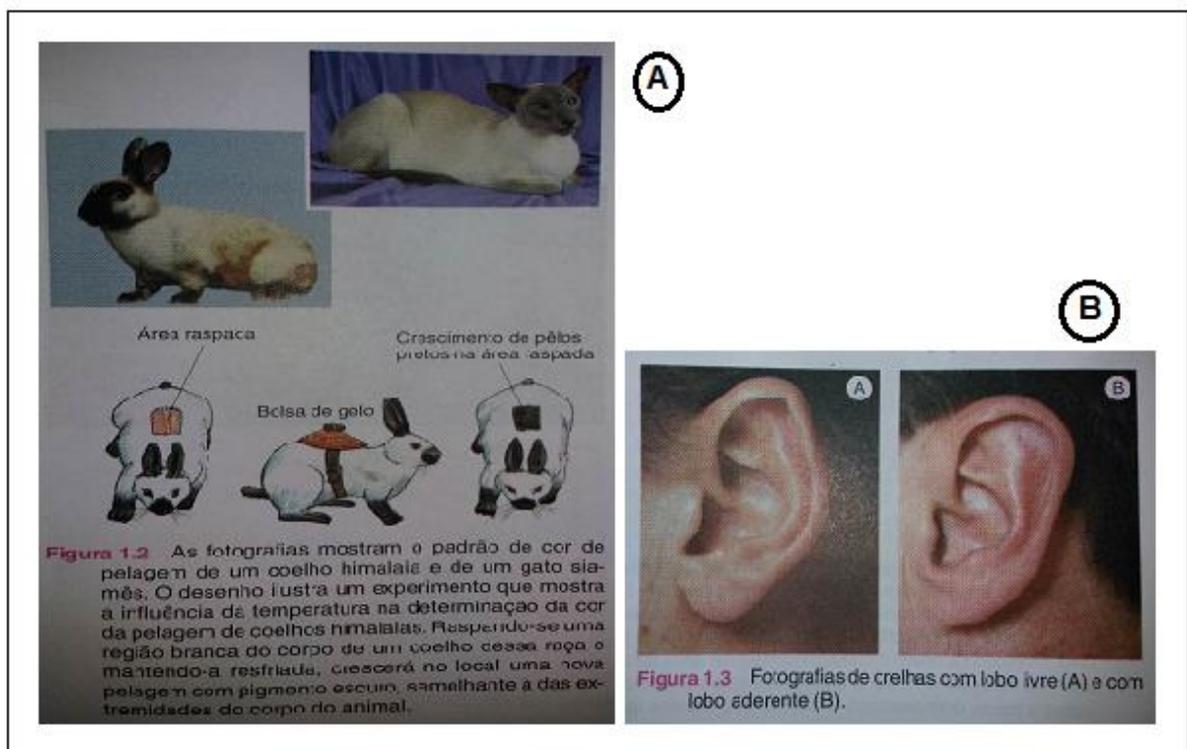
Figuras 13: Representações de LD36

No LD37 se identificam as criações didáticas para representar como o ambiente pode interferir no desenvolvimento fenotípico dos indivíduos, para isso exemplificam com a planta aquática *Ranunculus aquatilis* (imagem A) e com os coelhos himalaia e a coloração do pelo com a variação de temperatura (imagem A, B e C).



Figuras 14: Representações de LD37

O livro LD54 apresenta o exemplo do coelho himalaia e do gato siamês na imagem A, e a expressão fenotípica de genótipos dominantes e recessivos quanto ao lobo auricular (imagem B) para exemplificar como os genótipos podem ser expressos de formas diferentes.



Figuras 15: Representações de LD54

O livro LD59 apresenta muitas criações didáticas com o objetivo de facilitar a compreensão dos conceitos de genótipo e fenótipo e como essas características podem ser transmitidas aos seus descendentes. Ainda, traz exemplos de características que são expressas somente em determinadas condições para o leitor entender que existe muita variabilidade genética e fenotípica, como se pode observar nas figuras 16 e 17.

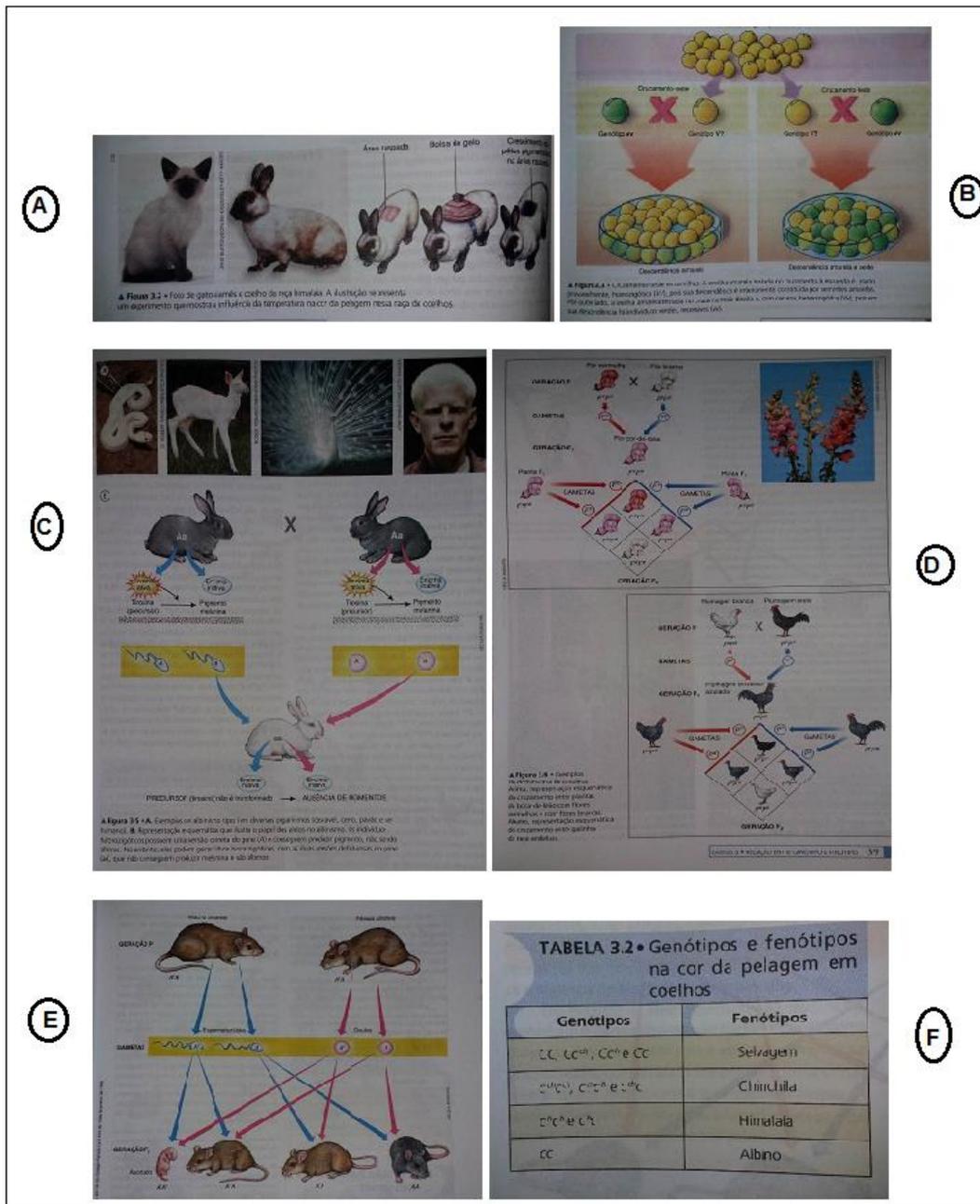


Figura 16: Representações de LD59

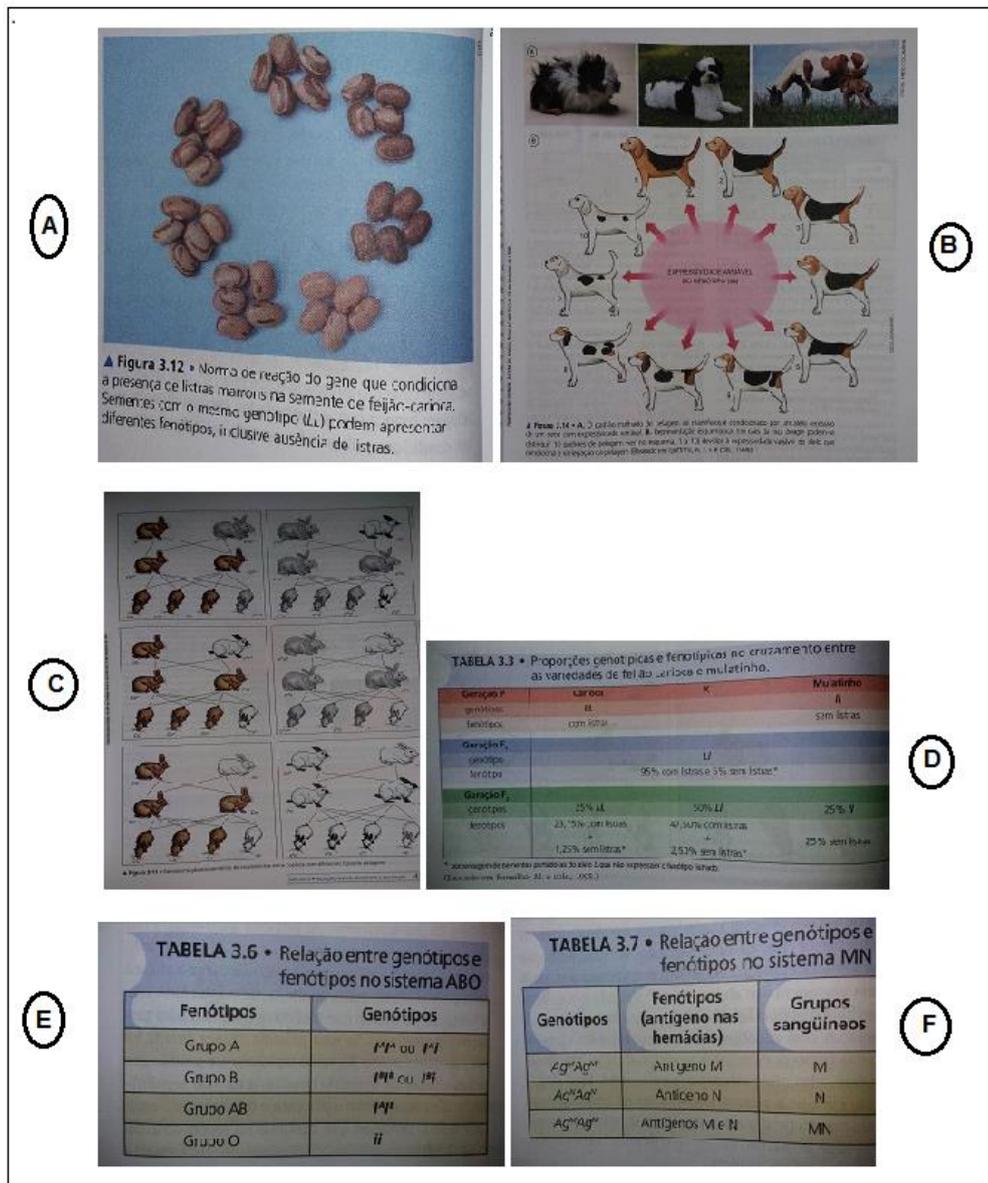


Figura 17: Representações de LD59

O livro LD63 apresenta representações para a compreensão de que existem possibilidades diferentes para o resultado do cruzamento entre determinadas características parentais, como exposto na imagem A dentro do tópico “proporções mendelianas com dominância” e a imagem B no tópico “monoibridismo sem dominância”.

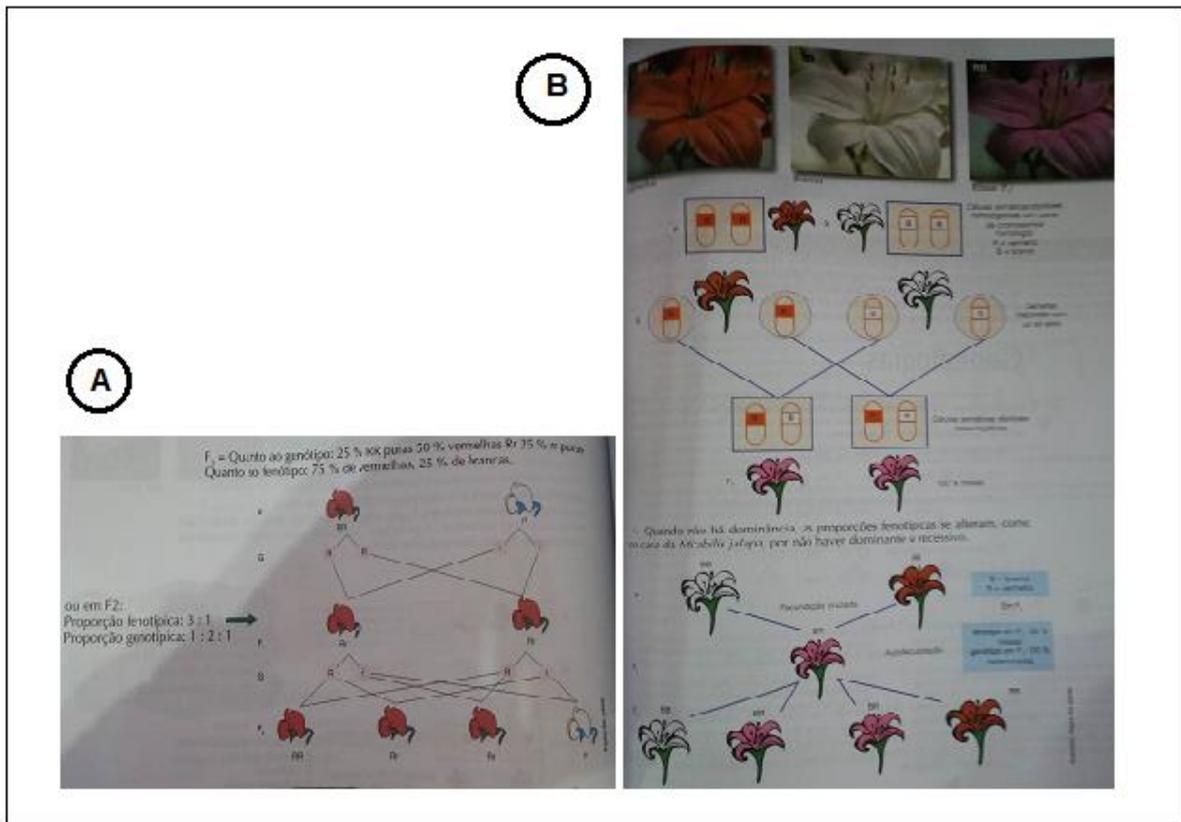


Figura 18: Representações de LD63

Ao analisar as criações didáticas existentes nesses materiais, averiguamos que as representações apresentadas pelos livros trazem exemplos interessantes para se compreender o tema. Entretanto, em sua maioria os livros trazem representações simplistas para explicar os fenômenos associados às expressões fenotípicas.

Também, se percebe que os cruzamentos resultam na maioria dos livros em fenótipos exatos, desconsiderando a ação do desenvolvimento e do ambiente dos organismos. Porém, atualmente sabe-se que as expressões fenotípicas não são exatas, visto que há uma série de fatores como alimentação, nutrientes, temperatura, quantidade fluvial, dentre outros, que interferem e podem modificar as características apresentadas por esses indivíduos.

Outro fator importante a se perceber é que em sua maioria os fenótipos apresentados se restringem às características externas que podem ser observadas pela visão, alguns livros ainda citam as características de tipo sanguíneo, mas nenhum cita o comportamento social, por exemplo, como um fenótipo resultante das

interações sociais a que está submetido. Isso gera a compreensão de que a genética do indivíduo determina quem/como o sujeito irá se apresentar/expressar.

Deste modo, a maioria das imagens/representações reforçam a compreensão de que os indivíduos são determinados pelo seu código genético, como destacado por Consolaro (2009, p.14):

A criação do conceito de gene acabou por gerar o determinismo genético: as características dos seres vivos são determinadas por unidades hereditárias chamadas genes. Esse conceito, por ser muito incisivo e fechado, acabou por ser dogmaticamente utilizado. A transmissibilidade das características de um ser para outras gerações não depende exclusivamente dos genes; devemos considerar a célula como um todo – com o seu citoplasma, suas mitocôndrias e o material genético que carrega em sua estrutura – assim como o organismo como um todo, e a complexidade do meio ambiente.

Como constatado nessa citação, não se pode mais pensar no genótipo como o único responsável pelas características fenotípicas. Desta forma, as criações didáticas não devem reforçar essa ideia, visto que, esse determinismo foi um dos influenciadores de muitos preconceitos sociais existentes, até mesmo hoje, como a ideia de raça humana.

### 5.2.8 A dialética antigo/novo

Quando se estabelece relação entre conhecimento antigo com conhecimento mais atualizado, apresenta as relações dos conhecimentos históricos para os conceitos e faz relação com o conhecimento atualizado.

Com o intuito de analisar o elemento da transposição didática antigo novo buscamos responder o seguinte questionamento “12. O livro didático faz uma abordagem de algum processo de desenvolvimento histórico no capítulo em que apresenta os conceitos de genótipo e fenótipo relacionando com o conhecimento de cada época? Se faz, de que forma isso ocorre?”.

**Quadro 12:** Se livro aborda o conhecimento histórico dos conceitos de genótipo e fenótipo.

Código do livro	Sim	Não	Como o livro apresenta
LD1	X		Relata brevemente sobre os estudos de Mendel.
LD2	X		Destaca os estudos e contribuições de Mendel para a genética.
LD3	X		Faz um breve relato da história do estudo da hereditariedade, porém dá maior ênfase às contribuições de Mendel.

LD6		X	Não identificado.
LD9		X	Não identificado.
LD10		X	Não identificado.
LD13	X		Relata rapidamente sobre o desenvolvimento da genética.
LD22		X	Não identificado.
LD26	X		Menciona o desenvolvimento do estudo da hereditariedade.
LD27		X	Não identificado.
LD34		X	Não identificado.
LD35	X		Faz um breve relato da história da hereditariedade, dando ênfase aos estudos de Mendel.
LD36	X		Trabalha a história dando destaque aos estudos de Mendel.
LD37	X		Relata sobre o desenvolvimento dos estudos da hereditariedade dando ênfase às contribuições de Mendel.
LD49	X		Faz um breve comentário das contribuições de Mendel.
LD54		X	Não identificado.
LD58	X		Relata sobre a importância de Mendel para o desenvolvimento da genética.
LD59	X		Faz todo um relato histórico de como se chegou aos conhecimentos atuais sobre genótipo e fenótipo.
LD63	X		Faz uma breve citação dos estudos de Mendel.

**Fonte:** Dados da Pesquisa

Como foi possível perceber, nem todos os livros apresentam contextos históricos nos capítulos onde são apresentados os conceitos de genótipo e fenótipo. No entanto, omitir o processo de construção do conhecimento pode trazer prejuízos para a aprendizagem dos alunos, gerando visões aproblemáticas e ahistóricas da ciência como destaca Gil Pérez et al. (2001, p.131):

[...] transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem.

A seguir estão dispostos alguns fragmentos para exemplificar como os livros apresentam o desenvolvimento do conhecimento científico:

Johann Mendel é originário de Heinzendorf, na Silésia (hoje Tchecoslováquia), onde nasceu a 22 de julho de 1822. Seus pais modestos pomicultores, incutiram-lhe desde cedo o gosto pelas atividades agrícolas, em cujo exercício o futuro sábio iria encontrar mais tarde ensejo para suas notáveis descobertas [...] As experiências fundamentais de Mendel foram praticadas no jardim do convento, durante oito anos(1857-1864) tendo por objetivo os fenômenos de hereditariedade nas ervilhas. [...] Sem nos preocuparmos com as teorias sobre hereditariedade anteriores a 1900 (época em que se tornaram conhecidas as experiências e as leis de Mendel), pois aquelas teorias tem hoje unicamente um valor histórico, iniciemos nosso estudo dos fatos da genética expondo desde logo os princípios mendelianos. (LD1)

[...]As leis básicas da hereditariedade foram descobertas pelo monge agostiniano Gregor Mendel (1822-1884), num mosteiro na cidade de

Brunn na Áustria (hoje pertencente a Tchecoslovaquia). O relatório de suas pesquisas foi publicado em 1866, mas não recebeu a atenção que merecia. Somente em 1900, após a morte de Mendel, seus trabalhos foram redescobertos e compreendidos. A partir de então tornava-se clara a importância das leis mendelianas e sua validade para todos os organismos, inclusive o próprio homem. Até hoje Mendel é conhecido como “pai da Genética”. (LD35)

Hoje sabemos que o veículo da hereditariedade são os genes – setores da molécula de DNA presente nos cromossomos da célula. Mesmo antes dessa descoberta, as leis básicas da hereditariedade já tinham sido estabelecidas pelo monge agostiniano Gregor Mendel (1822-1884) num mosteiro da cidade de Brunn na Áustria. (LD49)

Como é possível perceber nesses fragmentos, apresentam-se breves relatos referentes a um único pesquisador Gregor Mendel, porém, apesar de muitos o considerarem como o precursor da genética, Mendel destinava suas pesquisas às contribuições com os conhecimentos em hibridismo (o que atualmente é um assunto bastante polêmico entre os historiadores da ciência) e não estava consciente de suas contribuições para a hereditariedade que ocorreram posteriormente ao seu falecimento.

Entretanto, quando fazem breves relatos dando ênfase aos estudos de Mendel reforçam uma visão elitista e individualista da ciência, como destacam Gil Pérez et al. (2001, p. 133):

Os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes [...] Em particular faz-se crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para verificar, confirmando ou refutando, uma hipótese ou toda uma teoria.

O livro LD59 é o único que traz uma história mais detalhada dos processos de construção do conhecimento até os dias atuais. Porém, ele é o único que traça um retrospecto histórico sem dar ênfase a um único cientista, o que significa progressos na produção de materiais didáticos destinados ao ensino nos últimos anos da escola básica. Como pode ser observado no fragmento a seguir presente no capítulo “Do genótipo ao fenótipo: como se expressa os genes”, o livro inicia com a história de como o DNA passou a ser reconhecido como o responsável por carregar as características genéticas:

A história do DNA começa no final da Década de 1960, com a chegada o médico Friedrich Miescher (1844 – 1895) a universidade de Tubingen [...]. Em um de seus muitos

experimentos com células do pus, Miescher obteve um precipitado que diferia quimicamente de todas as substâncias proteicas conhecidas [...]. As informações disponíveis sobre o DNA, no começo de 1950, eram como peças desencontradas de um quebra cabeça. Reunindo-as de modo coerente, o biólogo James D. Watson e o físico Francis H. C. Crick elaboraram o modelo da dupla hélice para a molécula de DNA.  
**(LD59)**

Desta forma, destacamos que é de extrema relevância apresentar aos alunos como os conhecimentos são construídos, porém, para isso é necessário que os materiais sejam de qualidade. Contudo, para que esses materiais não possam causar distorções na compreensão de como o conhecimento é construído, análises minuciosas tanto dos produtores quanto dos professores ao realizarem a escolha dos livros didáticos que serão utilizados em sala de aula são imprescindíveis.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como objetivo analisar como os conceitos de genótipo e fenótipo são apresentados, e como eles são transpostos para os livros didáticos destinados à educação básica, de forma contextualizada e histórica. Para isso, foram analisados inicialmente quais os conceitos que estavam presentes em 74 livros didáticos destinados à educação básica. Em seguida, foram analisados por meio de questionamentos como os elementos da transposição didática foram contemplados em 19 livros, sendo 1 desde a década de 1950 até 2013, presente em cada uma das categorias elencadas, a partir da análise dos conceitos. Desta forma, os livros analisados para cada década foram: 1 livro de 1950, 2 livros de 1960, 4 livros de 1970, 3 livros de 1980, 5 livros de 1990 e 4 livros de 2000 a 2013.

Com a análise dos conceitos presentes nos livros didáticos, foram elencadas categorias que explicitassem a forma como esses conceitos apareciam nesses materiais. A categoria que mais se destacou foi com relação à ideia de que o genótipo juntamente com o ambiente, determinam o fenótipo. Essa é uma compreensão ainda muito presente na sociedade, mas apesar do conceito molecular clássico, de que o genótipo determina o fenótipo, ainda é bastante restrita quando comparada ao entendimento atual desses conceitos, que compreende que o organismo é a interação entre o genótipo, o meio intra e extracelular, o ambiente externo e o fenótipo, acompanhados do desenvolvimento do organismo.

Outra categoria que se destaca é a categoria cuja compreensão consiste em que o genótipo em interação com o ambiente determina o fenótipo, entretanto o fenótipo não consiste apenas em características aparentes. Neste entendimento dos conceitos é claro como o desenvolvimento da genética molecular, da ecologia, da fisiologia, da psicologia, dentre outros, estão alterando a compreensão que se tem de genótipo e fenótipo pela comunidade científica e isso é evidenciado nas publicações onde essa categoria se apresenta, apesar da demora na atualização dos conceitos.

A categoria considerada mais atualizada pela forma como apresenta esses conceitos, é a que compreende que o genótipo em interação com o ambiente e em conjunto com o desenvolvimento do organismo são responsáveis pela formação do fenótipo, que não se restringem somente as características aparentes. Porém, foram

classificados nessa categoria somente quatro livros sendo esses datados de 1990 e de 2000 a 2013. Entretanto, como se sabe a comunidade científica já havia desenvolvido esse entendimento de genótipo e fenótipo por volta da década de 1980, o que ressalta mais uma vez a demora da atualização dos conceitos presentes nos livros didáticos, causando distanciamento da transposição didática para a sala de aula.

Percebemos que com o passar dos anos alguns livros atualizavam os conceitos, porém alguns ainda permaneciam vinculados aos conceitos de décadas anteriores. Mesmo os que atualizavam para a sua época de publicação ainda o faziam com certa demora, o que se justifica pelo processo de construção e revisão conceitual constante, característica própria do desenvolvimento científico. Com o avanço das tecnologias que ocorreram nos últimos tempos, mais precisamente durante a segunda metade do século XX e os primeiros anos do século XXI, as pesquisas em genética estão se desenvolvendo rapidamente, e isso também modifica os conceitos biológicos, acarretando em dificuldades na transposição desses conceitos para os materiais didáticos.

Deste modo, frisamos a necessidade da realização de pesquisas de análise dos conceitos presentes nos livros didáticos, com o intuito de auxiliar os professores na escolha dos livros e até mesmo os autores para posteriores edições. Assim, essas pesquisas podem dar subsídios, para como esses conceitos podem estar presentes nesses materiais, com o objetivo de facilitar o trabalho docente em transpor esses conhecimentos para os alunos, visto que, muitas vezes como já foi relatado nesse artigo, o livro didático é o principal material de apoio que o professor utiliza em sala de aula.

Com a análise dos elementos da transposição didática por meio de questionamentos quanto a apresentação desses pontos nos livros didáticos, salientamos que ainda há muito a ser feito para que os livros didáticos sejam atualizados e apresentem os conceitos de genótipo e fenótipo de forma mais contextualizada.

Desta forma, ao analisar o elemento dessincretização do saber poderamos que alguns livros apresentam somente a descrição dos conceitos sem explicar as relações desses conceitos com os conhecimentos de genética, trabalhando-os de

forma ahistórica e anedótica o que pode gerar entendimentos distorcidos desses conceitos.

Quanto a despersonalização do saber, percebemos que os livros analisados em sua maioria não apresentam contextualização histórica da construção dos conceitos de genótipo e fenótipo, apenas um livro fazia em notas ao lado dos textos menção a constante mudança dos conhecimentos científicos, sugere-se que essas textualizações das mudanças na cientificidade dos conhecimentos estejam presentes já no prefácio dos livros. Quanto a questão referente à citação de alguns dos envolvidos, somente dois dos livros analisados relatavam a introdução desses conceitos por Johannsen. Desta forma, constatamos que quase não se menciona como os conceitos são construídos e isso passa a ideia de que os conhecimentos são prontos e acabados, quando na realidade eles são provisórios e se encontram em constante transformações.

Ao analisar a programabilidade de saber, averiguamos que a disposição em que os conteúdos estão dispostos não impedem que os conceitos sejam compreendidos. Contudo, cada disposição pode gerar diferentes formas de entender o conhecimento que se pretende ensinar aos estudantes.

Ao analisar a publicidade do saber foi possível perceber que nem todos os livros apresentam a importância/relevância em se estudar genética. Porém, ressaltar o porquê de se aprender os conteúdos desta parte da biologia pode auxiliar o professor e os alunos a compreender a necessidade de se entender, mesmo que de forma básica, este conteúdo, o que também contribui para que o aluno veja significado no que é ensinado na escola.

Com relação ao envelhecimento moral/biológico, verificamos que apesar das mudanças na forma como o conhecimento sobre genótipo e fenótipo são apresentados nos livros didáticos, ainda esses conceitos são desenvolvidos de forma determinista baseada principalmente no conhecimento molecular clássico. Portanto, a forma como os conceitos são apresentados na maioria dos livros não reflete a possibilidade de proporcionar ao aluno alfabetização científica quanto aos conhecimentos de genética.

Quanto à fidelidade na textualização do saber, fica explícito que os conhecimentos apresentados nos livros didáticos apresentam descontextualização na época de publicação.

O atraso de atualização de conceitos nos materiais didáticos, pode gerar uma aprendizagem restrita, que apresenta equívocos, levando os estudantes a ter uma compreensão determinista e sem muita fundamentação teórica para participar ativamente de diálogos sociais com relação aos conhecimentos de genética.

Com a análise das criações didáticas, percebemos que as representações expostas são, em sua maioria, muito simplistas e não expressam muitas variações fenotípicas. Geralmente, os quadros explicativos se restringem a expressão gênica de um determinado fenótipo com resultados exatos, desconsiderando em sua maioria as interferências internas e externas a que o organismo pode ser submetido e as variações que essas interferências podem causar.

Por fim, analisamos o elemento referente à dialética antigo/novo que explicitou que em geral a maioria dos livros didáticos, salvo o LD59, descrevem a história de um único cientista, Gregor Mendel, não tendo como negar as contribuições de Mendel aos conhecimentos da genética atual. Entretanto, falar somente dele como o “pai da genética” é reforçar a ideia de que o conhecimento é obra de grandes gênios, porém atualmente sabe-se que o conhecimento é um processo de construção constante com a contribuição de vários pesquisadores e não um único.

Ainda há muito que precisa ser feito para que a História e Filosofia da Ciência sejam consideradas, um dos componentes norteadores do currículo de Biologia. É necessário também produzir materiais que possibilitem aos professores trabalhar utilizando a história da ciência de forma contextualizada, porém, essa produção não pode ser feita por um único autor, mas, por um grupo de autores que discutam quais os conteúdos e de que forma devem ser apresentados nos livros didáticos. Além disso, precisa se pensar a formação de professores para que esses sejam capacitados a trabalhar a biologia de uma forma mais dinâmica, utilizando a História e a Filosofia da Ciência como uma das ferramentas norteadoras do processo de ensino e aprendizagem.

Com essas análises, consideramos que o ensino de Biologia em uma perspectiva histórica e filosófica pode auxiliar na compreensão de que essa ciência, assim como todas as outras não se constitui de descobertas, mas são modelos explicativos resultantes de um processo de pesquisas realizadas por um grupo de cientistas.

## 7. REFERÊNCIAS

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

ALMEIDA, Argus Vasconcelos; FARIAS, Carmen Roselaine de Oliveira. A natureza da Ciência na formação de professores: reflexões a partir de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 3, p. 473-488, 2011.

ALMEIDA, Argus Vasconcelos ; FALCÃO, Jorge Tarcísio da Rocha. As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de Biologia no Brasil. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 16, n. 3, p. 649-665, 2010.

ALMEIDA, Argus Vasconcelos de; FALCÃO, Jorge Tarcísio da Rocha. A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, n. 1, p. 17-32, 2005.

AMARAL, Ivan Amorosino; MEGID NETO, Jorge. Qualidade do livro didáticos de ciências: o que define e quem define? **Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631)**, v. 2, n. 1, 2006.

ANDRADE, Eugenio. La relación "genotipo-fenotipo" y su posible extrapolación al estudio del comportamiento y la cultura humana. **Ludusvitalis**, v. 14, p. 189-202, 2000.

ANGELUCCI, Carla Bianchaet al. O estado da arte da pesquisa sobre o fracasso escolar. **Educação e pesquisa**, v. 30, n. 1, p. 51-72, 2004.

BIZZO, Nelio; EL-HANI, Charbel N. Darwin and Mendel: evolution and genetics. **Journal of Biological Education**, v. 43, n. 3, p. 108-114, 2009.

ARBEX, Daniela. **Holocausto brasileiro**. Geração Editorial, 2013.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BATISTA, Rosana Paulo; MOHR, Adriana; FERRARI, Nadir. Análise da história da ciência em livros didáticos do ensino fundamental em Santa Catarina. **IV ENPEC**, 2008. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p380.pdf>  
Acesso em: 30/09/2015

BATISTETI, Caroline Belotto; ARAÚJO, Elaine Sandra Nabuco; CALUZI, João José. As interpretações dos estudos de Avery, MacLeod e MacCarty sobre a natureza química do fator transformante em bactérias. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, n. 1, p. 71-94, 2008.

BIRD, Adrian. DNA methylation patterns and epigenetic memory. **Genes & development**, v. 16, n. 1, p. 6-21, 2002.

BIZZO, Nelio Marco Vincenzo. História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis. **Aberto**, Brasília, v. 11, n. 55, p. 29-35, 1992.

BLANCO, Evelyn; NIAZ, Mansoor. Venezuelan university Students` Understanding of the nature of science. **Journal of Science Education**, v.15, n. 2, p. 57, 2014.

BURIAN, Richard M. On gene concepts and teaching genetics: episodes from classical genetics. **Science & Education**, v. 22, n. 2, p. 325-344, 2013.

BRESCH, C.; HAUSMANN, R. **Genética clássica e molecular**. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1994.

BRICCIA, Viviane; DE CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2011.

CACHAPUZ, António F. Do sentido atual da pesquisa em formação de professores de ciências. In: **Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências**, IV, Bauru, 2003. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Mesas/M01CACHA.pdf> Acesso em: 02/06/2015.

CAMPANILE, Megan F.; LEDERMAN, Norman G.; KAMPOURAKIS, Kostas. Mendelian genetics as a platform for teaching about nature of science and scientific inquiry: The value of textbooks. **Science & Education**, v. 24, n. 1-2, p. 205-225, 2015.

CASTRO, Aldemar Araújo. Revisão sistemática e meta-análise. **Compacta: temas de cardiologia**, v. 3, n. 1, p. 5-9, 2001. Disponível em: <http://metodologia.org/wp-content/uploads/2010/08/meta1.PDF> Acesso em: 30/09/2015.

CARNEIRO, Maria Helena da Silva; GASTAL, Maria Luiza. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CAREGNATO, Rita Catalina Aquino; MUTTI, Regina. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. **Texto contexto enferm**, v. 15, n. 4, p. 679-84, 2006.

CARVALHO, Julio Cesar Queiroz; COUTO, Sheila Gonçalves; BOSSOLAN, Nelma Regina Segnini. ALGUMAS CONCEPÇÕES DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO A RESPEITO DAS PROTEÍNAS High School students' conceptions about proteins. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 4, p. 897-912, 2012.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa; GIL-PEREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências**, v. 9, 2009.

CHALMERS, Alan Francis; FIKER, Raul. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHAMANY, Katayoun; ALLEN, Deborah; TANNER, Kimberly. Making biology learning relevant to students: integrating people, history, and context into college biology teaching. **CBE-Life Sciences Education**, v. 7, n. 3, p. 267-278, 2008.

CHEVALLARD, Yves. La transposición didáctica. **Del saber sabio al saber enseñado**, v. 3, 1991.

CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.

CLÉMENT, Pierre. Introducing the cell concept with both animal and plant cells: A historical and didactic approach. **Science & Education**, v. 16, n. 3, p. 423-440, 2007.

CONSOLARO, Alberto. O gene e a epigenética: as características dentárias e maxilares estão relacionadas com fatores ambientais ou Os genes não comandam tudo! ou O determinismo genético acabou? **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 14, n. 6, p. 14-18, 2009.

COSTA, Everton de Brito Oliveira; PACHECO, Cristiane. Epigenética: regulação da expressão gênica em nível transcricional e suas implicações. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 34, n. 2, p. 125-136, 2013.

DEBUS, Allen G. Ciência e história o nascimento de uma nova área. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo (Org.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. Editora Livraria da Física, 2004.

DELIZOICOV, Nadir Castilho; CARNEIRO, Maria Helena da Silva; DELIZOICOV, Demétrio. O movimento do sangue no corpo humano: do contexto da produção do conhecimento para o do seu ensino. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 443-460, 2004.

EL-HANI, CharbelNiño. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, Cibelle Celestino (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. Editora Livraria da Física, 2006.

EL-HANI, CharbelNiño; TAVARES, Eraldo José Madureira; ROCHA, Pedro Luiz Bernardo. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.

EL-HANI, Charbel N. Mendel in genetics teaching: Some contributions from history of science and articles for teachers. **Science & Education**, v. 24, n. 1-2, p. 173-204, 2015.

FANTAPPIÉ, Marcelo. Epigenética e memória celular. **Revista da Frater**, n. 47, 2014, p. 1-5. Disponível em: <http://www.biodanza.com.br/Epigenetica%20e%20Memoria%20Celular.pdf>. Acesso em: 23/01/2016.

FARAH, Solange Bento. **DNA: segredos & mistérios**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2007.

FERRARI, Nadir; SCHEID, Neusa Maria John. Pangênese e teoria cromossômica da herança: a persistência de idéias?. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, n. 1, p. 305-316, 2008. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-03/FHB-v03-16-Nadir-Ferrari-Maria-Scheid.pdf>, Acesso em: 01/11/2015.

FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. As pesquisas denominadas "estado da arte". **Educação & sociedade**, v. 23, n. 79, p. 257-272, 2002.

FILGUEIRAS, Juliana Miranda. As políticas para o livro didático durante a ditadura militar: a Colted e a Fename. **História da Educação**, v. 19, n. 45, p. 85-102, 2015.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução Joice Elias Costa. 3.ed. Porto Alegre: Artemed, 2009.

FRANZOLIN, Fernanda; BIZZO, Nelio. Conceitos de biologia em livros didáticos de educação básica e na academia: uma metodologia de análise. **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, SC, 2007.

FRANCIS, Richard. **Epigenética: Como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade**. Zahar, 2015.

FREITAS, Neli Klix; RODRIGUES, Melissa Haag. O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo. **Revista da Pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2008.

GARLAND, Theodore; KELLY, Scott A. Phenotypic plasticity and experimental evolution. **Journal of Experimental Biology**, v. 209, n. 12, p. 2344-2361, 2006.

GERICKE, Niklas Markus; HAGBERG, Mariana. Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. **Science & Education**, v. 16, n. 7-8, p. 849-881, 2007.

GUERRA, Andréa Trevas Maciel. Do holocausto nazista à nova eugenia no século XXI. **Ciência e Cultura**, v. 58, n. 1, p. 4-5, 2006.

GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, Izabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, António, PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOLDBACH, Tânia; EL-HANI, Charbel Niño. Entre receitas, programas e códigos: metáforas e idéias sobre Genes na divulgação científica e no contexto escolar.

**Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 153-189, 2008.

HA, Minsu; NEHM, Ross H. Darwin's difficulties and students' struggles with trait loss: Cognitive-historical parallelisms in evolutionary explanation. **Science & Education**, v. 23, n. 5, p. 1051-1074, 2014.

HÖFLING, Eloisa de Mattos. Notas para discussão quanto à implementação de programas de governo: em foco o Programa Nacional do Livro Didático. **Educação & Sociedade**, v. 21, n. 70, p. 159-170, 2000.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; DE ANDRADE CALDEIRA, Ana Maria. A (re)construção de conceitos biológicos na Formação Inicial de professores e proposição de um modelo explicativo para a relação genótipo e fenótipo. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, 2012.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; DE ANDRADE CALDEIRA, Ana Maria. A pesquisa de iniciação científica como espaço de formação inicial de professores e pesquisadores de Biologia. **Revista Electrónica de Investigación en Educación em Ciencias**, v. 7, n. 2, p. 1-12, 2012.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della. Investigação sobre um grupo de pesquisa como espaço coletivo de formação inicial de professores e pesquisadores de biologia. 2011, 238 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2011.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Investigação sobre a inclusão do episódio histórico da teoria genotípica de Wilhelm Ludwig Jo-hannsen na formação inicial de professores e pesquisadores. **Filosofia e História da Biologia**, v. 6, n. 2, p. 291-312, 2011.

JOAQUIM, Leyla Mariane; EL-HANI, Charbel Niño. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010.

JOHANNSEN, Wilhelm Ludwig. The genotype conception of heredity. *The American Naturalist*. v. 45, n. 531, 129 – 159, 1911.

KAMINKER, Patricia. Epigenética: ciencia de la adaptación biológica heredable. **Archivos argentinos de pediatría**, v. 105, n. 6, p. 529-531, 2007.

KAMPOURAKIS, Kostas; ZOGZA, Vasso. Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought?. **Science & Education**, v. 16, n. 3-5, p. 393-422, 2007.

KELLER, Evelyn Fox. **O século do gene**. Tradução Crisálida, 2002.

KIM, Sun Young; IRVING, Karen E. History of science as an instructional context: Student learning in genetics and nature of science. **Science & Education**, v. 19, n. 2, p. 187-215, 2010.

KRASILCHIK, Myriam. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

LAJOLO, Marisa. Livro didático: um (quase) manual de usuário. **Em aberto**, v. 16, n. 69, p. 3-9, 1996.

LEITE, Raquel Crosara Maia; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. **Revista brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 2, p. 97-108, 2001.

LEWONTIN, Richard. A tripla hélice: gene, organismo e ambiente. São Paulo: Companhia de Letras, p.138, 2002.

LIN, Chen-Yung; CHENG, Jung-Hui; CHANG, Wen-Hua. Making science vivid: using a historical episodes map. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 18, p. 2521-2531, 2010.

LUCAS, Lucken Bueno; BATISTA, Irinéa de Lourdes. Contribuições axiológicas e epistemológicas ao ensino da teoria da evolução de Darwin. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 245-273, 2011.

MACHADO, Nilson José. Sobre livros didáticos: quatro pontos. **Aberto**, Brasília, ano, v. 16, p. 30-38, 1996.

MATTHEWS, Michael. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MARANDINO, Martha. Transposição Ou Recontextualização? Sobre a Produção de Saberes Na Educação Em Museus de Ciências. **Red Revista Brasileira de Educação**, 2000.

MARTINS (A), Lilian Al-Chueyr Pereira. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino**, v. 3, n. 2, 2006.

MARTINS (B), Roberto de Andrade. Introdução: A história da ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino (Org). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. Editora Livraria da Física, 2006.

MARTINS (C), L. A. P.; BRITO, APOPM A. A história da ciência e o ensino da genética e evolução no nível médio: um estudo de caso. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, (no prelo), 2006.

MARTINS (D), André Ferrer Pinto. 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.

MAYR, Ernst. O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança. Trad. Ivo Martinazzo. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1998.

MCCARTHY, Susan; SANDERS, Martie. Broad classification and the provisional nature of science. **Journal of Biological Education**, v. 41, n. 3, p. 123-130, 2007.

MEGID NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins. Do saber sábio ao saber a ensinar: A transposição didática do conteúdo modelo atômico de livros de química (1931 – 2012). **(Dissertação) Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática**. Curitiba, p. 555, 2012.

MENEZES, AP de A. **Contrato didático e transposição didática: Inter-relações entre os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do ensino Fundamental**. 2006. 411 p. 2006. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação, UFPE, Pernambuco.

MOORE, John A. Science as a way of knowing—genetics. **American zoologist**, v. 26, n. 3, p. 583-747, 1986.

MORESI, Eduardo et al. Metodologia da pesquisa. **Universidade Católica de Brasília**, 2003.

NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio Fernandes; DE SOUZA, Daniele Cristina; CARNEIRO, Marcelo Carbone. 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, Késia Caroline Ramires. Um exemplo de transposição didática: o caso das matrizes. **Maringá:[sn]**, 2009.

NEVES, Késia Caroline Ramires; BARROS, R. M. Diferentes olhares acerca da transposição didática. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 103-115, 2011.

NICIURA, Simone Cristina Méo. Genética e epigenética do desenvolvimento embrionário inicial de mamíferos. In: II Simpósio de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal. São Carlos – SP, 2009.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán et al. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 25, n. 04, 2003.

ODLING-SMEE, F. John; LALAND, Kevin N.; FELDMAN, Marcus W. **Niche construction: the neglected process in evolution**. Princeton University Press, 2003.

PAIVA, Ana Luiza Bittencourt; MARTINS, Carmen Maria De Caro. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 7, n. 3, p. 182-201, 2005

PIMENTEL, Alessandra. O método da análise documental: seu uso numa pesquisa historiográfica. **Cadernos de pesquisa**, v. 114, p. 179-195, 2001.

PINKER, Steven. O nicho cognitivo: coevolução de inteligência, sociabilidade e linguagem. **Letras de Hoje**, v. 45, n. 3, 2010.

PITOMBO, Maiana Albuquerque; ALMEIDA, Ana Maria Rocha; EL-HANI, CharbelNiño. Conceitos de gene e idéias sobre função gênica em livros didáticos de biologia celular e molecular do ensino superior. **Revista Contexto & Educação**, v. 22, n. 77, p. 81-110, 2013.

PRESTES, Maria Elice Brzezinski; CALDEIRA, Ana Maria Andrade. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e história da biologia**, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2009.

PRETTO, Nelson De Luca. A ciência, nos livros didáticos. 1985.

QUESSADA, Marie-Pierre. **L'enseignement des origines d'Homo sapiens, hier et aujourd'hui, en France et ailleurs: programmes, manuels scolaires, conceptions des enseignants**. Tese de Doutorado. Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc. 2008.

ROMANOWSKI, Joana Paulin; ENS, Romilda Teodora. As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte” em educação. **Diálogo Educacional**, v. 6, n. 19, p. 37-50, 2006.

RUTHERFORD, Suzanne L. et al. From genotype to phenotype: buffering mechanisms and the storage of genetic information. **Bioessays**, v. 22, n. 12, p. 1095-1105, 2000.

SAITO, Fumikazu. História da Ciência e ensino: em busca de diálogo entre historiadores da ciência e educadores. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces. ISSN 2178-2911**, v. 1, p. 1-6, 2010.

SARÀ, Michele. L'integrazione di genotipo e fenotipo alle soglie del 2000. **Systema Naturae**, v. 4, p. 181-208, 2002.

SALEM, Sonia; KAWAMURA, Maria Regina D. Estado da arte dos estados da arte da pesquisa em ensino de física. In: **Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em ciências**, Florianópolis, VII,2009. Disponível em: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/estado%20da%20arte%202.pdf Acesso em: 02/06/2015.

SANTOS, Cintia Graziela. Conrad Hal Waddington e a assimilação genética. **Filosofia e História da Biologia**.v.10, n.2, p. 155-173, 2015.

SANTOS, Vanessa Carvalho; JOAQUIM, Leyla Mariane; EL-HANI, CharbelNiño. Hybrid deterministic views about genes in biology textbooks: A key problem in genetics teaching. **Science & Education**, v. 21, n. 4, p. 543-578, 2012.

SANTOS, Rebeca Tatiana de Souto. Contributos da Epigenética no âmbito da Medicina Legal. Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas) 2013.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Genética na escola**, v. 1, n. 1, p. 17-18, 2006.

SCHEID, Neusa Maria John; DELIZOICOV, Demétrio; FERRARI, Nadir. A proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a História da Ciência pode contribuir para o ensino de genética. **CD-ROM Associação Brasileira de pesquisadores em educação em ciências**, v. 200, n. 1, 2003.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 157-181, 2007.

SCHNEIDER, Eduarda Maria; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. Eugenia no Brasil: Quando um movimento ideológico se justifica por um discurso biológico. In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em ensino de Ciências**, 2012.

SCHNEIDER, Eduarda Maria; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; ANDRADE, Mariana A. Bologna Soares; OLIVEIRA, Thais Benetti; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. Conceitos de gene: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 201-222, 2011.

SELLES, Sandra Escovedo; ABREU, Martha. Darwin na Serra da Tiririca: caminhos entrecruzados entre a biologia e a história. **Revista Brasileira de Educação**, v. 20, p. 5-22, 2002.

SEPEL, Lenira MN; LORETO, Elgion LS; ROCHA, João BT. Using a Replica of Leeuwenhoek's Microscope to Teach the History of Science and to Motivate Students to Discover the Vision and the Contributions of the First Microscopists. **CBE-Life Sciences Education**, v. 8, n. 4, p. 338-343, 2009.

SILVA, Cibelle Celestino. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. Editora Livraria da Física, 2006.

SILVA, Marcos Rodrigues. As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. **ScientiaeStudia**, v. 8, n. 1, p. 69-92, 2010.

SILVA, Marcos Rodrigues; PASSOS, Marinez Meneghello; BOAS, Anderson Vilas. A história da dupla hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, n.3, 2013.

SILVA, Marcos Rodrigues. Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. **Filosofia e História da Biologia 2**, v. 2, p. 297, 2007.

SILVA, Paloma Rodrigues; ANDRADE, Mariana A. Bologna Soares; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Biology Teachers' Conceptions of the Diversity of Life and the Historical Development of Evolutionary Concepts. **Journal of Biological Education**, v. 49, n. 1, p. 3-21, 2015.

SILVA, Paulo Roberto Costa; CORREIA, Paulo Rogério Miranda; INFANTE-MALACHIAS, Maria Elena. Charles Darwin goes to school: the role of cartoons and narrative in setting science in an historical context. **Journal of Biological Education**, v. 43, n. 4, p. 175-180, 2009.

SEQUEIROS, Leandro. ¿Qué puede aportar la historia de la Paleontología al profesorado de Ciencias de la Tierra?. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, n. GRÁFICO: LOS FÓSILES, p. 100-109, 2001.

SMITH, Mike U.; GERICKE, Niklas M. Mendel in the Modern Classroom. **Science & Education**, v. 24, n. 1-2, p. 151-172, 2013.

SNUSTAD, D. Peter; SIMMONS, Michael J. **Fundamentos de genética**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

TOBALDINI, Bárbara Grace; CASTRO, Luciana Paula Vieira; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. Aspectos sobre a natureza da ciência apresentados por alunos e professores de licenciatura em ciências biológicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 457-480, 2011.

TOMIO, Daniela; CASIANI, Suzani. DEAR MR. CHARLES DARWIN... DEAR MR. FRITZ MÜLLER: da correspondência entre o evolucionista e o naturalista indícios para caracterizar a escrita na ciência e no ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 263-281, 2013.

VARA, Joana Marisa Cavaleiro. **Epigenética: potencialidades na genética forense**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

VELASCO, José. Historia de la ciencia y enfoque historiográfico en libros de Ciencias Biológicas de Educación Básica y Educación Media Diversificada Profesional en Venezuela. **Revista de investigación**, n. 64, p. 63-84, 2008.

VIDAL, Paulo Henrique Oliveira; PORTO, Paulo Alves. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência&Educação**, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.

WADDINGTON, Conrad Hal. Selection of the genetic basis for an acquired character.1952. Disponível em: <http://www.nature.com/nature/journal/v169/n4302/pdf/169625b0.pdf>. Acesso em: 04/02/2016.

WAIZBORT, Ricardo; SOLHA, G. C. F. Os genes interrompidos: o impacto da descoberta dos íntrons sobre a definição de gene molecular clássico. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 5, p. 63-82, 2007.

WATSON, James D. et al. Molecular structure of nucleic acids. **Nature**, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1953.