

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LETICIA ANDREGUETTO MACIEL

TRANSGENIA E TERAPIA GÊNICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA:  
TRATAMENTOS E ABORDAGENS

CURITIBA  
2014

LETÍCIA ANDREGUETTO MACIEL

TRANSGENIA E TERAPIA GÊNICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA:  
TRATAMENTOS E ABORDAGENS

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Especialista, no Curso de Pós-Graduação em Organização do Trabalho Pedagógico: a relação entre a Escola Pública e a Educação Popular, do Setor de Educação, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jussara Maria Tavares Puglieli Santos

CURITIBA  
2014

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares, em especial aos meus pais pelo apoio e frequente incentivo aos estudos.

Agradeço ao meu noivo pela compreensão nas minhas ausências e carinho nas minhas tensões.

Agradeço aos colegas do curso de OTP pelas conversas e discussões que contribuíram para o meu aprendizado.

Agradeço a todos os professores do curso de OTP, em especial aos professores Sônia Regina Landini, Rose Meri Trojan e Gracialino da Silva Dias pelas “dicas” e auxílio na produção desta monografia.

Agradeço às professoras Tânia e Odisseia pelas suas sugestões que ajudaram na composição deste trabalho.

Agradeço aos funcionários da Secretária de Estado de Educação do Paraná Denise Baganha e Danilsei Bertoni pela disponibilidade e solicitude em ceder parte do seu tempo para discutirmos sobre o processo de produção do Livro Didático Público.

Agradecimento especial à minha orientadora professora Jussara Maria Tavares Puglieli Santos, pelas HORAS dedicadas ao aprimoramento do meu trabalho, pela delicadeza em corrigir minhas incoerências e meus erros de interpretação, pela paciência quando eu não sabia que metodologia utilizar, pela sua “super” disponibilidade em me atender, inclusive nas férias, enfim, pelo seu comprometimento com o meu aprendizado.

Finalmente agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e dos quais eu, muito injustamente, não me recordo os nomes.

## RESUMO

Nesta pesquisa, analisamos o tratamento dado às técnicas de Engenharia Genética, transgenia e terapia gênica, em dois livros didáticos de Biologia. O objetivo do estudo foi responder à questão: “De que forma os livros de Biologia do Ensino Médio analisados relacionam o conhecimento a respeito das células e seu funcionamento às questões relativas à tecnologia de manipulação do material genético da vida e suas implicações sobre a vida e a sociedade?”. Um dos livros analisados, o qual convençamos chamar de *material didático A*, corresponde a um dos materiais mais solicitados pelas escolas públicas do Estado do Paraná, através do PNDL (Plano Nacional do Livro Didático) 2012. O outro, o qual convençamos chamar de *material didático B*, corresponde ao Livro Didático Público, concebido a partir do Projeto Folhas, pela Secretaria Estadual de Educação do Paraná e cujos textos foram escritos pelos professores da rede pública do Estado, justificando a sua escolha para o nosso exercício de análise. Encontramos na tese do Professor doutor Antônio Carlos Hidalgo Geraldo, intitulada *Didática de Ciências e de Biologia na perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica*, indicativos do que seria um ensino de Biologia que atende à demanda por uma educação científica voltada para a participação social crítica, para a compreensão do modo de produzir a existência humana e para a compreensão da sociedade e suas múltiplas determinações. Desta forma, empregamos parte de suas reflexões como orientações para definir os aspectos a serem considerados na análise dos assuntos que examinamos nos livros didáticos. Sendo assim, os possíveis indicativos de um ensino de Biologia que atende a nossa expectativa, são a abordagem dos conteúdos a partir dos seguintes princípios metodológicos para o ensino de Ciências e Biologia, propostos por Geraldo (2006): enfoque evolutivo; enfoque ambiental; enfoque em educação para a saúde e enfoque nos métodos próprios das ciências naturais. A partir do nosso estudo, entendemos que os livros didáticos analisados abordam parcialmente os enfoques analisados, no tratamento dos conteúdos transgenia e terapia gênica. Encontramos positivities e negatividades para cada um dos livros, relativas a cada enfoque. O material didático A, embora utilize uma abordagem que garante o acesso ao conhecimento científico propriamente dito, apresenta elementos que se assemelham a uma concepção utilitarista e pragmática da ciência, na medida em que parece haver no livro predominância de informações relativas às aplicações práticas da Engenharia Genética e suas técnicas. O material didático B, por sua vez, apresenta elementos que parecem se assemelhar mais de uma perspectiva de formação científica voltada para uma ação social crítica, visto que aborda alguns aspectos históricos, sociais e econômicos envolvidos no desenvolvimento de um saber, além de favorecer reflexões éticas acerca das técnicas de manipulação genética. Consideramos possível que o material didático B, em comparação com o A, se aproxime mais dos postulados da Pedagogia Histórico-Crítica, entretanto, tal estudo não foi realizado nesta análise, de forma que não nos cabe afirmar, apenas sugerir novos estudos neste sentido.

Palavras chave: abordagem; engenharia genética; livros didáticos de Biologia; terapia gênica; transgenia.

## ABSTRACT

In this research, we investigated the approach given to Genetic Engineering, transgenics and gene therapy, in two Biology textbooks. The purpose of this study was to answer the question: "How do high school Biology textbooks assayed relate the knowledge of cells and their functioning to questions about manipulation techniques of life's genetic material and their implications for life and society?". One of the analyzed books, which we refer to as *teaching material A*, is one of the most requested materials by public schools in the province of Paraná, through the project PNDL ("National Textbook Plan") 2012. The other, which we refer to as *teaching material B*, is the "Public Textbook", offered through "Project Sheets", by the Paraná State Ministry of Education and which was written by public school teachers of this state, justifying its choice for our analysis. We found in the thesis by Professor Antônio Carlos Hidalgo Geraldo, entitled "*Didactics of Sciences and Biology in the Perspective of Historic-Critic Pedagogy*" (translated from Portuguese), an indication of what would be a Biology teaching meeting the demand for a scientific education aimed at a critical social participation, understanding the way to produce human existence and understanding the society and its multiple determinations. Thereby, we employed some of his reflections as guidelines to define aspects to be considered in our analysis of textbooks. Along these lines, the possible indicative of a Biology teaching which meets our expectations, is the approach of subjects following these methodological principles for teaching Science and Biology, proposed by Geraldo (2006): evolutionary focus; environmental focus; focus on education for health and focus on the natural sciences methods themselves. From this study, we understand that the analyzed textbooks approach mainly the aspects assayed, on transgenics and gene therapy. According to our analysis, there are pros and cons in each book, with respect to their treatment to the subjects. Even though material A employs an approach which assures access to scientific knowledge itself, it presents elements which resemble utilitaristic and pragmatic notions of science, as it seems this book prioritizes informations about applications of genetic engineering and its techniques. Teaching material B, in turn, presents elements which seem to get closer to a scientific training aimed at critical social actions, once it approaches some historical, social and economic aspects of knowledge development, besides fostering ethical reflections about genetic manipulation techniques. We find it possible that teaching material B, as comparing to A, is closer to postulates from Historic-Critic Pedagogy, however, such study has not been carried in our analysis and hence we can not assert it, only suggest new studies in this direction.

Keywords: treatment; genetic engineering; Biology textbooks; gene therapy; transgenics.

## LISTA DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 1 – EXERCÍCIO CITANDO UM DOS USOS DAS TÉCNICAS DE TRANSGENIA.....                             | 75  |
| FIGURA 2 – EXERCÍCIO CITANDO ALGUMAS TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO GENÉTICA.....                           | 76  |
| FIGURA 3 – EXERCÍCIO SUGERINDO A ALTERAÇÃO NO MATERIAL GENÉTICO, O QUE CARACTERIZA A TRANSGENIA..... | 77  |
| FIGURA 4a – APLICAÇÕES DIRETAS DA GENÉTICA NOS DIAS ATUAIS .....                                     | 78  |
| FIGURA 4b – APLICAÇÕES DIRETAS DA GENÉTICA NOS DIAS ATUAIS .....                                     | 79  |
| FIGURA 5a – LINHA DO TEMPO DA BIOTECNOLOGIA.....   | 88  |
| FIGURA 5b – LINHA DO TEMPO DA BIOTECNOLOGIA.....   | 89  |
| FIGURA 6a – IMAGENS EXPLICATIVAS DAS TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO GENÉTICA - TRANSGENIA.....              | 118 |
| FIGURA 6b – IMAGENS EXPLICATIVAS DAS TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO GENÉTICA - TERAPIA GÊNICA.....          | 119 |

## LISTA DE SIGLAS

|           |  |
|-----------|--|
| ADN       | - Ácido Desoxirribonucleico  |
| CEPAL     | - Comissão Econômica para a América Latina e Caribe                    |
| CNE       | - Conselho Nacional de Educação  |
| CEB       | - Câmara de Educação Básica  |
| DCE – PR  | - Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná                          |
| DCN       | - Diretrizes Curriculares Nacionais                                    |
| DCNEM     | - Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio                |
| DNA       | - Deoxyribonucleic Acid  |
| EPA       | - Environmental Protection Agency                                      |
| EUA       | - Estados Unidos da América  |
| FMI       | - Fundo Monetário Internacional  |
| FNDE      | - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação                        |
| IBC       | - Comitê Institucional de Segurança Biológica (tradução)               |
| MEC       | - Ministério da Educação   |
| NIH       | - National Institute for Health  |
| PCN       | - Parâmetros Curriculares Nacionais                                    |
| PCNEM     | - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio                |
| PNLD      | - Plano Nacional do Livro Didático                                     |
| RAC       | - Recombinant DNA Advisory Committee                                   |
| SEB       | - Secretaria de Educação Básica  |
| SEED – PR | - Secretaria Estadual de Educação do Paraná                            |
| UNESCO    | - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura |
| UNICEF    | - Fundo das Nações Unidas para a Infância                              |
| USA       | - United States of America   |

USDA - United States Department of Agriculture

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| <b>1 APRESENTAÇÃO</b> .....  | 10  |
| <b>2 INTRODUÇÃO</b> .....  | 20  |
| <b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....   | 27  |
| 3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DO ENSINO DE BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO<br>BRASILEIRO.....               | 27  |
| 3.2 CONHECENDO A ENGENHARIA GENÉTICA: UM CONVITE À REFLEXÕES<br>SOBRE AS SUAS IMPLICAÇÕES..... | 47  |
| 3.3 CONTEXTO DE PRODUÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS .....                                 | 63  |
| 3.3.1 Material didático A.....   | 63  |
| 3.3.2 Material didático B.....   | 68  |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....   | 72  |
| 4.1 A ENGENHARIA GENÉTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS –<br>ASPECTOS GERAIS .....           | 72  |
| 4.1.1 Material didático A.....   | 72  |
| 4.1.2 Material didático B.....   | 81  |
| 4.2 A ENGENHARIA GENÉTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS –<br>ABORDAGENS E TRATAMENTOS.....   | 86  |
| 4.2.1 Enfoque evolutivo.....   | 86  |
| 4.2.1.1 Material didático A.....   | 87  |
| 4.2.1.2 Material didático B.....   | 92  |
| 4.2.2 Enfoque ambiental .....  | 96  |
| 4.2.2.1 Material didático A.....   | 97  |
| 4.2.2.2 Material didático B.....   | 99  |
| 4.2.3 Enfoque em educação para a saúde.....  | 103 |
| 4.2.3.1 Material didático A.....   | 104 |
| 4.2.3.2 Material didático B.....   | 110 |
| 4.2.4 Enfoque no métodos próprios das ciências naturais .....                                  | 115 |
| 4.2.4.1 Material didático A.....   | 116 |
| 4.2.4.2 Material didático B.....   | 120 |
| <b>5 CONCLUSÃO</b> .....   | 123 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 128 |

## 1 APRESENTAÇÃO

Primeiramente como estudante e depois como professora de Biologia, sempre percebi – e sempre me incomodou – o tratamento dado no Ensino Médio público as novidades científico-tecnológicas da área de Biologia, ou seja, as questões que explicam como os conhecimentos a respeito dos seres vivos podem ser aplicados<sup>1</sup> pelos e para os seres humanos, com importantes implicações sobre diversos aspectos das nossas vidas. Ao longo de minha prática pedagógica, venho observando nos alunos dificuldade de articulação dos conteúdos estudados na escola ao seu cotidiano “real”, pois a forma como os estudantes demonstram os seus conhecimentos, em geral se apresenta descolada de significação para eles. É comum também recorrerem ao senso comum quando questionados a respeito de um fenômeno. Em adição é frequente o questionamento por parte dos discentes sobre qual é a importância de dominarem determinado assunto.

Outra observação pessoal é o interesse que os alunos demonstram sobre novidades científicas da área de Biologia frequentemente veiculadas pela mídia de massa, pois é comum trazerem dúvidas sobre reportagens lidas ou ouvidas na televisão, rádio ou internet. Entretanto, conforme citado anteriormente, percebo que estes mesmos alunos, em geral, não conseguem associar estas novidades pelas quais se interessam aos conhecimentos de Biologia estudados previamente.

Dessa preocupação nasceu o interesse pela presente pesquisa, a qual, em um primeiro momento, pretendia analisar como ocorre nas escolas públicas do Estado do Paraná a articulação entre os conhecimentos adquiridos nas aulas de Biologia e os recentes avanços científicos na área biológica. Além disto, pretendia-se estudar como nas aulas de Biologia nas escolas públicas do Estado abordam-se a relação entre os avanços científico-tecnológicos na área biológica e as suas implicações socioambientais.

No entanto, esta abordagem inicial se mostrou bastante abrangente e complexa, dado o curto espaço de tempo destinado para a realização desta pesquisa, tornando-se necessário delimitar uma área de estudo da Biologia para ser

---

<sup>1</sup> A palavra “aplicação”, neste trabalho, deve ser compreendida conforme a sua definição no dicionário: “emprego, utilização, uso, execução” (FERREIRA, 1988 p. 52). Neste caso, o uso do conhecimento não apenas para fins mercadológicos ou de uso profissional, mas como informações necessárias para escolhas pessoais e para o exercício da cidadania.

o foco da análise. A escolha da área em questão levou em conta o seu potencial de interação com os avanços científicos biológicos recentes. Além disto, também foi necessário definir quais novidades científicas da área de Biologia seriam pesquisadas, privilegiando as que apresentam relevância atual do ponto de vista social, ambiental e da saúde humana.

Após uma revisão da literatura que incluiu a leitura de artigos científicos, monografias, teses e dissertações e documentos de diretrizes nacionais e estaduais, decidimos pesquisar o tratamento dado durante o estudo da Biologia às técnicas de manipulação genética.

O interesse pelo estudo da temática manipulação genética no ensino da Biologia é explicado por ser este um tema tão promissor quanto polêmico. Em trabalho acerca da biotecnologia Conceição & Peron (2012) afirmam:

Os produtos da engenharia genética e as suas aplicações causam impactos significativos na sociedade, tanto em benefícios e/ou malefícios, como em implicações éticas, sendo necessário informações adequadas junto à população com o propósito de desenvolver uma formação crítica e coerente sobre o assunto. (CONCEIÇÃO & PERON, 2012, p. 281)

O conteúdo chamado de manipulação genética é o conteúdo que trata das aplicações e/ou implicações dos conhecimentos da biologia molecular sobre a vida e, conforme Lopes et. al. (2005), na área da biologia é um conhecimento científico bastante promissor. Este autor ressalta o uso das técnicas de manipulação genética como importante ferramenta para inovações em diversas áreas como saúde, agricultura e meio ambiente, já que é crescente o interesse em aumentar o valor nutritivo dos alimentos, utilizar o potencial da biodiversidade como matéria prima na indústria, estimular uma melhora da qualidade ambiental, entre outras questões. Neste sentido, conforme esse autor, o melhoramento genético permite que funções biológicas importantes, adequadamente reconhecidas e estudadas, sejam incorporadas em outras espécies de interesse, como a produção de insulina por microrganismos em laboratório, por exemplo, uma tecnologia de extrema relevância no tratamento da diabetes.

Entretanto é necessário atentar também para as controvérsias existentes entre os cientistas a respeito dos benefícios e riscos da manipulação genética. Segundo Candeias (1991), críticos questionam, por exemplo, a possibilidade de bactérias que antes não eram patogênicas, como a *E. coli* intestinal, ou que não

eram resistentes a antibióticos sofrerem mutações, o que poderia acontecer? Alimentos transgênicos são potencialmente cancerígenos? Quais as finalidades da produção de alimentos transgênicos? Os interesses econômicos se sobressaem aos demais interesses?

Portanto, é urgente uma maior discussão nas escolas sobre as implicações das técnicas de manipulação genética na sociedade. Para uma “tomada de posição” fundamentada por parte dos estudantes, é necessário que eles se apropriem dos instrumentos culturais que levam ao entendimento mais completo da problemática em questão. Neste sentido, o conhecimento sobre o funcionamento da célula, área da Biologia definida como citologia, é essencial. A compreensão da estrutura básica formadora da matéria viva leva a compreensão do funcionamento de todo o organismo e, por fim, permite a compreensão dos diversos aspectos que se relacionam às implicações das técnicas de manipulação do material genético sobre a VIDA.

As informações adequadas das quais a população necessita para a compreensão dos aspectos que envolvem as técnicas de manipulação genética advém do conhecimento da citologia. Conhecimento este que, de acordo com Pedrancini, et. al. (2007), é falho nos estudantes de ensino médio:

O estudo da célula é um dos conteúdos mais ressaltados nas grades curriculares do ensino fundamental e médio. No entanto, a complexidade deste conceito aliada à forma como o ensino é organizado, potencializando a fragmentação dos conteúdos, dificulta a aprendizagem da estrutura e fisiologia celular como uma das características básicas dos seres vivos. (PEDRANCINI, et. al, 2007, p. 303)

Essa falta de entendimento adequado por parte dos alunos dos conhecimentos de citologia, evidenciada por Pedrancini et. al. (2007), é confirmada por Paiva & Martins (2005) para quem os alunos apresentam dificuldades de compreender a organização e a funcionalidade do material genético nas células, fato que reflete na capacidade de relacionarem os conhecimentos científicos com questões do seu cotidiano e resulta na dificuldade em lidarem com assuntos relacionados à genética, frequentemente veiculados pela mídia.

Finalmente, a decisão sobre como avaliar a abordagem do conteúdo manipulação genética no Ensino Médio brasileiro ocorreu baseada no estudo de alguns autores como Batista (2011); Melo et. al. (2011); Neto & Fracalanza (2003); Verceze & Silvino (2008), os quais demonstram que o livro didático representa

importante fonte de consulta para os professores durante a preparação de suas aulas, sendo, inclusive, que muitos apresentam uma relação de dependência com este material. Optamos, então, por pesquisar o tratamento dado às técnicas de manipulação genética nos livros didáticos.

Desta forma, este trabalho é um exercício de análise sobre a abordagem dos conteúdos específicos atrelados ao conteúdo estruturante<sup>2</sup> “manipulação genética” junto à área de conhecimento da citologia em livros didáticos da disciplina de Biologia utilizados nas escolas da rede Pública do Estado do Paraná. Os conteúdos específicos atrelados à manipulação genética explorados neste estudo são:

- **Organismos geneticamente modificados (transgenia);**
- **Terapia gênica em humanos.**

Tais conteúdos foram selecionados, baseando-se em autores de publicações que tratam das tecnologias de alteração do material genético, suas aplicações e relevância, como Barth (2005) Candeias (1991), Cortivo, et. al.(2003), Kreuzer & Massey (2002), Lopes (2005), Mayor (1992) e Nossal (1987). As obras destes autores serão exploradas no capítulo que trata da engenharia genética.

Nesta pesquisa, analisamos dois materiais didáticos. Um deles contém a coleção de livros que está entre as mais utilizadas pelos professores das escolas públicas do Estado, de acordo com Dados da Secretaria Estadual de Educação do Paraná (SEED – PR). Esses dados refletem a opção dos professores quando da escolha do livro didático a ser utilizado nos anos de 2012, 2013 e 2014, realizada no ano de 2011, segundo a própria SEED-PR. O outro livro selecionado corresponde ao Livro Didático Público do Estado do Paraná, concebido a partir do Projeto Folhas e publicado, em sua segunda edição, no ano de 2007. A escolha deste último livro justifica-se pelo fato de os textos, ilustrações, reflexões e atividades propostas terem sido produzidos pelos próprios professores da rede pública de educação do Paraná, assunto que retomaremos mais adiante, no capítulo que trata da caracterização e contexto de produção dos livros didáticos analisados.

Desta forma os livros analisados foram:

#### **Material didático A:**

---

<sup>2</sup> Esta terminologia é utilizada com base nas Diretrizes Curriculares de Biologia do Estado do Paraná: “Conteúdos estruturantes são saberes, conhecimentos de grande amplitude, que identificam e organizam os campos de estudo de uma disciplina escolar, considerados fundamentais para as abordagens pedagógicas dos conteúdos específicos e consequente compreensão de seu objeto de estudo e ensino.” (2008, p. 55).

PEZZI, A.; GOWDAK, D. O.; MATTOS, N. S. *Biologia: Citologia, Embriologia, Histologia*. Volume 1. 1ª ed. São Paulo, Editora FTD, 2010.

PEZZI, A.; GOWDAK, D. O.; MATTOS, N. S. *Biologia: Genética, Evolução, Ecologia*. Volume 3. 1ª Ed. São Paulo, Editora FTD. 2010.

**Material didático B:**

PARANÁ. Secretária de Estado da Educação. *Livro Didático Público de Biologia*. 2ª ed. Curitiba, 2007.

A partir deste momento as referências aos livros serão feitas através de suas letras, conforme o esquema acima.

Por uma questão de viabilidade, dado novamente o curto espaço de tempo para a realização desta pesquisa, ocorreu também a necessidade de definir quais Unidades (capítulos, divisões) dos livros didáticos seriam analisadas, considerando a extensão dos livros e seu vasto conteúdo. Desta forma, selecionamos as unidades Genética e Citologia, pois estes são os conteúdos base para o estudo e compreensão das técnicas de manipulação genética.

**Material didático A:**

Volume 1: Unidade 1 – Biologia celular

Volume 3: Unidade 1 – Genética

**Material didático B:**

Conteúdo estruturante - Mecanismos Biológicos

Conteúdo estruturante - Implicações dos Avanços Biológicos no Fenômeno Vida

Note que o livro que compõe o chamado Material didático B possui um contexto de produção que difere em vários aspectos dos demais livros, por este motivo os conteúdos não se apresentam separados por “unidades”, mas por “conteúdos estruturantes”, conforme será melhor explicitado mais adiante, em capítulo específico sobre os livros didáticos analisados nesta pesquisa.

Definidos todos estes aspectos, restava-nos ainda uma dúvida: Que características, presentes em um livro didático de Biologia, indicariam uma abordagem dos conteúdos transgenia e terapia gênica, a partir de uma concepção de educação comprometida com a formação humana científica e culturalmente adequada, voltada para a participação social crítica, para a compreensão do modo de produzir a existência humana e para a compreensão da sociedade e suas múltiplas determinações?

Então, após algumas buscas, tivemos acesso à tese do Professor Doutor Antônio Carlos Hidalgo Geraldo, intitulada *Didática de Ciências e de Biologia na perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica*. Neste trabalho o Prof. Dr. Geraldo, buscou fundamentar os princípios metodológicos<sup>3</sup> que ele próprio, ao longo de sua carreira de professor, utilizava para o ensino de Ciências e Biologia, a partir de uma teoria pedagógica e didática:

Estes princípios necessitavam de uma fundamentação que tomasse como base uma teoria pedagógica e uma teoria geral da Didática, de forma articulada e coerente, formando um sistema teórico-científico sobre o processo de ensino destas disciplinas. (GERALDO, 2006, p. 11)

Desta forma, o objetivo principal do Prof. Dr. Geraldo foi:

(...) a fundamentação e a articulação dos princípios metodológicos acima explicitados com os demais elementos básicos do processo de ensino<sup>4</sup>, visando participar do desenvolvimento da teoria do processo de ensino das disciplinas Ciências e Biologia da educação escolar, a partir de uma proposta didática fundamentada na Pedagogia Histórico-Crítica. (GERALDO, 2006, p. 12).

Através da leitura da referida tese, percebemos que um exercício de análise sobre o tratamento de determinado assunto por um livro didático de Biologia, poderia se valer das contribuições desta obra, já que uma das pretensões do autor é “servir de base para participar da construção da teoria da didática de Ciências e de Biologia no âmbito da Pedagogia Histórico-Crítica” (GERALDO, 2006, p. 12). Desta forma, empregamos parte de suas reflexões como orientações para definir os aspectos a serem considerados na análise dos assuntos que examinamos nos 2 livros didáticos selecionados. Sendo assim, selecionamos quatro dos princípios metodológicos para o ensino de Ciências e Biologia definidos por Geraldo:

- a) **Enfoque evolutivo:** aplicação do princípio geral da lógica dialética “tudo se transforma”, a realidade e o conhecimento são processos em movimento constante de transformação-conservação
- b) **Enfoque ambiental:** aplicação direta dos princípios gerais da lógica dialética “tudo se relaciona” ou o “princípio da interdependência universal”, e dos princípios fundamentais da Ecologia.
- c) **Enfoque em educação para a saúde:** aplicação dos princípios didáticos da “unidade entre a teoria e a prática”, “da estreita relação entre a escola e a vida dos trabalhadores” e “da unidade entre a educação científica e a educação integral dos alunos”.

<sup>3</sup> “Problematização, contextualização, instrumentalização, interdisciplinaridade, historicidade, dialogicidade, totalidade, sistematização, aplicação, enfoque evolutivo, enfoque ambiental, ênfase em educação para a saúde e ênfase nos métodos das ciências naturais”. (GERALDO, 2006, p. 11).

<sup>4</sup> “Objetivos, conteúdos, ensino, aprendizagem e condições”. (GERALDO, 2006, p. 12).

- d) **Enfoque nos métodos de pesquisa próprios das Ciências Naturais:** aplicação dos princípios didáticos “da unidade entre forma e conteúdo, entre conteúdos e métodos, entre conhecimentos e habilidades cognitivas”; “das possibilidades de aproximação, de interdependência e de desenvolvimento recíproco entre os métodos de aprendizagem e os métodos de investigação”. (GERALDO, 2006, p. 120-121, grifo do autor).

Em seguida, buscamos associar estes enfoques às categorias do Materialismo Histórico-dialético:

- a) Enfoque evolutivo: **categoria *Historicidade***  
 b) Enfoque ambiental: **categorias *Totalidade e Dialogicidade***.  
 c) Enfoque em educação para a saúde: **categorias *Contextualização, Instrumentalização e Problematização***.  
 d) Enfoque nos métodos de pesquisa próprios das Ciências Naturais: **categoria: *Sistematização e Instrumentalização***

O que procuramos fazer aqui foi apenas um exercício de associar as categorias aos enfoques utilizados nesta análise. Mas é claro que estes enfoques podem também se relacionar com outras categorias para as quais não se estabeleceu relação.

Desta forma, nos capítulos selecionados nos materiais didáticos A e B, analisamos os conteúdos: organismos geneticamente modificados (transgenia) e terapia gênica, buscando nos diferentes enfoques, conforme acima listados e conforme associação com as categorias do Materialismo Histórico-dialético, indicações do tratamento dado às temáticas.

A literatura disponível demonstra haver muitas pesquisas que analisam livros didáticos de Ciências e Biologia no Brasil, porém, de acordo com Garcia (2010), 88,9% focam nos conteúdos conceituais e apenas 11,1% na concepção sobre educação que o material apresenta:

O foco prioritário das pesquisas na avaliação dos conteúdos conceituais nos permite somente uma compreensão limitada de todos os elementos envolvidos no desenvolvimento do Livro Didático de Ciências. Esse foco tem sua justificativa relacionada ao papel dos conteúdos e à sua exatidão no ensino de ciências (Garcia, 2010, p. 27).

Também há uma tendência por parte dos professores das últimas décadas do século XX de pesquisarem nos livros didáticos determinados conteúdos a partir de uma análise quantitativa e qualitativa. Essa análise qualitativa em geral está

relacionada a “precisão” dos conteúdos, de acordo com Garcia (2010), o que sem dúvida é de extrema importância. Porém, Garcia, citando Jhonsen (1996)<sup>5</sup>, ressalta a importância da análise dos livros didáticos ocorrer também de forma integrada e sincronizada com todos os múltiplos determinantes de um livro, incluindo sua elaboração, produção e usuários.

Pois bem, discutir o “estado da arte” das pesquisas em livros didáticos não é objeto desta pesquisa, as considerações acima foram incluídas apenas para justificar a necessidade de análise dos conteúdos a partir de uma metodologia que vá além da simples classificação dos livros didáticos em adequados ou não relativamente a quantas e/ou a quais informações o estudante pode encontrar em determinado livro e o quanto estas informações estão corretas ou não.

Sendo assim, este estudo objetiva responder ao seguinte questionamento:

**De que forma os livros de Biologia do Ensino Médio analisados relacionam o conhecimento a respeito das células e seu funcionamento às questões relativas à tecnologia de manipulação do material genético da vida e suas implicações sobre a vida e a sociedade?**

Para a compreensão desta questão mais ampla, devem ser esclarecidas as seguintes questões específicas:

1) *Os livros didáticos de Biologia analisados explicam quais alterações realizadas a nível celular caracterizam a transgenia e a terapia gênica e em quais situações e com quais finalidades são utilizadas atualmente estas técnicas?*

Conforme a metodologia utilizada nesta pesquisa, a abordagem dos conteúdos a partir do **enfoque em educação para a saúde** estará indicando uma resposta afirmativa para esta questão, pois elucidar o propósito, ou seja, a que se destinam, as técnicas de transgenia e terapia gênica, que uso se faz delas, é associar o conteúdo estudado ao cotidiano do aluno, é permitir com que os conhecimentos adquiram significado real para este aluno, ou seja, contextualizar o conhecimento que se pretende ensinar.

Além disso, será considerado um indicativo de resposta afirmativa para esta questão a abordagem dos conteúdos a partir do **enfoque nos métodos de pesquisa próprios das ciências naturais**, pois demonstra a sistematização dos conteúdos a serem ensinados, o que, de acordo com Geraldo:

---

<sup>5</sup> JOHNSEN, E. *Livros de texto em el calidoscopio*. Estudio crítico de la literatura y la investigación sobre los textos escolares. Barcelona: Pomares-Corredor, 1996.

Refere-se ao planejamento, ordenação, classificação, sequência, unidade, continuidade no processo de ensino. Organização dos fatos, fenômenos, conceitos, leis, hipóteses, princípios, teorias científicas, habilidades e atitudes, fundamentais para servir de referência para o ensino dos conteúdos importantes e significativos para o desenvolvimento da visão de mundo dos alunos. (GERALDO, 2006, p. 119).

É necessário ao aluno apropriar-se dos elementos práticos e teóricos que lhe permitam a ação reflexiva na prática social. Conforme Saviani (2012), “Como tais instrumentos são produzidos socialmente e preservados historicamente, a sua apropriação pelos alunos está na dependência de sua transmissão direta ou indireta por parte do professor”. (2012, p. 71).

*2) Os livros didáticos de Biologia analisados abordam os processos que levaram ao desenvolvimento das técnicas de manipulação genética do ponto de vista da história das ciências naturais e também do ponto de vista das demandas sociais?*

De acordo com a metodologia adotada para esta análise, a abordagem dos conteúdos a partir do **enfoque evolutivo** indicará uma resposta afirmativa a esta questão, já que mostrará que a ciência não constitui verdade absoluta, irrevogável sobre os fatos e tão pouco é neutra, independente das relações sociais temporais, mas, pelo contrário, a ciência também é determinada pela sociedade em dado momento histórico e evolui a partir das necessidades humanas.

*3) Como são abordadas nos livros didáticos de Biologia analisados as questões éticas relativas às tecnologias de manipulação genética focos deste estudo, ou seja, o material traz ou estimula uma discussão ou reflexão sobre as implicações vantajosas ou não destas tecnologias sobre a matéria viva e sobre a sociedade?*

Uma resposta afirmativa para esta questão poderá ser sugerida pela abordagem dos conteúdos a partir de **todos os enfoques**. Através do enfoque evolutivo, por exemplo, pode-se abordar as restrições, os incentivos e interesses que envolveram o desenvolvimento das técnicas de manipulação genética desde o início das pesquisas em laboratório até os dias de hoje; através do enfoque ambiental pode-se discutir a relação homem X natureza, bem como as consequências das alterações realizadas pelo homem no ambiente e na sociedade; através do enfoque em educação para a saúde é possível discutir em que medida o uso das técnicas de manipulação genética é vantajoso, levando em consideração os direitos humanos; e assim por diante.

Os resultados das análises realizadas serão apresentados e discutidos posteriormente, em capítulo específico.

O texto desta monografia inicia com uma introdução que objetiva situar o leitor na problemática do ensino atual de Biologia, especialmente o realizado nas escolas públicas. Em seguida, a revisão da bibliografia, fornece alguns elementos teóricos sobre os assuntos pertinentes ao tema objeto da pesquisa, como o resgate dos aspectos históricos do ensino de Biologia no Ensino Médio Brasileiro; algumas considerações sobre a Engenharia Genética, em especial no que tange à transgenia e a terapia gênica; e traz também uma contextualização sobre o processo de produção geral dos livros didáticos definidos para esta pesquisa.

Após este resgate da bibliografia disponível sobre o tema, segue-se a descrição detalhada das análises realizadas nos três livros didáticos definidos para este estudo. Nesta descrição serão encontrados trechos do texto do material didático que apresentam relevância na interpretação dos resultados, a partir dos critérios definidos para análise.

Por fim, a partir da interpretação dos resultados obtidos é feito um resgate das questões às quais este trabalho buscou responder, com as considerações conclusivas a respeito de cada uma delas e com as reflexões relevantes acerca da problemática da relação ciência e sociedade.

## 2 INTRODUÇÃO

Estudos de diversos autores tais quais Amorin (1995a), Amorin (1995b), Amorin (2001), Bonzanini (2005), Conceição & Peron (2012), Liotti (2009), Pedrancini (2007), Teixeira (2001) e Teixeira (2003), mostram que – devido a diversos fatores como a baixa carga horária da disciplina, o extenso conteúdo presente da grade curricular, a escassez de material didático adequado e a formação deficiente dos docentes – muitas vezes o ensino de Biologia no ensino médio se efetiva de maneira fragmentada, positivista e linearizada, na qual se dá ênfase à definição de conceitos biológicos e à descrição morfológica e fisiológica dos seres vivos, em detrimento de informações que permitam aos estudantes compreenderem a forma com os conhecimentos científicos da área de Biologia estão envolvidos na sociedade.

Muito se reconhece sobre o papel do conhecimento científico na formação do cidadão. Jesus (2005) considera o conhecimento científico: “(...) uma ferramenta indispensável para inserção consciente e transformadora na sociedade capitalista.” (JESUS, 2005, p. 1). Da mesma forma, Amorin chama atenção para a mudança de valoração do conhecimento científico pela classe dominante, ocorrida a partir de avanços na produção capitalista em meados do século XX: “A ciência e a tecnologia passaram a constituir meios de produção dentro do sistema capitalista, sendo, por isso, agentes e recebedores dos efeitos de sua dinâmica” (AMORIN, 1995b, p. 73). A era da informática resultou em uma série de transformações na forma de produção, criando uma maior necessidade de informações (em todas as áreas de conhecimento) e de saber como utilizar essas informações.

Bonzanini (2005) acrescenta ainda que, a informação científica é tida na atualidade como uma importante ferramenta para o progresso nacional<sup>6</sup>, não só pela sua aplicação nos processos produtivos, mas também por colaborar para o desenvolvimento da democracia, já que permite aos que detêm esta informação participarem de debates acerca de diversos temas que se relacionam direta ou indiretamente às suas vidas:

---

<sup>6</sup> Cabe ressaltar que o termo “progresso nacional” é empregado nesta pesquisa a partir do ponto de vista da ciência para o capital.

A maior parte dos países do mundo valoriza o ensino científico como um fator para o progresso da economia nacional, principalmente na formação de profissionais altamente qualificados. Mais fundamental ainda, talvez, é notar que esses conhecimentos também têm um papel na construção de uma sociedade democrática, uma vez que podem ser aplicados para entender e participar de debates relacionados a diversos temas. (BONZANINI, 2005, p. 6)

Os conhecimentos das ciências naturais encontram também nessa lógica capitalista a sua razão de ser, pois, para Albagli (1998), o modo atual de produzir redefine a visão do homem sobre a natureza e a interação natureza-sociedade. Segundo este autor, a natureza, antes vista como simples matéria prima, hoje serve como fonte para experimentos científicos e tecnológicos avançados.

Entretanto, a apropriação dos conhecimentos científicos não encontra no modo de produção capitalista a sua maior valia, Geraldo (2006) sustenta que as principais funções do conhecimento científico na contemporaneidade vão além do desenvolvimento das tecnologias e meios de produção:

Podemos então deduzir algumas das principais funções do conhecimento científico no mundo contemporâneo: desenvolvimento tecnológico; formação de mão-de-obra para a indústria, o comércio e o sistema financeiro; formação de mercado consumidor, apto a aceitar os produtos que indústria tem para lhe oferecer e lhe induzir a um consumismo desenfreado; legitimação da ideologia empiricista, que apresenta a ciência como produtividade, neutralidade e progresso para todos os homens, naturalmente, linearmente, sem contradições, unilateralmente e formalmente, isto é, sem que a maioria da população se aproprie de seus fundamentos, apenas consumindo seus produtos transformados em mercadoria; **desenvolvimento da racionalização, da objetividade, da lógica e das habilidades cognitivas humanas, da produtividade do trabalho humano, do controle e transformação da natureza e das relações sociais pelo homem; desenvolvimento da visão de mundo, do passado, do presente e do futuro do homem e de suas relações com a natureza e com os outros homens; desenvolvimento da consciência dos homens sobre as finalidades e perspectivas concretas de seus direitos à qualidade de vida compatível com os padrões contemporâneos, ao trabalho e ao poder de apropriação e distribuição do produto do trabalho, à alimentação, à saúde, à educação, à habitação, à segurança, à conservação do meio ambiente, à participação nas decisões políticas da sociedade.** (GERALDO, 2006, p. 66, grifo nosso).

Para Geraldo (2006), há uma contraposição implícita quando se aborda a questão da apropriação da ciência pela população: dependendo de quem dela se apropria – classe dominante ou massa dominada – servirá, respectivamente, como instrumento de aumento e manutenção do poder da burguesia, ou “instrumento de desenvolvimento da racionalidade, da “visão crítica”, da capacidade de

problematização contextualizada do homem” (GERALDO, 2006, p. 67, grifo do autor).

Embora não se possa tomar a escola de maneira idealista como a solução de todos os problemas sociais, conforme Saviani (2012) e Duarte (2008), é também a partir da escola que se dá a expansão do acesso ao conhecimento científico. Para Duarte (2008) o ensino público deve ter como objetivo a “universalização do acesso ao que de mais rico exista na ciência e na arte por parte de todos os filhos da classe dominada (posto que os filhos da classe dominante já tem esse acesso assegurado)(...)” (DUARTE, 2008, p. 6). E, conforme Saviani:

Se os membros das camadas populares não dominam os conteúdos culturais, eles não podem fazer valer os seus interesses, porque ficam desarmados contra os dominadores, que se servem exatamente destes conteúdos culturais para legitimar e consolidar a sua dominação. (SAVIANI, 2012, p. 55).

Neste sentido, Santos (2006) afirma que é importante que a escola seja a principal veiculadora deste conhecimento, de forma a fornecer embasamento adequado para uma visão mais criteriosa sobre os processos do conhecimento científico-tecnológico e suas implicações sobre a sociedade e sobre a vida e a qualidade de vida dos cidadãos.

Na área das ciências biológicas, Amorin (2001) afirma que a tecnologia reconta e reinventa a história do corpo humano, desta forma, o ensino de Ciências deve estimular os alunos a discutirem os efeitos desta tecnologia, associando estas informações a uma sociedade conflituosa: a sociedade capitalista, na qual emergem guerras, e disputas pelo poder. Esse mesmo autor afirma, ainda, que é na prática pedagógica que o diálogo entre diferentes informações torna possível movimentos de resistência ou de não reprodução ideológica na sociedade capitalista.

Por este motivo, Aguiar Junior (1998) ressalta a necessidade de um ensino de ciências que não seja pautado apenas nos conhecimentos fundamentais historicamente adquiridos, mas que esteja comprometido com a racionalização, a formação de pensamento crítico, a capacidade de análise de hipóteses, argumentos e teorias. O ensino não pode se encerrar no repasse de conteúdos, menos ainda o ensino de Ciências. Isto porque, conforme Bonzanini (2005) e Fujiyoshi & Costa (2004) alertam: apesar de as novidades científicas da área de Biologia estarem cada vez mais sendo veiculados pela mídia de massa, a forma como são “repassadas” por estas fontes são superficiais, portanto, os cidadãos leigos que apenas por elas

se informam obtêm um conhecimento limitado, não conseguem formar opiniões críticas a respeito de assuntos polêmicos e permanecem com uma visão fragmentada e de senso comum sobre os fenômenos.

Em contrapartida, o que se observa nas concepções pedagógicas hegemônicas dos últimos anos é um esvaziamento do conhecimento científico nas escolas. De acordo com Duarte (2001), Duarte (2008), Saviani (2005), Saviani (2007) e Saviani (2012), há uma tendência à sujeição da ciência ao segundo plano na educação, fato que vêm ocorrendo a partir de meados do século XX.

Faremos a seguir uma pequena contextualização que busca elucidar o porquê deste esvaziamento de conteúdos apontados por Duarte e Saviani.

De acordo com Saviani (2012), a escola tradicional, na qual predominava a pedagogia tradicional<sup>7</sup>, foi idealizada pela burguesia e a princípio objetivava a formação elitista dos burgueses. Entretanto, o interesse da própria burguesia na instituição de uma democracia consolidada, levou a expansão do acesso das camadas populares à escola:

Para superar a situação de opressão, própria do “Antigo Regime”, e ascender a um tipo de sociedade fundada no contrato social celebrado “livremente” entre os indivíduos, era necessário vencer a barreira da ignorância. Só assim seria possível transformar os súditos em cidadãos, isto é, em indivíduos livres porque esclarecidos, ilustrados. (SAVIANI, 2012, p. 5).

No entanto, segundo Saviani, o acesso das camadas populares à escola tradicional causou efeito contrário ao esperado pela burguesia: a população, no decorrer das eleições, não escolheu representantes “adequados” do ponto de vista burguês. Sendo assim, o quadro aqui exposto, entre outras determinações, levou à reforma no modelo escolar.

Conforme Saviani, a reforma da educação ganha força a partir da década de 30, quando surgem as correntes pedagógicas inovadoras e o “movimento escolanovista”, cujos ideais defendiam uma educação pautada no aluno, enquanto sujeito da aprendizagem:

Pautando-se na centralidade do educando, concebem a escola como um espaço aberto à iniciativa dos alunos que, interagindo entre si e com o professor, realizam a própria aprendizagem, construindo seus

---

<sup>7</sup> Pedagogia tradicional, de acordo com Saviani (2012): “ seu papel é difundir a instrução, transmitir os conhecimentos acumulados pela humanidade e sistematizados logicamente. (...) A escola organiza-se como uma agência centrada no professor, o qual transmite, segundo uma gradação lógica, o acervo cultural aos alunos”. (SAVIANI, 2012, p. 6)

conhecimentos. Ao professor cabe o papel de acompanhar os alunos auxiliando-os em seu próprio processo de aprendizagem. O eixo do trabalho pedagógico desloca-se, portanto, da compreensão intelectual para a atividade prática, do aspecto lógico para o psicológico, dos conteúdos cognitivos para os métodos ou processos de aprendizagem, do professor para o aluno, do esforço para o interesse, da disciplina para a espontaneidade, da quantidade para a qualidade. (SAVIANI, 2005, p.2)

Duarte (2001), (2008), (2010) alerta sobre os perigos das correntes pedagógicas derivadas da escola nova, as quais se tornaram hegemônicas na atualidade; teorias como a pedagogia dos projetos, a pedagogia do professor reflexivo, a pedagogia das competências e a pedagogia multiculturalista. De acordo com Duarte, em comum estas teorias possuem o lema “aprender a aprender”, que implica em uma hierarquização segundo a qual são mais valorizados os conhecimentos que o aluno adquire por si só, sem o auxílio do professor.

Além disto, existe um relativismo presente nestas pedagogias, segundo o qual determinado conhecimento só têm importância dentro de uma determinada cultura, não há certo e errado, tudo depende da cultura, das necessidades e das vivências do grupo em questão. Desta forma:

(...) o relativismo cultural incide diretamente sobre o currículo escolar, acarretando, no limite, sua total fragmentação e até mesmo sua insolvência. Como definir conteúdos que devem ser ensinados a todas as crianças se o critério de relevância ou até mesmo de veracidade dos conhecimentos é a cultura específica à qual pertence o indivíduo? Como definir-se um currículo comum a todos se não existe uma cultura comum a todos? Se existem milhares de culturas particulares, existirão milhares de currículos, ou o currículo escolar é dissolvido e em seu lugar é colocado um suposto diálogo entre as culturas nas quais estão inseridos os alunos? E o que define qual é a cultura de cada aluno: etnia, classe social, gênero, idade, local onde mora, os meios de comunicação, os estilos musicais, as religiões, as atividades de lazer, o esporte preferido? O relativismo, tanto em seu aspecto epistemológico como no cultural, leva a uma ausência de referências para a definição do que ensinar na escola às novas gerações. (DUARTE, 2008, p. 2 e 3).

Outro apontamento feito por Duarte (2008) com relação a estas correntes pedagógicas é a valoração dos métodos que levam ao conhecimento em detrimento do aprendizado dos conhecimentos em si, construídos historicamente pela humanidade. Duarte nos mostra que o objetivo destas correntes é fazer com que o aluno seja estimulado a encontrar métodos para resolução de problemas, e assim, adaptar-se às exigências da sociedade capitalista. Além disto, conforme o autor estas correntes pedagógicas difundem o conhecimento utilitarista como o essencial

ao aprendizado: “Ensinar conteúdos que não tenham utilidade no cotidiano do aluno tornou-se uma atitude anti-pedagógica” (DUARTE, 2010, p. 37).

Mesmo quando os projetos surgidos nas atividades escolares demandem algum tipo de conhecimento proveniente do campo da ciência, o que articula os conhecimentos é o objetivo de formação de habilidades e competências requeridas pela prática cotidiana (DUARTE, 2010, p. 38).

A despeito das teorias pedagógicas, Duarte afirma que o mais importante para uma formação de qualidade é o foco nos conhecimentos:

para superarmos as pedagogias relativistas e o esfacelamento do currículo escolar precisamos admitir que a questão central da pedagogia não reside nas relações entre professor e aluno ou nas relações dos alunos uns com os outros; a questão central da pedagogia está nas relações que professor e alunos estabelecem com o conhecimento objetivado nos produtos intelectuais da prática social humana em sua totalidade. (DUARTE, 2008, p. 9)

Por este motivo, o papel do professor é fundamental para a efetivação de um aprendizado significativo por parte do aluno. O professor enquanto profissional mediador do conhecimento pode ser também um fator a ser considerado quando se analisa o “esfacelamento”, nas palavras de Duarte (2008), dos currículos de ciências.

Pacheco et. al. (2001) atribui à interferência de organismos multilaterais a decadência nos cursos de formação dos professores a partir da década de 1990. Para este autor, órgãos como o Banco Mundial, a Unesco e a Cepal, difundem a visão segundo a qual o professor em geral não está preparado para formar profissionais “competentes” para a sociedade atual e exige do professor uma reprofissionalização. Esta “competência” de que fala Pacheco et. al. pode ser entendida como as capacidades de “comunicação, de raciocínio lógico-formal, de criatividade, de articulação de conhecimentos múltiplos e diferenciados de modo a capacitar o aluno-cidadão a enfrentar sempre novos e desafiantes problemas” (PACHECO, ET. AL., 2001, p. 186). Competências estas que, de acordo com a lógica neoliberal, asseguram a empregabilidade.

Segundo Pacheco, o estado atribui ao professor a responsabilidade de formar cidadãos com as competências necessárias ao mercado, “daí indicar que todo conteúdo de ensino deve estar radicado na praticidade, no ensinar o que é imediatamente significativo, aplicável e útil”.

Então, é preciso reprofissionalizar o professor para diminuir a distância existente entre o que se ensina nas salas de aula e a vida. “Para tanto foi necessário o peculiar estratagema de deslegitimação de seus saberes teóricos e práticos seguidos do esforço de convencê-los de que precisam de uma reprofissionalização (...)” (PACHECO, ET. AL., 2001, p. 188). Desta forma, a chamada “pedagogia das competências” foi também aplicada ao curso de formação dos professores.

Profissionais desqualificados são mais dependentes dos livros didáticos para as suas aulas. Krasilchik (2012), quando fala sobre os efeitos da Lei nº 5.692, para o ensino da Biologia, é muito clara ao mostrar esta dependência:

Então, se em um plano havia esforços para mudanças, em outro, esse esforço fora anulado por forças muito poderosas: a legislação em vigor, os precários cursos de formação de professores que colocavam no mercado profissionais despreparados e incompetentes. **Estes, por sua vez, dependiam de livro-texto, em sua maioria de má qualidade, pois deviam servir para suprir a incapacidade dos docentes,** assim como suas péssimas condições de trabalho.

**O livro passou a ser uma peça de importância central,** impondo-se o modelo chamado de estudo dirigido, termo mal aplicado a exercícios, em geral compostos por questões de múltipla escolha que dependiam apenas de leitura ou, mais raramente, questões dissertativas que requeriam transcrição literal do texto. (KRASILCHIK, 2012, P. 30, grifo nosso).

Então, não é incoerente o questionamento sobre em que medida os professores, em sua prática profissional, contribuem para o esvaziamento da ciência nos currículos de Biologia do Ensino Médio.

A presente pesquisa defende uma retomada de ensino do conhecimento historicamente produzido pela humanidade nas escolas, especialmente na escola pública, mas de maneira que a prática social esteja inserida neste contexto para que os conteúdos abstratos possam ser convertidos em conteúdos reais.

Então, baseados em todas essas discussões, a hipótese que se levanta neste início de pesquisa e a qual se pretende investigar, é a de que o ensino da Biologia nos livros didáticos mais utilizados atualmente nas escolas públicas do Paraná ou é superficial, dotado de senso comum, influenciado pelo lema “aprender a aprender” ou é excessivamente conteudista, relacionando os conhecimentos essenciais à disciplina de forma descontextualizada das relações sociais e históricas que o produziram, fechando o conteúdo em si mesmo, conforme nos mostra Teixeira (2003).

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DO ENSINO DE BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO BRASILEIRO

O resgate de alguns aspectos históricos relevantes para a compreensão do ensino da Biologia inicia baseado especialmente nos trabalhos dos autores Lorenz (1986), Lorenz (2003) e Bizzo (s. n. t.), por constituírem literatura referente ao ensino de Biologia, anteriormente ao século XX. Vale ressaltar que parece haver poucos trabalhos sobre o ensino da disciplina antes da segunda metade do século passado. A caracterização do ensino de Biologia ao longo do século XX nesta pesquisa é, em grande parte, baseada nos trabalhos de Krasilchik (2012), por ser uma literatura de referência sobre o assunto no período, de forma que serviu inclusive como base para vários estudos posteriores, por vários autores, sobre o ensino de Ciências e Biologia, conforme Lemgruber (2000).

De acordo com Lorenz (1986), Lorenz (2003) e Silva (1999), o embrião da disciplina “Biologia” no Ensino Médio brasileiro surgiu com a fundação do Colégio de Pedro II em 1837, criado para servir como modelo à todas as demais instituições escolares das províncias – no Império – e estados – na República. Justamente por ter sido criado com este objetivo, o currículo do colégio pode ser utilizado como parâmetro para a análise de como se pretendia o ensino das ciências neste período. O estudo das diversas ciências como as ciências naturais, físicas, história e geografia, estava previsto no currículo, entretanto, nem todas constituíam disciplinas tal como as concebemos hoje; eram ofertadas disciplinas avulsas como mineralogia, geologia, astronomia, zoologia e botânica.

Contrariando os autores citados acima, Bizzo (s. n. t.) afirma que o ensino de História Natural no Brasil iniciou antes do século XIX, e, portanto, muito antes da fundação do Colégio de Pedro II. Conforme Bizzo, na segunda metade do século XVIII, à expulsão dos jesuítas seguiu uma reforma no modelo educacional, a partir da qual teve início o estudo da disciplina História Natural, mesmo que ministrada em aulas avulsas e como disciplina optativa, de acordo com o curso superior escolhido pelo estudante, conforme Silva (1999).

No século XIX, segundo Lorenz (2003), o modelo de educação no Brasil sofria forte influência do modelo educacional francês, isto, de acordo com o autor, pode ser explicitado pelo fato de que os livros didáticos utilizados na época, adotados pelo Colégio de Pedro II, em sua maioria eram de autores franceses: “Uma análise dos programas de ensino adotados no Colégio entre 1838 e 1898, revela que foram citados trinta e dois livros de ciências, sendo que vinte e sete deles escritos por autores franceses” (LORENZ, 2003, p.6). Desta forma, Lorenz (1986), afirma que, a julgar pelos livros didáticos, o ensino das disciplinas de ciências no Colégio de Pedro II esteve sempre atualizado, pautado nos melhores cientistas da época e pode ser comparado ao ensino dos melhores colégios franceses.

Já Bizzo (s. n. t) acredita que ocorreu uma apropriação por parte dos franceses das descobertas com estudos em ciências naturais realizados pelos portugueses no Brasil, o que levou a esta dependência francesa, característica do ensino de Biologia no século XIX:

(...) a chegada de Domenico Agostino Vandelli em Portugal em 1764, proveniente de Pádua, constitui marco decisivo. Especialmente contratado pelo Marquês de Pombal para participar de ampla reforma educacional que se seguiria logo após a expulsão dos Jesuítas, ele fez os estudos de história natural entrarem na ordem do dia. Ele indicou o pupilo Alexandre Rodrigues Ferreira, que aqui aportou em 1783 para empreender uma *viagem filosófica*, (...) que durou de 1783 a 1791. Paradoxalmente, essa viagem filosófica quase não lhe rendeu frutos científicos. Foi ao coração da Amazônia, chegando à Cuiabá e retornando a Belém. Coletou e remeteu inúmeros espécimes de animais e plantas a Portugal. Todo esse material acabou sendo vítima da lentidão de processamento da informação português e, principalmente, do ambiente político conturbado da Europa à época. Grande parte o material logo cairia em mãos francesas e muito seria encaixotado e remetido à Paris. (BIZZO, s. n.t., p. 148, grifo do autor)

Bizzo (s. n. t.) também discorda de Lorenz quanto à qualidade dos livros didáticos franceses utilizados no Brasil:

Os livros do professor Mello Leitão, catedrático do Colégio Pedro II, são um marco para o ensino da Biologia no Brasil. Publicados desde o início do século XX, são justificados pelo professor como uma reação às traduções e aos erros grosseiros que poderiam ser encontrados nos textos franceses. Em seu livro *Zoologia* de 1917, o professor mostra a confusão que era com os animais da fauna brasileira, confundida com a de outros continentes riscados por algum trópico. Em matéria de ensino da Zoologia, pouca alternativa havia para os alunos brasileiros além de utilizar manuais franceses, baseados sobretudo em elementos da natureza da África, Ásia e Oceania. (BIZZO, s. n. t., p. 149, grifo do autor)

Embora haja divergência de posições entre os autores Lorenz e Bizzo quanto às contribuições vantajosas do modelo educacional francês para a educação

brasileira, ambos concordam que houve sim uma influência muito forte do modelo de ensino francês no Brasil no século XIX. Até porque, conforme Bizzo (s. n. t.), o Brasil era carente de infraestrutura editorial para a produção de material didático para o ensino neste período, além de não possuir tradição científica.

Com relação ao método utilizado para o ensino de Ciências, Lorenz (1986) afirma que analisando os livros didáticos utilizados no século XIX, percebe-se que o ensino fazia pouco uso da metodologia experimental, enfocando o ensino na teoria, característica da escola tradicional francesa:

Muito embora pareça ter havido pouca ênfase à experimentação no ensino – uma característica do ensino francês, - também é evidente que houve um esforço marcante durante o século, por parte da Congregação do Colégio, no sentido de introduzir e manter um forte programa de ensino teórico nas aulas de ciências físicas e naturais. (LORENZ, 1986, p. 434)

Entretanto, por mais que o ensino de ciências naturais se efetivasse mediante o estudo de textos teóricos, já é possível perceber a concepção utilitária das ciências do ponto de vista de mercado, quando, a partir da necessidade de preparação de especialistas técnicos para os vários setores da economia, em 1854, ocorreu a primeira reforma no currículo do Colégio de Pedro II:

Em 1854, a reforma do Ministro do Império, Luiz Pereira de Couto Ferraz, reorganizou o currículo do Colégio de Pedro II com o propósito de incorporar o ensino técnico ao programa regular do ensino. Respondendo à necessidade de preparar especialistas e técnicos para os vários setores da economia, a reforma redefiniu as finalidades do Colégio. O ministro propôs um modelo curricular de 4 + 3 quando criou dois ciclos de estudos: o primeiro de quatro anos, que foi destinado para alunos que pretendessem seguir as carreiras técnicas; e o segundo ciclo complementar, de três anos para os alunos interessados em ingressar em instituições de ensino superior. (LORENZ, 2003, p. 4)

Nestas reformas, as ciências tiveram um papel importante de preparar os alunos para as profissões técnicas e foram concentradas no programa que levaria o aluno ao título de Bacharel em Ciências. (LORENZ, 2003, p. 5)

Por volta de 1864, ocorreu uma nova reforma, a qual, conforme Lorenz (2003), resultou no fortalecimento dos estudos humanísticos em detrimento do estudo das demais ciências. Esta reforma também decorreu da influência francesa, pois as autoridades do país não concordavam com o ensino voltado ao mercado de trabalho e pediam a volta do ensino elitista, cujo principal objetivo era a preparação para o ingresso no Ensino Superior.

Em fins do século XIX, as ciências naturais e empíricas retomam papel de destaque por influência dos princípios positivistas de Augusto Comte e, de acordo

com Lorenz (2003), o currículo foi organizado de forma que os conhecimentos de Matemática, Astronomia, Física, Química e Biologia, ganharam papel de destaque.

Da mesma forma que Lorenz, Aires (2005), tomando, como base para o estudo do ensino de Ciências no Brasil durante a primeira metade do século XX, o colégio jesuíta “Ginásio Catarinense”, em Florianópolis, concluiu que o ensino de ciências nesta instituição era atualizado e de alta qualidade. Estudo realizado pela autora, que consistiu na análise dos livros didáticos adotados pelo colégio no período, indica que os conteúdos refletiam as novidades científicas do início do século XX. Além disto, no mesmo estudo, entrevistas realizadas com ex-alunos do Ginásio Catarinense, mostraram que o ensino de Ciências, inclusive o de ciências naturais, utilizava como metodologia, aulas práticas de laboratório. A autora acredita que esta pudesse ser a realidade de muitos colégios jesuítas do período, no sul do Brasil.

Fato histórico que marcou a primeira metade do século XX, e que influenciou na educação, foi a crise do capitalismo. De acordo com Barbosa (2000), a “grande depressão”, que teve início no ano de 1929, marcou uma das maiores crises já ocorridas ao sistema capitalista. Esta situação exigiu que os países atingidos pela crise reformulassem suas políticas para beneficiar o mercado e evitar a ascensão de outros modelos econômicos como o socialismo. Uma destas reformas, segundo Barbosa (2000), foi o chamado “planejamento moderado”, que “abriu” a economia para a intervenção do Estado, ou seja, ocorreu uma forma de associação entre burguesia e Estado.

Então, a partir da década de 1930, inicia nos Estados Unidos e na Europa Ocidental um período conhecido como “Estado de bem estar social” que visava, conforme Netto (1993), tornar compatíveis a dinâmica de acumulação capitalista e a garantia de direitos políticos e sociais mínimos. Ora, se objetivo era evitar a ascensão especialmente do socialismo, era necessário investir em uma reforma educacional, voltada especialmente para a formação de valores e normas de condutas considerados ideais para a continuidade do sistema capitalista vigente e para a não dissolução da sociedade de classes.

Associada a reforma no modelo educacional, houve a expansão do acesso à educação para toda a população, não só pela necessidade de mão de obra com o mínimo de qualificação, mas também para garantir às massas os direitos básicos de cidadania, criando assim uma sensação de igualdade e contendo uma possível

revolta do proletariado. A educação passa, então, a ter papel um papel fundamental na manutenção do sistema vigente, conforme Barbosa “À educação caberia a tarefa de realizar a integração entre os indivíduos, a coesão para a manutenção da estabilidade social” (BARBOSA, 2000, p. 3).

No Brasil, a crise do capitalismo mundial se refletiu no fim da oligarquia cafeeira. Grande parte do café produzido no Brasil no início do século XX era exportado, logo, se os países industrializados que importavam café do Brasil estavam em crise, nosso país também foi afetado, pois não tinha mais para quem exportar. Ocorreu então a necessidade de modernizar o Brasil, através da industrialização o que exigia nova visão sobre a educação. Nas palavras de Ivashita: “A ideia predominante na época era modernizar a sociedade brasileira (...) para que ocorresse toda essa modernização era apontada a educação do indivíduo como a chave para a solução dos problemas” (IVASHITA, 2009, p. 7). Conforme Ponce:

“As máquinas complicadas que a indústria criava não podiam ser eficazmente dirigidas pelo saber miserável de um servo ou de um escravo. (...) Mas ao lado dos operários não qualificados, e dos trabalhadores especializados, o capitalismo requeria também a existência de operários altamente especializados, detentores de uma cultura excepcional. (...) Favorecer o trabalho científico, mediante escolas técnicas e laboratórios de altos estudos, foi, desde essa época, uma questão vital para o capitalismo. As escolas tradicionais não estavam em condições de satisfazer essa exigência (...)” (PONCE, 1998, p. 145-146).

De acordo com Bizzo (s. n. t.), a modernização dos meios de produção, no Brasil e no mundo, foi acompanhada de uma valorização maior à disciplina de Biologia no curso de formação de professores, pois havia um “apelo ao desenvolvimento do espírito científico (expressão devida a Comte), considerado essencial na cultura do educador” (BIZZO, s. n. t, p. 150). Desta forma, conforme Bizzo, em 1939 foi publicado o livro *Biologia Educacional* pela Cia Editora Nacional, de autoria do professor Almeida Júnior, da Universidade de São Paulo. O livro se destinava ao curso de formação de professores, então chamado de *magistério*.

Essa valorização aos conhecimentos de Biologia é coerente com a corrente pedagógica que ganha força neste período, conhecida como “Escola Nova”. Conforme Bizzo:

(...) procurava-se superar a dita pedagogia tradicional ou a arte de ensinar, que tinha na imitação de modelos e na visibilidade duas características emblemáticas de um republicanismo progressista de fins do século XIX. Tratava-se de implantar uma pedagogia nova, proclamada científica e experimental, nos aspectos: de procurar, no lugar de modelos ideais ou

mesmo idealizados, boas práticas; de procurar pesquisa de implementação, no lugar de exercícios de imitação e repetição, feitas em escolas-modelo anexas às escolas normais (...). (BIZZO, s. n. t., p. 150)

Se a pedagogia tradicional ensinava ciências naturais enfatizando os conteúdos historicamente adquiridos, articulando o ensino com o produto da ciência, a pedagogia nova centrava-se na experimentação, preocupava-se em dotar os alunos de racionalidade a partir da atividade científica, deslocando o eixo da aprendizagem do produto da ciência para a aprendizagem do processo de produção da ciência:

Na verdade, o que o movimento da Escola Nova fez foi tentar articular o ensino com o processo de desenvolvimento da ciência, ao passo que o chamado método tradicional o articulava com o produto da ciência. Em outros termos, a Escola Nova buscou considerar o ensino com um processo de pesquisa; daí por que ela assente no pressuposto de que os assuntos de que trata o ensino são problemas, isto é, são assuntos desconhecidos não apenas pelos alunos, como também pelo professor. (SAVIANI, 2012, p. 45)

Desta forma, do ponto de vista da escola tradicional, a ciência era tida como conhecimento necessário à formação humanística geral do cidadão e ao ingresso no Ensino Superior, enquanto a concepção de ciência da pedagogia nova era utilitarista, ou seja, para esta corrente pedagógica, a ciência é importante na resolução dos problemas da vida prática.

Entretanto, A efetivação da proposta da “escola nova”, ocorreu somente nas poucas escolas destinadas à elite, pois, para se efetivar a educação proposta pelo modelo da pedagogia nova, era necessária uma reformulação de todo o modelo escolar. Sendo assim, a não aplicação da pedagogia nova em sua totalidade nas escolas das camadas populares se deu em decorrência da falta materialidade (falta de recursos financeiros, de profissionais preparados, de infraestrutura, entre outros fatores).

Assim em lugar de classes confiadas a professores que dominavam as grandes áreas do conhecimento, revelando-se capazes de colocar os alunos em contato com os grandes textos que eram tomados como modelos a serem imitados e progressivamente assimilados pelos alunos, a escola deveria agrupar os alunos segundo áreas de interesse decorrentes de sua atividade livre. O professor agiria como um estimulador e orientador da aprendizagem cuja iniciativa principal caberia aos próprios alunos. Tal aprendizagem seria uma decorrência espontânea do ambiente estimulante e da relação viva que se estabeleceria entre os alunos e entre estes e o professor. Para tanto, cada professor teria de trabalhar com pequenos grupos de alunos, sem o que a relação interpessoal, essência da atividade educativa, ficaria dificultada; e num ambiente estimulante, portanto, dotado de materiais didáticos ricos, biblioteca de classe etc. (SAVIANI, 2012, p. 9)

Mesmo frente a esta limitação, a pedagogia nova tornou-se hegemônica neste período no ideário da maioria dos professores, causando “o afrouxamento da disciplina e a despreocupação com a transmissão de conhecimentos, acabou a absorção do escolanovismo pelos professores por rebaixar o nível de ensino destinado às camadas populares” (SAVIANI, 2012, p 10).

Muito embora estudos de Aires (2005), Lorenz (1986), Lorenz (2003) apontem para um ensino de ciências eficiente, pelo menos do ponto de vista dos objetivos elitistas, na primeira metade do século XX, Krasilchik (1987) afirma que o ensino de ciências no Brasil antes da década de 50 era incipiente, realizado por professores despreparados, muitas vezes profissionais que não eram da área da educação, e utilizava versões traduzidas de livros didáticos norte europeus.

(...) eram raros os licenciados que se dedicavam ao magistério, ficando as aulas das disciplinas científicas a cargo de profissionais, como médicos, engenheiros, farmacêuticos e bacharéis. Os programas oficiais, fortemente impregnados pela literatura didática europeia e norte-americana influenciavam os livros-texto brasileiros, em muitos casos meras traduções. O grande objetivo do programa oficial e dos textos básicos era transmitir informações, apresentando conceitos, fenômenos, descrevendo espécimes e objetos, enfim, o que se chama o produto da Ciência. Não se discutia a relação da Ciência com o contexto econômico, social e político e tampouco os aspectos tecnológicos e as implicações práticas. (KRASILCHIK, 2012, p. 20-21)

Esta contraposição, conforme Aires (2005), pode ser explicada, em parte, pelo método de estudo utilizado por Krasilchik. Baseada nos estudos de diversos autores, Aires afirma que as pesquisas em história das disciplinas escolares devem ser realizadas em instituições específicas, pois, para a autora, uma disciplina escolar é construída dentro da própria escola e somente uma análise com maior profundidade permite compreender todos os elementos determinantes no processo de sua gênese. Desta forma, Aires defende que o estudo de Krasilchik, apesar de pertinente, apresenta um panorama geral, “olhar macro” (AIRES, 2005, p. 6), sobre o ensino de Ciências na primeira metade do século XX, tornando-se, portanto, reducionista e sujeito a interpretações errôneas, segundo a qual não havia ensino de Ciências relevante no Brasil antes de 1950:

O segundo aspecto que depreendemos da análise dos trabalhos de Krasilchik é que, sob o ponto de vista de um olhar “macro”, muito provavelmente a descrição desta autora reflete o panorama mais geral do ensino de ciências brasileiro nas primeiras cinco décadas do século XX. No entanto, uma das hipóteses que discutimos neste trabalho, é que essa descrição hegemônica relativa ao ensino de ciências naquele período é verdadeira sim, porém, é reducionista e pode ser problematizada se forem

levados em consideração estudos em instituições específicas, como é o caso desta pesquisa. (AIRES, 2005, p. 6)

Assim, argumentamos que no período anterior, ou seja, nas primeiras décadas do século XX, o ensino de ciências não era desatualizado em todo o país indistintamente, haja vista o caso da pesquisa no Ginásio Catarinense, em Florianópolis, nos outros ginásios jesuítas da Província sul-brasileira, como também no Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro (LORENZ, 1986), nos quais há fortes indícios de que o ensino de ciências era atualizado em relação aos conhecimentos que se discutiam na área da ciência naquele momento. Portanto, consideramos que as diferenças entre a história do ensino de ciências brasileiro, anterior à década de cinquenta, que se tornou hegemônica e a história do ensino de ciências que se construiu em determinadas instituições, corroboram nossa hipótese de que a história hegemônica é verdadeira, porém reducionista, deixando clara a necessidade de pesquisas sobre a histórias das disciplinas científicas no *locus* de construção destas, para que, daqui alguns anos, a partir dos resultados dessas pesquisas, se possam acrescentar novos elementos, ou até mesmo se possa modificar a compreensão que se tem atualmente sobre a construção da história do ensino de ciências no Brasil.(AIRES, 2005, p. 11).

Apesar de as considerações feitas por Krasilchik (2012) não refletirem a totalidade do ensino de ciências realizado em todas as instituições escolares de Ensino Secundário do Brasil no início do século XX, é evidente que o ensino de ciências realizado nos colégios jesuítas como o Colégio de Pedro II e o Ginásio Catarinense não atingiu a classe trabalhadora, pois estes eram colégios voltados para a formação elitista, buscavam permitir ao aluno o ingresso no Ensino Superior e as classes populares não tinham acesso a estes colégios.

Ferreira & Salles (2008) e Krasilchik (2012) indicam o lançamento do satélite artificial “Sputnik 1” pela União Soviética como determinante para a reforma no ensino, com ênfase no ensino de ciências, ocorrida na década de 1950. De acordo com essas autoras, o lançamento do satélite acirrou a disputa entre Estados Unidos e União Soviética pela liderança no campo tecnológico, pois deixou os Estados Unidos em posição de desvantagem. Este atraso na tecnologia das Américas foi também associado a uma educação deficitária em ciência. Por este motivo, verbas passaram a ser destinadas exclusivamente para o ensino de ciências e foram criados projetos curriculares implantados inicialmente nos Estados Unidos, em seguida na Europa e em seguida nos países periféricos, como os países da América Latina. Estes projetos de reforma no currículo de ciências previam um ensino atualizado e a substituição dos métodos expositivos, característicos da pedagogia tradicional, pelos métodos experimentais, mais eficientes, permitindo maior liberdade e autonomia para que o aluno participe ativamente do processo de aquisição de conhecimentos. Profissionais que faziam parte do comitê de educação do AIBS

(American Institute of Biological Sciences) elaboraram um programa nacional para as ciências biológicas: BSCS (Biological Science Curriculum Study), o qual foi traduzido posteriormente, em 1967, pela professora Krasilchik, e utilizado no Brasil, de acordo com Ferreira & Salles. (2008).

Para estes autores foram justamente os manuais didáticos produzidos pela equipe pedagógica do BSCS que mudaram o enfoque no ensino das ciências naturais. As disciplinas, outrora ensinadas de maneira fragmentada, como se cada conhecimento não tivesse relação com outro, a partir da produção destes manuais foram unificadas em uma disciplina mestra: a Biologia. Segundo esta autora, essa unificação foi possível com a maior aceitação (“ressignificação”, nas palavras da própria autora [FERREIRA & SALLES, 2008, n. p.]) pela comunidade científica da teoria da evolução de Darwin, a partir do desvendamento do DNA e do estudo das bases da genética mendeliana. Os livros didáticos produzidos pelo BSCS teriam, portanto, auxiliado “na produção de uma retórica unificadora e moderna das Ciências Biológicas” (FERREIRA & SALLES., 2008, n. p.).

Silva (1999), através de pesquisas relativas à análise de livros didáticos utilizados desde o início do século XX, também corrobora com Krasilchik (2012) e Ferreira & SALLES (2008) quanto à mudança no enfoque do ensino de Ciências ocorrida a partir da década de 1950, pois, de acordo com a autora, até meados desta década a predominância era de livros didáticos que traziam apenas textos descritivos e, alguns, também ilustrações. Somente a partir da década de 50 os livros didáticos começaram a apresentar exercícios, discussões, sugestões de leitura complementar e, somente a partir da década de 60, sugestões de atividades práticas.

Lemgruber (2000) critica autores que utilizam na abordagem histórica do ensino de ciências o lançamento do satélite soviético “Sputnik”, de maneira superficial, como sendo o estopim para a mudança de paradigmas no ensino de ciências, tal qual o fazem Ferreira & Salles (2008), Krasilchik (1987) e demais pesquisadores que utilizam o trabalho desta autora como principal referência sobre a história do ensino de ciências. Pois, Lemgruber, possivelmente outros interesses internacionais, que não apenas a disputa comunistas X capitalistas, influenciaram alterações no currículo. Lemgruber aponta, portanto, a necessidade de novas pesquisas mais aprofundadas no estudo da história de ciências que venham a preencher esta lacuna, especialmente com relação a primeira metade do século XX.

Segundo Krasilchik (2012), os anos que se seguiram a partir da década de 1960 foram marcados pelas descobertas da psicologia na área cognitiva, trazendo a necessidade de se compreender como o aluno aprende, ou seja, o lema escolanovista “aprender a aprender”, ganhou ainda mais força. A promulgação da Lei das diretrizes e bases da educação<sup>8</sup>, em 1961, conferiu um aumento na carga horária do curso de Biologia, e introduziu o ensino de ciências desde as primeiras séries do ginásio. Como metodologia de ensino de ciências era utilizado o método científico, através do qual o aluno identificava problemas, levantava hipóteses, analisava as variáveis, planificava e analisava os resultados, ou seja, formação de pequenos cientistas: “O que se enfatizava não eram determinados conteúdos, mas, principalmente, uma postura de investigação, de observação direta dos fenômenos, e a elucidação dos problemas.” (KRASILCHIK, 2012, p. 27)

Saviani (2012) problematiza esta metodologia, pois para ele o ensino não é pesquisa “o desconhecido só se define por confronto com o conhecido, isto é, se não se domina o já conhecido, não é possível detectar o ainda não conhecido, a fim de incorporá-lo mediante a pesquisa, ao domínio do já conhecido” (SAVIANI, 2012, p. 47). Além do mais, o objeto de pesquisa não pode ser definido por curiosidades ou necessidades individuais, mas sim por motivação social coletiva, ou seja, pelos anseios da humanidade.

Por volta da década de 1970, emergem na sociedade os problemas ambientais decorrentes da industrialização, o conceito e o estudo da educação ambiental passa a ser então uma necessidade, conforme Krasilchik (2012). Entretanto, na prática, ainda não se refletia sobre a relação ciência-tecnologia-sociedade: o uso indevido dos recursos ambientais e suas consequências, por exemplo, não eram abordados de maneira reflexiva.

Foi um período marcado por intensas transformações na educação a nível mundial. A tendência era que cada nação formulasse seus próprios programas de ensino. Essas transformações, segundo krasilchik (2012) incluíram a abertura da educação para o setor privado, culminando com maior número de vagas na educação superior; a influência dos conhecimentos da psicologia no aprendizado, enfatizando o método do ensino em detrimento do conteúdo a ser ensinado; expansão do ensino secundário profissionalizante, caracterizando o tecnicismo

---

<sup>8</sup> Lei nº 4.024, de 21 de dezembro de 1961.

pragmático, ou seja, todo conhecimento deve partir da prática cotidiana do aluno, ocorrendo assim um esvaziamento do conteúdo científico das escolas, já que o objetivo era formar mão de obra especializada para o mercado capitalista.

Para a educação tecnicista: “A escola secundária deve servir agora não mais à formação do futuro cientista e do profissional liberal, mas, principalmente, ao trabalhador, peça essencial para responder às demandas do desenvolvimento.” (Krasilchik, 2012, p. 29).

De acordo com Saviani, a pedagogia nova perde força neste período, inclusive por não terem sido observados resultados eficientes desta corrente pedagógica na prática das escolas brasileiras. Em contrapartida, ganha forma a corrente pedagogia que procura tornar o ensino objetivo e operacional:

Buscou-se planejar a educação de modo a dotá-la de uma organização racional, capaz de minimizar as interferências subjetivas que pudessem por em risco sua eficiência(...) Daí, enfim, a padronização do sistema de ensino a partir de esquemas de planejamento previamente formulados aos quais devem ajustar-se as diferentes modalidades de disciplinas e práticas pedagógicas. (...) ocupando o professor e o aluno posição secundária, relegados que são à condição de executores de um processo cuja concepção, planejamento, coordenação e controle ficam a cargo de especialistas supostamente habilitados, neutros, objetivos, imparciais. (SAVIANI, 2012, p. 13)

Sobre a educação tecnicista, Krasilchik aponta a Resolução CFE nº 30/74 como de importância para a queda no nível de ensino de ciências neste período, pois a Resolução regulamentava os cursos de licenciatura únicos para a formação dos professores de todas as ciências, o qual deveria ser complementado, caso houvesse interesse do profissional, por especializações em Química, Física ou Biologia. Era a proposta chamada “Ciência Integrada”. Desta forma, os profissionais cuja formação inicial pudesse ser considerada deficiente, se tornaram cada vez mais dependentes dos livros didáticos, tornando as aulas expositivas, ensinando fatos esparsos e desconexos e incitando a memorização de conteúdos.

Para Bizzo (s. n. t.), os efeitos desta formação multidisciplinar aos professores são sentidos até hoje na disciplina de Biologia no Ensino Fundamental e Médio. De acordo com o autor ainda se toleram professores de Biologia sem formação específica. Além disso, conforme Bizzo, a partir da reforma universitária de 1968, com a Lei 5.692 de 1971, o vestibular passou a ter grande influência em relação ao conteúdo ensinado nas escolas:

Assim, a salutar descentralização das definições sobre conteúdos e métodos educativos no Ensino Médio foi transformada em monopólio de decisões dos exames vestibulares e, por decorrência, de toda a estrutura de ações educacionais nos níveis anteriores de ensino. Hoje, no lugar de uma etapa da Educação Básica, o Ensino Médio ainda é visto como mero espaço de preparação para o vestibular, moldando todo um nível de ensino diante das demandas específicas das camadas médias da população, que aspiram por ensino superior de qualidade, para o qual as universidades públicas são referências obrigatórias. (BIZZO, s. n. t., p. 154)

Retomando o contexto social, conforme Netto (1993) o capitalismo do século XX atingiu um ponto em que se mostrou ineficiente para promover o crescimento econômico e social em ampla escala. Desta forma a crise do “Estado de bem estar social” nos Estados Unidos e na Europa Ocidental, ocorrida especialmente em fins da década de 1980 e início da década de 1990, expressa justamente: “a curva decrescente da eficácia econômico-social da ordem do capital” (NETTO, 1993, p. 69). Isto porque os ganhos com o “Estado de bem estar social” só eram possíveis em períodos de grande expansão da acumulação capitalista. Este era o cenário perfeito para a explosão do chamado “neoliberalismo”, com muitos impactos sobre a educação:

A redução dos gastos sociais como uma das premissas essenciais do neoliberalismo, abria horizontes sombrios para o futuro da educação. A política educacional típica do período consistiu em **reformatar**: reformatar para tornar eficiente e eficaz a educação; reformatar para adequar a educação aos ditames do novo paradigma da acumulação capitalista; reformatar para flexibilizar as relações de trabalho entre os trabalhadores da área; reformatar para criar mecanismos de controle (avaliação e autonomia) do ensino e da produção científica; reformatar para tornar a forma de organização e gestão do ensino apto a converter-se em campo de domínio do capital e da produção de mercadorias. (MINTO, s. n. t., n. p., grifo do autor)

Premissa básica do neoliberalismo é a diminuição dos gastos públicos, por este motivo, a abertura da educação para o setor privado, que vinha ocorrendo desde a ditadura militar, se intensificou e as privatizações ganharam ainda mais força. De acordo com Minto (s. n. t.) a maior perda para o ensino público ocorreu com a constituição de 1988, que “(...) não garantiu a exclusividade de recursos públicos para os estabelecimentos de ensino mantidos pelo Estado” (MINTO, s. n. t., n. p.).

Neste contexto, o capital internacional, buscando a manutenção dos seus interesses, passou a exercer influência na educação dos países em desenvolvimento, através da ação de organismos multilaterais como o Banco Mundial, FMI (Fundo Monetário Internacional), UNESCO (Organização das Nações

Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). De acordo com Minto, as principais diretrizes destes órgãos são:

1) focalização do gasto público no ensino básico, com ênfase no ensino fundamental; 2) descentralização do ensino fundamental (...); 3) estímulo à privatização dos serviços educacionais e à criação de verdadeiras indústrias em torno das atividades educacionais; 4) ajuste da legislação educacional no sentido da desregulamentação dos métodos de gestão e das instituições educacionais, garantindo ao governo central maior controle e poder de intervenção sobre os níveis de ensino (através dos sistemas nacionais de avaliação e fixação de parâmetros curriculares nacionais, por exemplo), mas sem que ele mesmo participe diretamente da execução dos serviços. (MINTO, s. n. t., n. p.)

De acordo com Zanardini (2007), as interpretações pós-modernas entendiam que o momento era de uma crise de paradigmas e que, portanto, as instituições estatais, da forma como se apresentavam, não atendiam mais às demandas da sociedade, agora competitiva e globalizada. Ocorreu então a descentralização do poder estatal sobre a gestão das instituições, estimulando-se, além das privatizações, a criação das chamadas “propriedades pública não estatal”, ou seja, organizações de direito privado, mas com finalidades públicas, sem fins lucrativos.

Na educação, Zanardini (2007) cita como possíveis evidências da suposta crise de ineficiência das instituições estatais os altos índices de reprovação, a evasão escolar e os desperdícios de recursos públicos na manutenção da escola. Portanto, para a manutenção das ideias neoliberais a educação também necessitava de reforma:

(...) uma reforma da educação capaz de desenvolver no espírito humano a capacidade de resolver problemas, de produzir um espírito criativo e flexível para sobreviver aos desafios postos pela modernização da sociedade e adequar-se à “nova racionalidade” exigida por essa sociedade. (ZANARDINI, 2007, p. 257, grifo do autor).

Ao analisar alguns documentos durante a sua tese de doutorado – “Declaração mundial sobre a educação para todos” e o Plano de ação para satisfazer as necessidades básicas de aprendizagem (FUNDO DA NAÇÕES UNIDAS PRA A INFÂNCIA (UNICEF), 1990); “Plano decenal de educação” (1993), CEPAL (1995) “Educação e conhecimento: eixo da transformação produtiva com equidade” e o Relatório Jacques Delors (1999) –, a autora Zanardini identificou concepções segundo as quais a educação era tida como onipotente em resolver

todos os problemas sociais do país, sucesso que os países desenvolvidos já teriam alcançado por terem seu foco na educação, especialmente no ensino básico.

A influência dos órgãos multilaterais na educação se refletiu na elaboração dos PNC (Parâmetros Curriculares Nacionais). Conforme Barbosa:

(...) os PCNs não podem ser entendidos fora do contexto das discussões internacionais que assinalaram a necessidade e a urgência da reforma educativa para o desenvolvimento efetivo dos indivíduos e das sociedades (BARBOSA, 2000, p. 71).

Conforme a autora, os autores dos PCN deixam claro, em seu texto introdutório, essa convergência com os ideais internacionais quando citam trechos de documentos como, por exemplo, o relatório Jacques Delors<sup>9</sup>, que mencionam “tensões” existentes na sociedade contemporânea, que estariam em via de serem eliminadas pela educação voltada aos valores morais e éticos:

**A tensão entre o global e o local**, ou seja, entre tornar-se pouco a pouco cidadão do mundo sem perder suas raízes, participando ativamente da vida de sua nação e de sua comunidade. Num mundo marcado por um processo de mundialização cultural e globalização econômica, os fóruns políticos internacionais assumem crescente importância. No entanto, as transformações em curso não parecem apontar para o esvaziamento dos Estados/Nação. Pelo contrário, a busca de uma sociedade integrada no ambiente em que se encontra o ‘outro’ mais imediato, na comunidade mais próxima e na própria nação, surge como necessidade para chegar à integração da humanidade como um todo. É cada vez mais forte o reconhecimento de que a diversidade étnica, regional e cultural continuam a exercer um papel crucial e de que é no âmbito do Estado/Nação que a cidadania pode ser exercida.

**A tensão entre o universal e o singular**, isto é, ao mesmo tempo em que é preciso considerar que a mundialização da cultura se realiza progressivamente, é preciso não esquecer das características que são únicas de cada pessoa: o direito de escolher seu caminho na vida e de realizar suas potencialidades, na medida das possibilidades que lhe são oferecidas, na riqueza de sua própria cultura.

**A tensão entre a cultura local e a modernização dos processos produtivos**: apropriar-se da modernização dos processos produtivos, fruto da evolução científica tecnológica, assumindo papel tanto de usuário como de produtor de novas tecnologias, sem renegar os valores e o cultivo de bens culturais locais.

**A tensão entre o instantâneo/efêmero e o durável**: num contexto em que uma imensa quantidade de informações e de emoções atuam sem cessar, faltam espaços para maior reflexão sobre os problemas e suas soluções; privilegiam-se opiniões, respostas e soluções rápidas, muito embora, para muitos problemas sejam necessárias estratégias pacientes e negociadas. Tal é o caso das políticas para a educação.

**A tensão entre o espiritual e o material**: frequentemente as sociedades, mesmo envolvidas cotidianamente com as questões materiais, desejam alcançar valores que podem ser chamados morais/espirituais; suscitar em

---

<sup>9</sup> “Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre educação para o século XXI”. (BARBOSA, 2000, p. 72).

cada um tais valores, segundo suas tradições e convicções, é uma das tarefas para a educação. (BRASIL<sup>10</sup>, 1998, p. 16, apud BARBOSA, 2000, p. 72 – 73, grifos do autor).

Desta forma, para a autora os textos destes Parâmetros corroboram com o mito da escola onipotente:

Diante dessa conjuntura, há uma expectativa para que a educação brasileira se posicione na linha de frente da luta contra as exclusões, contribuindo para a promoção e integração de todos os brasileiros, voltando-se à construção da cidadania, não como meta a ser atingida num futuro distante, mas como prática efetiva. (BRASIL, 1998, p. 21, apud BARBOSA, 2000, p. 74)

Destacamos que a autora se refere aos PCN para o ensino fundamental, no entanto, afirma que, possivelmente, os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) tenham seguido o mesmo princípio.

Para Zanardini, os Parâmetros Curriculares Nacionais foram construídos com o objetivo de padronizar o ensino no Brasil e manter a ideologia que se intensificou como hegemônica a partir da “reforma do Estado”, ou seja, a de que a educação deve objetivar formar cidadãos com capacidade de adaptação à sociedade:

a pós-modernidade exige do homem a valorização da capacidade de aprender a aprender, de adquirir informações e conhecimentos, de interpretar e resolver os desafios colocados em uma sociedade que estaria em permanente mudança, a “sociedade do conhecimento” (ZANARDINI, 2007, p. 259, grifo do autor).

Esta visão segundo a qual os alunos devem adquirir capacidades (competências) específicas para adaptação social é identificada nos PCNEM. Citamos um trecho que explicita essas competências, no que tange à Biologia:

Representação e comunicação

- Descrever processos e características do ambiente ou de seres vivos, observados em microscópio ou a olho nu.
- Perceber e utilizar os códigos intrínsecos da Biologia.
- Apresentar suposições e hipóteses acerca dos fenômenos biológicos em estudo.
- Apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico apreendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc
- Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo.

---

<sup>10</sup> BRASIL, MEC, Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais* – Brasília: MEC/SEF, 1998.

- Expressar dúvidas, idéias e conclusões acerca dos fenômenos biológicos.

#### Investigação e compreensão

- Relacionar fenômenos, fatos, processos e idéias em Biologia, elaborando conceitos, identificando regularidades e diferenças, construindo generalizações.
- Utilizar critérios científicos para realizar classificações de animais, vegetais etc.
- Relacionar os diversos conteúdos conceituais de Biologia (lógica interna) na compreensão de fenômenos.
- Estabelecer relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico.
- Selecionar e utilizar metodologias científicas adequadas para a resolução de problemas, fazendo uso, quando for o caso, de tratamento estatístico na análise de dados coletados.
- Formular questões, diagnósticos e propor soluções para problemas apresentados, utilizando elementos da Biologia.
- Utilizar noções e conceitos da Biologia em novas situações de aprendizado (existencial ou escolar).
- Relacionar o conhecimento das diversas disciplinas para o entendimento de fatos ou processos biológicos (lógica externa).

#### Contextualização sócio-cultural

- Reconhecer a Biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos.
- Identificar a interferência de aspectos místicos e culturais nos conhecimentos do senso comum relacionados a aspectos biológicos.
- Reconhecer o ser humano como agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas no seu ambiente.
- Julgar ações de intervenção, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva e do ambiente.
- Identificar as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico, considerando a preservação da vida, as condições de vida e as concepções de desenvolvimento sustentável. (BRASIL, 2000, p. 21).

Além de salientar as competências necessárias, o próprio texto dos PCNEM apresenta a ciência como um conhecimento utilitário, necessário à formação voltada para a capacidade de adaptação do indivíduo à sociedade:

No sentido desses referenciais, este documento procura apresentar, na seção sobre O Sentido do aprendizado na área, uma proposta para o Ensino Médio que, sem ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade. (BRASIL, 2000, p. 4).

Mesmo quando entende as dimensões da educação para além da empregabilidade, incide nos aspectos adaptativos:

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos

práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. Para a área das Ciências da Natureza, Matemática e Tecnologias, isto é particularmente verdadeiro, pois a crescente valorização do conhecimento e da capacidade de inovar demanda cidadãos capazes de aprender continuamente, para o que é essencial uma formação geral e não apenas um treinamento específico. (BRASIL, 2000, p. 6)

Outra concepção frequentemente verificada nos PCNEM é a da interdisciplinaridade:

No nível médio, esses objetivos envolvem, de um lado, o aprofundamento dos saberes disciplinares em Biologia, Física, Química e Matemática, com procedimentos científicos pertinentes aos seus objetos de estudo, com metas formativas particulares, até mesmo com tratamentos didáticos específicos. De outro lado, envolvem a articulação interdisciplinar desses saberes, propiciada por várias circunstâncias, dentre as quais se destacam os conteúdos tecnológicos e práticos, já presentes junto a cada disciplina, mas particularmente apropriados para serem tratados desde uma perspectiva integradora (BRASIL, 2000b, p. 6).

Para Liotti (2011), o discurso da interdisciplinaridade e da necessidade de se compreender no estudo da Biologia a interação ciência-tecnologia-sociedade, não passa de discurso, já que a autora afirma que “o currículo organizado por competência, por mais que assuma um discurso de integração, ele não expressa um potencial crítico, na medida em que, não tem por princípio questionar o modelo de sociedade no qual está inserido” (LIOTTI, 2011, n. p.).

A Resolução nº 2, de 30 de janeiro de 2012, define as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Neste documento particularmente, além da concepção pragmática de ciência, já observada nos PCNEM, observa-se a valorização às diferenças culturais individuais. De acordo com estas Diretrizes, em seu artigo 4º, as finalidades da educação básica devem ser:

- II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática. (BRÁSÍLIA, 2012, p. 1-2).

Os trechos acima evidenciam o caráter utilitário atribuído à educação e em especial à ciência. Em seu inciso VII, do artigo 5º, as diretrizes deixam claro que o Ensino Médio deve se basear no reconhecimento à diversidade: “reconhecimento e aceitação da diversidade da realidade concreta dos sujeitos do processo educativo,

das formas de produção, dos processos de trabalho e das culturas a eles subjacentes(...)" (BRASÍLIA, 2012, p. 2)

Sobre esta tendência à hipervalorização das diversidades culturais, Barbosa (2000) chama a atenção para o fato de que estas diferenças podem ser utilizadas para justificar o enorme abismo que separa a burguesia do proletariado na sociedade de classes, disfarçando a origem desta real diferenciação: o modo de produção capitalista, ou seja, a mais valia.

Bizzo afirma que não há nas DCNEM (Diretrizes Nacionais Para o Ensino Médio) apoio técnica à interdisciplinaridade proposta. Além disto, as Diretrizes Nacionais, para este autor, não enfatizam os conteúdos básicos necessários à formação do indivíduo, e diminuem a importância das especificidades das disciplinas:

A mensagem que depreciava as disciplinas escolares ficou evidente na instituição de três áreas de conhecimento, entre elas Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. O estudante deveria se apropriar dos conhecimentos de Física, da Química e da Biologia, dentro da premissa de que os conteúdos são meros meios para desenvolver competências, estas mais importantes do que as informações. (BIZZO, s. n. t.)

Bizzo não se refere à última versão da DCNEM, mas sim à Resolução CNE/CB 03/1998. Na última versão do documento<sup>11</sup>, encontramos, em seu Art. 10º alguns trechos indicativos da visão neoliberal da escola onipotente, exemplificados pela inclusão de temáticas transversais que incitam à formação moral e ética, que deve ser, conforme o documento, oferecida pela escola:

Art. 10. Em decorrência de legislação específica, são obrigatórios:  
 (...) II – Como tratamento transversal e integradamente, permeando todo o currículo, no âmbito dos demais componentes curriculares:  
 educação alimentar e nutricional (Lei nº 11.947/2009, que dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação Básica);  
 processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso, de forma a eliminar o preconceito e a produzir conhecimentos sobre a matéria (Lei nº 10.741/2003, que dispõe sobre o Estatuto do Idoso);  
 Educação Ambiental (Lei nº 9.795/99, que dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental);  
 Educação para o Trânsito (Lei nº 9.503/97, que institui o Código de Trânsito Brasileiro);  
**Educação em Direitos Humanos (Decreto nº 7.037/2009, que institui o Programa Nacional de Direitos Humanos – PNDH 3).** (BRASÍLIA, 2012, p. 4, grifos do autor).

---

<sup>11</sup> Resolução CNE/CEB 2/2012.

As Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (DCE), parecem abordar uma perspectiva diferente dos Parâmetros e Diretrizes nacionais. Foram construídas tendo em vista os seguintes pressupostos:

O compromisso com a diminuição das desigualdades sociais; a articulação das propostas educacionais com o desenvolvimento econômico, social, político e cultural da sociedade; a defesa da educação básica e da escola pública, gratuita e de qualidade; a articulação de todos os níveis e modalidades de ensino e a compreensão dos profissionais da educação como sujeitos epistêmicos. (PARANÁ, 2006, apud LIOTTI, 2011, n. p.)

A forma como as Diretrizes do Estado do Paraná encaminham o ensino da Biologia, permite “a apropriação histórica da realidade material e socialmente construída” (LIOTTI, 2011, n. p.) como ponto de partida para o estudo da disciplina, além de:

Manter a centralidade da construção do conhecimento científico sob a perspectiva sócio-histórica, procura reorganizar o discurso dos PCNEM, pois, amplia a visão do conceito fenômeno Vida e aproxima a construção dos conhecimentos científicos para os fatos da vida cotidiana, no sentido de superar a concepção linear da ciência (LIOTTI, 2011, n. p.).

Apesar de dar, também, importância ao método no ensino da Biologia, as DCE se autoafirmam contrárias à perspectiva de competências, existente nos PCNEM, propondo a experimentação, contextualização e interdisciplinaridade. Sendo assim, as DCE do Estado do Paraná trazem um resgate do conteúdo da Biologia.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) enfatizaram o desenvolvimento de competências e habilidades em prejuízo de uma abordagem mais aprofundada dos conteúdos (...)  
De modo geral, os PCN promoveram um esvaziamento dos conteúdos formais nas disciplinas, o que também ocorreu no ensino da Biologia (...)(PARANÁ, 2008, p. 49).  
Nestas Diretrizes Curriculares, valoriza-se a construção histórica dos conhecimentos biológicos, articulados à cultura científica, socialmente valorizada. A formação do sujeito crítico, reflexivo e analítico, portanto, consolida-se por meio de um trabalho em que o professor reconhece a necessidade de superar concepções pedagógicas anteriores, ao mesmo tempo em que compartilha com os alunos a afirmação e a produção de saberes científicos a favor da compreensão do fenômeno VIDA. (PARANÁ, 2008, p. 54)

Entretanto, em sua dissertação de mestrado, Liotti (2009), aponta para o abismo existente entre o que propõe as DCE e o que realmente é realizado pelos professores de Biologia em sala de aula. Conforme a autora, alguns professores, embora sintam-se parte da construção coletiva das DEC, não conseguem aplica-las

na prática. Além disso, por vezes, o professor reinterpreta e dá sentido próprio ao que propõe as Diretrizes. Para Liotti, muitos professores estão presos às suas antigas metodologias e não se abrem à mudanças de paradigmas.

Concluindo este capítulo, o que se observa é que a concepção de ciência predominante na atualidade é a utilitarista. São valorizados conhecimentos científicos que apresentam aplicabilidade e relevância do ponto de vista do mercado capitalista. Esta concepção, atualmente hegemônica, direciona a formulação dos currículos escolares, subordinados, no caso do ensino médio, aos exames vestibulares para o ingresso no ensino superior. Desta forma, a engenharia genética é um conteúdo que encontra na ideologia hegemônica atual bastante razão de ser, pois pode ser aplicada em áreas como a produção de medicamentos, o aumento na produção de alimentos, a melhora na produção de alimentos, a produção de vacinas, a cura para doenças de origem genética, entre outros.

Embora as concepções atuais de Ciência reproduzam o ideal neoliberal, a escola é sempre um espaço de contradição, pois se não podemos atribuir a ela o papel de onipotente na transformação da sociedade, ao menos a educação escolar pode fornecer os instrumentos culturais sem os quais é impossível à classe trabalhadora superar a sua situação de opressão.

## 3.2 CONHECENDO A ENGENHARIA GENÉTICA: UM CONVITE À REFLEXÕES SOBRE AS SUAS IMPLICAÇÕES

Engenharia genética<sup>12</sup> é a “técnica de remoção, modificação, ou adição de genes<sup>13</sup> à molécula de DNA<sup>14</sup> a fim de alterar as informações que ela contém” (KREUZER & MASSEY, 2002, P. 417). Tal técnica permite a recombinação de fragmentos de DNA provenientes de diferentes organismos, com o objetivo de selecionar as melhores características ou potencializar alguma característica de interesse, de acordo com Nossal (1987) e Kreuzer & Massey (2002). Também pode ser definida como “um conjunto de processos que permitem a manipulação do genoma de microrganismos vivos, com a consequente alteração das capacidades de cada espécie” (CANDEIAS, 1991, p. 3). Desta forma, para Kreuzer & Massey (2002), as técnicas de engenharia genética permitem alterar as proteínas que um organismo é capaz de produzir. Neste capítulo serão exemplificadas algumas aplicações desta tecnologia, descreveremos alguns aspectos técnicos da transgenia e da terapia gênica, refletiremos sobre seus possíveis impactos socioambientais e discutiremos algumas questões que são alvo de polêmicas.

Começamos com um breve histórico. Conforme Nossal (1987), embora a atividade de fermentação dos microrganismos já seja há muito conhecida na indústria de produção de cerveja, vinho, queijo, entre outros produtos, a Biologia era uma ciência relegada a segundo plano para a tecnologia dos processos. Até aproximadamente a metade do século XX, as ciências fundamentais para o desenvolvimento das tecnologias diversas<sup>15</sup> eram a física e a química. Foi somente com a descoberta das propriedades antibióticas da penicilina, substância produzida pelo fungo *Penicillium glaucum*, pelo médico bacteriologista Alexander Fleming, que a Biologia passa a ser uma ciência de maior importância do ponto de vista industrial.

---

<sup>12</sup> Ou “tecnologia do DNA recombinante” (KREUZER E MASSEY, 2002, p. 25)

<sup>13</sup> “Unidade de informação hereditária. Um gene é uma seção da molécula de DNA que especifica a produção de uma proteína em particular” (KREUZER E MASSEY, 2002, P. 418).

<sup>14</sup> *Deoxyribonucleic Acid*. A sigla em português é ADN (Ácido desoxirribonucleico), entretanto, chamarei de DNA, por ser uma sigla já bastante conhecida pelo público em geral. “Molécula que é a base do material genético encontrado em todas as células. O DNA carrega informações genéticas de uma geração para a próxima. Como o DNA é uma molécula muito longa e fina, ele é arranjado em unidades chamadas cromossomos. O DNA pertence a uma classe de moléculas biológicas chamadas de ácidos nucleicos”. (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 416)

<sup>15</sup> Tecnologias de meio de transporte; comunicação; computação e armas de guerra, inclusive as nucleares, conforme Nossal (1987).

A descoberta da penicilina por Fleming ocorreu em 1928, mas a sua produção em escala industrial como remédio contra infecções bacterianas iniciou na década de 1940, de acordo com Grumach & Ferraroni (2006).

Desta forma, de acordo com Nossal, havia alta demanda por penicilina no mercado, porém, a capacidade de produção da substância pelos fungos era baixa:

Os microrganismos normalmente produzem duma substância apenas a quantidade de que precisam. Estão equipados com sofisticados sistemas de controle metabólico que evitam a secreção desnecessária ou excessiva de um determinado metabólito. (NOSSAL, 1987, p. 108).

Para a produção em grande escala, era necessário potencializar a capacidade de produção de penicilina pelo fungo:

No princípio da década de 1940, quando Florey<sup>16</sup> levou os seus bolores para os EUA em busca do auxílio da indústria farmacêutica daquele país, os cientistas trataram o *Penicillium* com raios X. Esta forma de radiação danifica a hélice dupla do ADN e, na sequência, há ocasionalmente uma reparação ineficiente. O ADN ligeiramente alterado pode manifestar-se como um organismo mutante. Se tratarmos com raios X uma quantidade razoável de organismos e dispusermos de técnicas de seleção suficientemente perfeitas, mais tarde ou mais cedo encontraremos um mutante que perdeu o circuito de controle que limita a produção de penicilina. Esse organismo, melhor produtor, pode então servir de ponto de partida para prosseguimento da manipulação genética. Esta estratégia simples de essência, melhorou mais de mil vezes a produção de penicilina, com uma redução de custos correspondentes, tornando viável a produção em massa. (NOSSAL, 1987, p. 108, grifo do autor).

Além do início da produção da penicilina em escala industrial, outro acontecimento relevante, ocorrido na metade do século XX, foi o desvendamento da estrutura do DNA, em 1953, pelos cientistas James Watson e Francis Crick:

O ADN, no núcleo, apresenta-se em cadeias duplas dispostas como uma escada em caracol – a famosa hélice dupla de James Watson e Francis Crick (...) (NOSSAL, 1987, p. 23).

A armação de cada cadeia de hélice consiste em unidades de açúcar e fosfato que se repetem. A função de codificação é executada por 4 bases: adenina, timina, guanina e citosina (A, T, G e C). No ADN de duas faixas as bases estão sempre emparelhadas e ligadas uma à outra no centro da hélice. A emparceira sempre com T e G com C. Quando a replicação do ADN é anterior à divisão da célula, as duas cadeias da hélice separam-se e cada uma serve de molde para a construção duma segunda cadeia complementar. As enzimas garantem a construção perfeita: se a cadeia que vai ser replicada contém A, o bloco complementar terá T, e assim por diante (NOSSAL, 1987, p. 24).

---

<sup>16</sup> Howard Florey: cientista australiano estudioso dos trabalhos de Alexander Fleming.

Este feito possibilitou um avanço no desenvolvimento das técnicas de engenharia genética. A partir daí, vários estudos buscaram compreender os mecanismos de mutação<sup>17</sup> do DNA e o metabolismo dos microrganismos, a fim de potencializar o seu uso industrial na produção das mais diversas substâncias.

A data exata da primeira experiência relacionada à engenharia genética é controversa. Nossal (1987) aponta a empresa “Cetus Corporation”, fundada em 1971 em Berkeley na Califórnia, como a pioneira no desenvolvimento de técnicas de manipulação no DNA. Fundada pelo Bioquímico Dr. Ronald Cape e pelo Dr. Donald Glaser, a empresa objetivava, desde a sua fundação, unir a Biologia à Engenharia para produzir microrganismos capazes de sintetizar grandes quantidades de antibióticos. Finalmente, em 1973, ocorreu o primeiro experimento em que houve uma alteração em uma molécula de DNA por ação humana intencional e direcionada: “O grupo de Stanley Cohen<sup>18</sup> da Universidade de Stanford e o de Herbert Boyer da Universidade da Califórnia, São Francisco, conseguiram construir moléculas de ADN biologicamente funcionais que combinavam informações genéticas de duas fontes diferentes” (NOSSAL, 1987, p. 109).

Cortivo (2003), também cita o ano de 1973 como sendo o momento em que ocorreu a primeira modificação genética realizada intencionalmente pelo ser humano – cientistas norte americanos, no caso – em uma bactéria.

Já para Candeias “a primeira experiência de clonagem de ADN foi feita em 1972 por um grupo de pesquisadores chefiados por Paul Berg, que veio a receber o prêmio Nobel em 1980” (CANDEIAS, 1991, p.3).

Embora existam divergências, quanto ao ano exato, é consenso que a aplicação das técnicas de engenharia genética teve início na década de 1970.

A partir daí segue a fundação de uma série de indústrias com o objetivo de produzir além de antibióticos, hormônios e várias proteínas utilizando a tecnologia do DNA recombinante. Só nos Estados Unidos, no ano de 1983, já havia 150 empresas que utilizavam as técnicas da engenharia genética para a produção dos seus produtos, de acordo com Nossal (1987).

Esta expansão da indústria da engenharia genética fomentou as alianças entre a indústria e a comunidade acadêmica. Nossal (1987) afirma que estas

---

<sup>17</sup> “Alteração na sequência de bases de uma molécula de DNA” (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 419).

<sup>18</sup> Consultores da empresa Cetus na época, conforme Nossal (1987).

alianças possuem aspectos vantajosos e também desvantajosos. Se por um lado o financiamento das pesquisas por parte das indústrias permite o rápido desenvolvimento das novas tecnologias, por outro lado instiga a competição ao invés da colaboração entre os cientistas. O inventor passa a ser reconhecido e a ter mais prestígio profissional, além do que algumas universidades concedem o direito de patente para o cientista que faz alguma descoberta. Entretanto, de acordo com Nossal, o principal motivo para conflitos é o embate entre a função da Universidade de beneficiar a comunidade e a necessidade de sigilo dos processos industriais capitalistas:

O secretismo crescente dentro da biologia molecular representa uma ameaça real. Esta disciplina tem uma gloriosa tradição de abertura, de troca de ideias entre os dois lados dos oceanos, e uma competição que tem mais a ver com o brilhantismo dos conhecimentos e qualidade da experimentação do que com a recompensa financeira. (...) Mas está a deteriorar-se e pode vir a desaparecer com a expansão da engenharia genética. Cientistas que antigamente eram tão ansiosos pelo registro de suas possibilidades no grupo de trabalho mostram-se agora fechados em si mesmos nas grandes conferências internacionais escamoteando pormenores e até recusando-se terminantemente a revelar dados técnicos e estruturais. (NOSSAL, 1987, p. 115).

Para Chauí (2001) as desvantagens da associação Universidades X empresas privadas vão além. Conforme já comentado no capítulo anterior, a ideologia neoliberal entende a ciência como utilitária na resolução dos problemas práticos que envolvem a manutenção do regime capitalista. Ou seja, só tem valor na sociedade atual aquele conhecimento que pode ser aplicado na prática para o incremento das tecnologias disponíveis. Neste sentido, a universidade que outrora era uma instituição que atendia aos interesses da comunidade em geral, passa a atender como prioridade os interesses do capital e se torna, nas palavras da Chauí, “entidade isolada cujo sucesso e cuja eficácia se medem em termos de gestão de recursos e estratégias de desempenho e cuja articulação com as demais só se dá por meio da competição” (CHAUÍ, 2001, p. 187). Desta forma, passou a ser mera prestadora de serviços ao Estado capitalista.

Entretanto, para o desenvolvimento das técnicas de manipulação genética e o sequente crescimento da indústria da engenharia genética, as alianças entre a indústria e a universidade foram de extrema importância, especialmente em tempos de neoliberalismo que prevê, conforme já apontado, a redução dos gastos estatais com serviços básicos como educação e saúde.

Então, as técnicas de manipulação genética evoluíram muito e rápido, de tal forma que atualmente a engenharia genética é utilizada, em diversas áreas como na produção de insulina para o tratamento de diabetes; produção de hormônio do crescimento utilizado para o tratamento de distúrbios no desenvolvimento de crianças; produção de genes humanos programados para agir contra vírus e alguns tumores; produção de vacinas; produção de agentes biológicos usados na quantificação e identificação de proteínas; aumento no rendimento de produtos da fermentação microbiológica; aumento na produção de alimentos e melhora da produtividade de alimentos quantitativa e qualitativamente; produção de materiais alternativos ao petróleo como o polihidroxibutirato; produção de antibióticos e ainda, a manipulação genética pode ser utilizada diretamente para o tratamento de doenças hereditárias, através das alterações de genes “ineficientes”, conforme os autores Barth (2005) Candeias (1991), Cortivo, et. al.(2003), Kreuzer & Massey (2002), Lopes (2005), Mayor (1992), Nardi (2002) e Nossal (1987).

Descreveremos, resumidamente, a seguir como funcionam as técnicas de transgenia e terapia gênica, utilizadas na engenharia genética. A descrição será feita com base nas obras dos autores Candeias (1991), Dani (2000), Kreuzer & Massey (2002), Neto (2005) e Nossal (1987).

Um organismo geneticamente modificado, também chamado de organismo transgênico, é aquele que teve o seu DNA alterado através da inserção de um gene de algum organismo de outra espécie. Desta forma, chamamos de transgenia a técnica utilizada para a produção destes organismos.

Antes de tudo, é necessário proceder à extração do DNA nuclear da célula do organismo que contém o gene de interesse (o organismo com alguma característica que se pretenda reproduzir em outro), pois, de acordo com Kreuzer & Massey (2002), o DNA apenas pode ser manipulado fora da célula. As técnicas utilizadas para extração do DNA não serão aqui descritas, devido à sua complexidade e por não fazerem parte do objeto desta pesquisa<sup>19</sup>.

Em seguida, é necessário partir, ou seja, clivar, dividir o DNA em pequenos segmentos, para isto, são utilizadas as chamadas **endonucleases de restrição**, que são enzimas sintetizadas naturalmente por bactérias e cuja função é protegê-las

---

<sup>19</sup> Sugestão de leitura complementar: MESQUITA, R. A.; ANZAI, E. K.; OLIVEIRA, R. N.; NUNES, F. D. Avaliação de três métodos de extração de DNA de material parafinado para amplificação de DNA genômico pela técnica da PCR. *Pesquisa Odontológica Brasileira*. v. 15, n. 4, p. 314-319, 2001.

contra ataques de vírus. Tais enzimas reconhecem sequências específicas do DNA e o clivam justamente nesta sequência ou muito próximo a ela. Cada uma destas enzimas, extraídas de um microrganismo diferente, recebe um nome específico, de acordo com o organismo da qual foi obtida e reconhece uma sequência de DNA diferente. Por exemplo: "*EcoRI* de *Escherichia coli*; *HindIII* de *Haemophilus influenzae*, e assim por diante" (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 124, grifos do autor).

A fragmentação do DNA é necessária para que se faça a seleção do fragmento que contém o gene de interesse e para que ele possa ser transportado para o interior de uma célula hospedeira através da ação de **vetores**: "O termo vetor é usado para descrever qualquer veículo que carrega o DNA para o interior de uma célula" (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 127). Os vetores utilizados são, em geral, plasmídeos ou vírus.

Mais adiante descreveremos o passo que se segue à fragmentação do DNA, antes, porém, é necessário compreender como atuam os vetores mais utilizados pela Engenharia Genética.

Plasmídeos são moléculas extras de DNA, presentes em algumas bactérias, em geral mais curtas que o DNA principal do microrganismo. Apresentam algumas propriedades interessantes, como a capacidade de autorreprodução independente do DNA principal, a capacidade de serem transmitidos de uma bactéria para outra e a capacidade de fusão ao DNA principal, carregando, ao sair da célula, traços de material genético de uma bactéria para outra. Essa particularidade dos plasmídeos que lhes permitem penetrar novas células é que faz deles moléculas carregadoras de DNA, ou seja, vetores de interesse da Engenharia Genética. Citaremos um exemplo da utilização dos plasmídeos nas técnicas de manipulação genética para a melhor compreensão:

Um plasmídeo natural particularmente útil é o plasmídeo Ti do patógeno de plantas *Agrobacterium tumefaciens*. Depois que a bactéria infecta a planta, o plasmídeo Ti transfere-se da célula bacteriana para o interior da planta invadida e insere alguns dos seus genes no DNA da planta. Os biotecnologistas exploram o plasmídeo Ti adicionando a ele genes de interesse. O plasmídeo Ti alterado é recolocado na *A. tumefaciens* e a bactéria contendo o novo plasmídeo é inoculada em uma planta. O plasmídeo Ti então transfere os novos genes para o DNA da planta. (KREUZER & MASSEY, 2002, P. 127, grifos do autor).

Além dos plasmídeos os vírus também são utilizados como vetores, devido a sua capacidade de incorporar o seu material genético ao DNA da célula hospedeira. “Os vírus são as formas de vida mais reduzidas que existem; são verdadeiros parasitas, apenas podendo viver dentro de uma célula” (NOSSAL, 2007, p. 37). Os vírus possuem a propriedade de infectarem células de maneira bastante específica, ou seja, cada vírus tem afinidade por um tipo específico de célula. Esta característica constitui uma vantagem da utilização dos vírus como vetores pelos cientistas que atuam na manipulação genética, pois, utilizando vírus cuja afinidade celular seja conhecida, podem fazer com que genes de interesse sejam levados para células que se pretende modificar com maior precisão. Entretanto, devido a sua potencialidade de causar doenças no hospedeiro, o DNA viral que será utilizado como vetor deve ser “modificado de maneira a tornar o vetor menos tóxico, menos patogênico ou não-patogênico” (DANI, 2000, p. 28).

O vetor selecionado pelo cientista para a realização da transgenia em dado experimento, conforme descrito acima, constitui também um material genético e é, portanto, cortado pela mesma enzima que clivou o DNA contendo o gene de interesse. Após a clivagem, fragmentos de DNA e vetor são misturados e submetidos à ação de uma enzima chamada **DNA ligase**, que une as extremidades dos fragmentos de DNA, formando uma única molécula, o **DNA recombinante**. Desta forma, o vetor que invadirá a célula hospedeira contém agora o gene de interesse.

Em seguida, é necessário clonar o DNA recombinante, ou seja, produzir várias cópias desta molécula alterada geneticamente, para que seja garantida a estabilidade do material genético recém-criado. Então, o vetor transfere o DNA recombinante para uma célula hospedeira. Esta célula hospedeira é, em geral, uma bactéria. Como o objetivo desta técnica é clonar milhões de vezes o DNA recombinante com o gene de interesse, a utilização de bactérias justifica-se, já que, “uma bactéria pode dividir-se em duas de 20 em 20 minutos” (NOSSAL, 1987, p. 37). Desta forma, “ao fim de 10 horas o ADN estranho ter-se-á multiplicado mil milhões de vezes”. (NOSSAL, 1987, p. 38).

O próximo passo consiste em encontrar as células hospedeiras que contêm o DNA recombinante efetivamente. Para tanto, são úteis os vetores do tipo plasmídeos, pois eles contêm genes que conferem resistência a determinados antibióticos, desta forma, sabendo-se a qual antibiótico o vetor utilizado apresenta

resistência, é possível encontrar o gene de interesse, cultivando-se as células em culturas contendo os antibióticos. Somente as células que sobreviverem contêm o vetor recombinante.

Essa técnica permite a construção de bancos ou bibliotecas de DNA, que são acessadas pelos cientistas quando necessitam de uma célula que contenha um gene específico.

Nem sempre os vetores naturais infectam facilmente as células alvo introduzindo o DNA recombinante, nestes casos são necessários outros métodos de transporte, tais quais a eletroporação, a pistola de DNA e a fusão celular:

Na eletroporação, uma corrente elétrica é usada para forçar o DNA a atravessar a membrana celular. Embora este procedimento seja também usado em bactérias, ele é especialmente útil para a introdução de plasmídeos em células eucarióticas<sup>20</sup>.

(...) Para usar a pistola, primeiro esferas microscópicas devem ser revestidas com o DNA desejado. Essas esferas são então disparadas para o interior das células-alvo. Com uma certa frequência, o DNA nas esferas é mantido e expresso nas células-alvo. A pistola de DNA tem sido útil para a introdução de DNA em células de plantas que não são suscetíveis à infecção por *A. tumefaciens*, e foi recentemente utilizada com sucesso para introduzir DNA em células animais.

(...) A fusão celular é normalmente obtida pelo tratamento de dois tipos diferentes de células com um composto químico que atua nas membranas celulares e promove a fusão das células em contato íntimo. Para a fusão de células de plantas, as paredes externas espessas devem ser primeiro digeridas completamente por enzimas, deixando os **protoplastos**<sup>21</sup> ligados à membrana. As células fusionadas não mantêm ambos os grupos de cromossomos. Em vez disso, elas perdem cromossomos até restabelecerem o número correto. Cromossomos de ambas as células originais podem ser perdidos, aparentemente de maneira aleatória, resultando em uma célula contendo alguns cromossomos de uma das células parentais. (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 127-128, grifos do autor).

Uma forma de transgenia que merece destaque no campo da Engenharia Genética, é a **terapia gênica** que se destina ao tratamento de doenças, através da manipulação do genoma do indivíduo afetado. Conforme Neto (2005), esta técnica é permitida apenas em células somáticas, ou seja, células não reprodutivas como óvulos ou espermatozoides, pois do contrário, as alterações genéticas seriam passadas aos descendentes. De acordo com o mesmo autor, inicialmente a terapia gênica tinha como objeto o tratamento das doenças de origem hereditária, como a

<sup>20</sup> “Eucarioto: Organismo cujo material genético está localizado no núcleo. Células de leveduras, fungos, protozoários, plantas e animais são células eucarióticas” (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 417).

<sup>21</sup> “Célula de planta ou bactéria cuja parede foi removida artificialmente” (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 420)

fenilcetonúria, a hemofilia, as doenças neurológicas, entre outras. Alterando-se o genoma dos indivíduos, é possível que ele passe a produzir determinada proteína que antes não era sintetizada ou que era sintetizada insuficientemente, ou ainda é possível impedir a síntese de determinada proteína causadora de alguma anomalia.

Entretanto, atualmente a maioria das experiências em terapia gênica envolvem doenças adquiridas na gestação ou ao longo da vida, tais como o câncer e doenças infecciosas como a AIDS, de acordo com Dani (2000) e Neto (2005). Para o tratamento de doenças infecciosas a terapia gênica atua de maneira bastante interessante: “interferência no ciclo de vida de agentes infecciosos” (NETO, 2005, p. 2).

As técnicas em terapia gênica, de acordo com Neto (2005), são divididas em três categorias: ex vivo; in vivo; ou sistêmica.

A administração ex vivo requer a retirada de células de um organismo para cultivo e manipulação in vitro, seguidos por subsequente reimplantação destas células no organismo. Seus principais atrativos são a ausência de resposta imunológica ao vetor e a maior eficiência de entrega deste. No entanto, é um método que exige mais etapas, apenas alguns quadros clínicos são passíveis de tratamento desta forma (é inapropriada para tratar tecidos do sistema nervoso central, por exemplo) e, até hoje, somente uma pequena porcentagem das células reimplantadas permanece viáveis.

A administração in vivo (...) constitui-se na administração do vetor diretamente no tecido alvo e é a de maior interesse clínico, tendo em vista a atual baixa de eficiência dos vetores de direcionarem-se apenas a alvos específicos. Contudo, esta metodologia não é apropriada para certos tipos de tecidos, como o ósseo, por exemplo.

Por fim, a administração sistêmica é a estratégia com o maior potencial de uso. Todavia, o direcionamento do gene ao tecido correto ainda é insuficiente para que esta técnica tenha maior sucesso. Alguns vetores são prontamente removidos pelo fígado ou apresentam tropismo por tecidos particulares(...) (NETO, 2005, p. 3 - 4).

Como descrito acima por Neto, a técnica de terapia gênica, apesar de promissora, ainda apresenta problemas. Kreuzer & Massey também descrevem alguns destes problemas:

Primeiro, o gene defeituoso deve ser identificado e uma cópia correta tem de ser clonada. Então o gene correto deve ser adequadamente administrado no paciente. Administrar é a parte complicada: o novo gene precisa ser administrado no tecido correto. Por exemplo, não é bom introduzir um gene de um receptor essencial de hepatócitos em células sanguíneas. Se você consegue introduzir um novo DNA no tecido apropriado, o gene ainda precisa ser expresso nestas células. Até agora não possuímos um método confiável para substituir um gene defeituoso em um cromossomo por um gene saudável. Os genes podem ser inseridos aleatoriamente no cromossomo, com risco de causar danos. Além disso, os genes inseridos desta forma nem sempre são bem expressos. (KREUZER & MASSEY, 2002, p.145).

O desenvolvimento da ciência e das suas tecnologias sempre gera certo receio ou desconfiança por parte da população em geral, pois, se por um lado as tecnologias vêm de encontro às necessidades humanas, por outro lado sempre trazem riscos e geram custos, não restritos às questões financeiras. A Engenharia Genética não poderia ser diferente.

Conforme Nossal (1987), logo após os primeiros experimentos que deram início ao desenvolvimento da indústria da Engenharia Genética, surgiram as primeiras preocupações, por parte da própria comunidade científica, com a segurança na manipulação dos organismos nos laboratórios: “o que é que sucederia se um organismo recombinado transportando, por exemplo, genes de vírus do cancro, escapasse do laboratório e se espalhasse como uma praga? Poderia resultar daí uma epidemia?” (NOSSAL, 1987, p. 118). Em julho de 1974, uma comissão instaurada nos Estados Unidos para analisar potenciais riscos da Engenharia Genética redigiu uma publicação na revista *Science*, que ficou conhecida como “Carta de Berg”. Nesta carta a comissão:

recomendou uma suspensão voluntária a nível mundial em relação a certas experiências definidas de que poderia provir certo perigo. Recomendou a formação de uma comissão controladora do ADN recombinante dentro dos United States National Institutes of Health; e imediatamente avisaram da necessidade de um encontro representativo internacional, em 1975, para rever a situação. (NOSSAL, 1987, p. 118).

Entretanto, de acordo com Nossal, o adiamento foi cumprido à risca nos Estados Unidos, mas o mesmo não ocorreu em outros locais, como na Europa, por exemplo.

Em fevereiro de 1975, um encontro de cientistas no evento conhecido como Conferência de Asilomar, pôs fim à suspensão das experiências com engenharia genética e criou um conjunto de normas para que as experiências pudessem ser realizadas com segurança.

Conforme Nossal (1987), com o passar do tempo, os receios dos cientistas diminuíram, visto que não ocorreram casos de infecções indesejadas com microrganismos contendo DNA recombinante, isto porque, além dos cuidados básicos adotados nos laboratórios, “toda a história da microbiologia mostra que, quando se cultivam bactérias repetidamente e por longos períodos em meios artificiais, elas perdem progressivamente a capacidade de infectar o hospedeiro natural”. (NOSSAL, 1987, p. 121).

Mas a crescente introdução dos produtos da engenharia genética no cotidiano da população tem gerado cada vez mais polêmica. Usando como exemplo a situação descrita por Kreuzer & Massey (2002); o caso do milho modificado geneticamente para produzir a proteína cristalina, tóxica a muitos insetos, temos uma importante demonstração da dualidade vantagem X desvantagens que envolve as tecnologias de manipulação genética.

A proteína cristalina é produzida naturalmente por uma bactéria chamada *Bacillus thuringiensis* (Bt) e quando ingerida por determinados insetos causa sérios problemas no seu desenvolvimento, podendo levá-los à morte. Por este motivo, a bactéria é a muito utilizada como controle biológico de pragas agrícolas. A grande novidade biotecnológica é a produção do milho transgênico, contendo o gene que codifica a produção da proteína cristalina, o chamado milho Bt. A produção deste milho apresenta ao menos duas vantagens: “reduz a necessidade de pesticidas químicos e a proteína Bt, que está presente nas plantas em baixíssimas concentrações, não tem efeito sobre os seres humanos”. (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 298).

Entretanto, a proteína Bt não se mostrou tóxica apenas para os insetos pragas das lavouras de milho, ou seja, os insetos-alvo. Estudos demonstraram que o pólen do milho Bt mata as borboletas monarcas. Contudo, é necessário pesar os riscos e os benefícios da tecnologia para se tomar uma posição contra ou favor. Neste caso, por exemplo, embora esta toxicidade do milho Bt para as borboletas seja um aspecto desvantajoso da utilização deste transgênico, existem muitos aspectos vantajosos, que superam os negativos:

- Vários estudos, incluindo aqueles submetidos às agências de regulamentação, têm demonstrado que a proteína Bt, em contraste com os pesticidas atualmente disponíveis, não prejudica insetos benéficos, tais como as joaninhas e abelhas, além de ser segura para invertebrados de água doce, minhocas e outros organismos do solo, pássaros e mamíferos.
- Pesquisadores da Iowa State university e o USDA têm demonstrado que os agricultores que utilizam o milho Bt reduzem a quantidade de inseticidas que aplicam no milho. Essa diminuição no uso do inseticida é benéfica para todos os insetos, incluindo as borboletas monarcas, uma vez que as gotículas de pesticidas podem dispersar-se por grandes áreas. Para inseticidas químicos, o impacto típico sobre os insetos não-alvo aproxima-se de 100%. **Os agentes do USDA e da EPA que analisam as solicitações de permissão para teste e comercialização do milho Bt reconhecem que o aumento do plantio desta variedade de milho poderia prejudicar lepidópteras não-alvo. Entretanto, eles também admitem que os benefícios às lepidópteras e a outros**

**insetos, provenientes da menos aplicação de inseticidas, são maiores que os riscos.**

- A menor aplicação de inseticidas e a redução da sua dispersão também beneficiam os trabalhadores do campo.
- O milho Bt oferece quase 100% de proteção contra o ECB, fornecendo uma economia de 1 bilhão de dólares por ano aos agricultores.
- Finalmente, estudos na Iowa State university têm demonstrado que o milho Bt apresenta menores quantidades de micotoxinas. Essas micotoxinas, que são fatais aos rebanhos e prejudiciais aos seres humanos, são produzidas por fungos que invadem as plantas de milho no local do ataque de insetos. (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 295 – 296, grifo nosso).

Também é comum a preocupação de que os alimentos transgênicos possam causar alergias nos consumidores. Para tanto, é exigido que o fabricante informe no rótulo quando o produto contém um gene proveniente de um alimento potencialmente alergênico, tais quais “feijão, sopas, amendoins, trigos, ovos e moluscos” (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 53), “leite de vaca, (...) peixes e outros frutos do mar, nozes, trigos e legumes (...) (p. 298) desta forma, as pessoas que se sabem alérgicas a estes alimentos, devem evitar estes produtos transgênicos que contenham estes genes.

Preocupação frequente por parte do público em geral é sobre o fato de a transgenia realizar a troca de material genético entre organismos de diferentes espécies: o que poderia acontecer a partir desta transgressão dos limites da natureza?

O que aconteceria com *Streptococcus* B-hemolíticos que viessem a receber um plasmídeo possuidor de um gene codificador da resistência à penicilina, resistência não encontrada nas diversas cepas daquela bactéria? Então quadros clínicos com a escarlatina e patologias reumáticas e renais, hoje, prontamente controladas por aquele antibiótico, passariam a ampliar o contingente de doenças antibiótico-resistentes. Outro exemplo refere-se à possibilidade de cepas de *E. coli*, que hoje fazem parte da flora intestinal humana, poderem adquirir a capacidade de sintetizar toxina botulínica, ou determinado hormônio, situações que resultariam em óbvios resultados desastrosos. Mais um exemplo, é o caso da implantação, em cepas de *E. coli*, de um gene de um vírus que ocasiona tumores malignos em animais de laboratório, de que poderia resultar o desenvolvimento de tumores no homem, cujo intestino é habitat natural daquela bactéria. (CANDEIAS, 1991, p. 8 – 9, grifos do autor).

Os relatos acima constituem possibilidades, embora teóricas, são possibilidades. Entretanto, Kreuzer & Massey (2002) atentam para o fato de que este tipo de situação não é um problema exclusivamente criado pela Engenharia

Genética. Cruzamentos entre indivíduos de espécies diferentes não são impossíveis de ocorrer na natureza:

Essa troca natural de material genético entre espécies diferentes é chamado *transferência horizontal de genes* e é mais comum do que você pode imaginar.

A maioria de nós está familiarizada com a transferência automática de genes entre bactérias de espécies diferentes. Este é um dos fatores responsáveis pela rápida disseminação de resistência a antibióticos no mundo microbiano. Mas as bactérias não são os únicos organismos que trocam material genético entre espécies. Muitas outras espécies também trocam e elas não são “organismos primitivos” com as bactérias. Na realidade, os pesquisadores observaram híbridos naturais de duas espécies diferentes de macaco. Em plantas, o cruzamento entre espécies diferentes foi crucial para a evolução das plantas superiores, as angiospermas. (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 52, grifos do autor).

Candeias (1991) também aponta o mecanismo natural de troca de material genético entre bactérias e até mesmo o uso indiscriminado de antibióticos pela espécie humana como potencial causador de mutações em bactérias outrora inofensivas:

A este respeito, vale lembrar que a natureza, talvez até com a ajuda do próprio homem, parece ter tomado a iniciativa, criando a oportunidade de aparecimento de uma mutação, que teria tornado um sub-grupo de estreptococos resistentes à penicilina. Membros deste sub-grupo poderiam ser os responsáveis pela síndrome do choque tóxico, quadro de aparecimento bem recente e que já tem preocupado os centros de controle de doenças infecciosas. (CANDEIAS, 1991, p. 8).

Ainda, segundo Kreuzer & Massey (2002), é comum a preocupação dos ambientalistas sobre a interferência da manipulação genética na evolução por seleção natural. Teme-se que as pragas agrícolas desenvolvam resistência aos produtos da engenharia genética. Ora, isto é fato, mas, conforme aqueles autores, as pragas agrícolas criam resistência a qualquer meio que utilizemos para tentar controlá-las: “As ervas daninhas evoluíram para se assemelhar fisicamente às plantas cultivadas para evitar de ser arrancadas à mão. As pragas de insetos aumentaram sua diapausa de 1 para 2 anos para contornar o controle por rotação de plantio” (...) (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 53). Então, de acordo com os autores: “podemos reduzir a velocidade de sua evolução, diminuindo a pressão seletiva a que as populações de pragas estão submetidas” (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 53). Ou seja, não cultivando em um mesmo local apenas plantas geneticamente modificadas para se tornarem resistentes às pragas.

Talvez a visão negativa que a população demonstra sobre a biotecnologia, em especial a relativa à transgenia, se deva, em partes pela forma de comunicação indireta que os cientistas estabelecem com a comunidade em geral. Conforme Nossal (1987), “Em muitos aspectos, embora profundamente influenciados pelos resultados da ciência, somos uma sociedade cientificamente ignorante” (p. 132). Para o autor, são frequentes na população atitudes de defesa em relação à ciência do tipo: “isto é para pessoas realmente inteligentes; isto é para peritos” (p. 132). Nossal afirma que a maioria das pessoas, não tem a paciência e a dedicação intelectual necessárias para acompanhar uma exposição científica, desta forma, “A reação do cientista é naturalmente chegar à conclusão dos seus raciocínios – as implicações práticas da investigação – o mais depressa possível, perdendo-se assim informações que poderiam ser de grande interesse. (p. 132).

Nossal defende justamente que o quadro exposto acima pode ser ocasionado pelo próprio cientista que muitas vezes não se empenha em tornar o conhecimento mais acessível ao interlocutor, entope o discurso de termos técnicos de difícil compreensão e enfatiza demasiadamente a importância da descoberta. Para Nossal, “É necessário também usar termos comuns e analogias com coisas familiares para que a mensagem seja recebida” (p. 132).

Uma questão que merece destaque por suas implicações sociais, éticas e econômicas diz respeito às patentes concedendo direitos de propriedade intelectual sobre seres vivos ou material biológico. Ou seja, quem “cria” um organismo geneticamente modificado tem direito de propriedade sobre as informações contidas no seu gene, sobre o organismo em si, ou sobre os produtos da síntese bioquímica deste organismo (estas patentes são concedidas de maneira independente para cada um dos casos citados).

Essa prática possui várias implicações. A primeira delas é o aumento do abismo já existente entre o desenvolvimento científico em países desenvolvidos e em países subdesenvolvidos:

Dada a complexidade e os elevados custos hoje envolvidos na atividade científica de ponta, apenas os grandes agentes econômicos possuem condições para desenvolvê-la, garantindo-lhes assim o direito de apropriação de seus resultados. (ALBAGLI, 1998, p. 8)

A propriedade intelectual sobre um ser vivo ou matéria biológica pode afetar o acesso ao mesmo (ou a alguma de suas partes), bem como o uso que dele se faz, já que possibilita ao pseudo-inventor o exercício de direitos de monopólio, ainda que temporário, sobre sua reprodução e comercialização,

ou a cessão desse direito em troca da cobrança de royalties. (ALBAGLI, 1998, p. 9)

O aumento do abismo no desenvolvimento da ciência, acaba, em última análise, levando ao aumento do abismo econômico e social entre países ricos e pobres.

Uma outra implicação da concessão de patentes sobre organismos ou parte deles é com relação às dificuldades encontradas para se definir ou diferenciar na biotecnologia uma descoberta de uma invenção:

Existe toda uma linha argumentativa segunda a qual as pesquisas biológicas e da engenharia genética geram, na verdade, descobertas e não invenções, já que nada mais fazem do que recombinar materiais genéticos preexistentes, ou isolar substâncias que ocorrem na natureza. (ALBAGLI, 1998, p. 9)

eticamente, o direito de patentes também apresenta implicação, pois reduz a “vida e seus componentes a meras seqüências de informações passíveis de apropriação por agentes privados” (ALBALGI, 1998, P. 10).

Por fim, Nossal (1987) chama atenção para mais uma problemática: a falta de comunicação entre cientistas e governo. Os cientistas estão subordinados a órgãos de pesquisa que atendem a uma hierarquia cujo ápice é, em geral, o Ministério da Saúde. Tomando o exemplo norte americano:

O organograma da estrutura que controla as experiências com ADN<sub>r</sub>, nos EUA, estabelece, ao nível das instituições de pesquisa, a organização de um Comitê Institucional de Segurança Biológica (IBC), de que fazem parte além dos pesquisadores, alguns membros da comunidade, ao qual estão subordinadas as atividades de pesquisa desenvolvidas na instituição, sob a responsabilidade do investigador responsável. Esse Comitê responde, em nível federal, perante um Escritório de atividades com ADN<sub>r</sub>, subordinado ao diretor do NIH<sup>22</sup>, perante o qual também responde o Comitê Consultivo sobre o ADN<sub>r</sub> (RAC). Toda esta organização está, naturalmente, subordinada ao Ministério da Saúde, Educação e Bem-estar Social. (CANDEIAS, 1991, p. 8).

De acordo com Nossal, o problema começa quando os cientistas não se comunicam adequadamente com a população, conforme já comentado anteriormente:

Vivem num círculo fechado de subculturas e em geral a sua influência existe no mundo das ideias, não no conceituado reino do poder, seja o da política seja o do negócio. E verifica-se que há muito poucos cientistas nos

---

<sup>22</sup> National Institut of Health

parlamentos do mundo ou, com raras exceções, em posições influentes dentro dos serviços públicos. (...) as pessoas que têm a capacidade de modelar o futuro estão sub-representadas nos níveis mais altos de tomada de decisões. (NOSSAL, 1987, p. 131).

Desta forma, as decisões sobre os projetos no campo da Engenharia Genética, ou são aprovadas simplesmente devido às pressões dos cientistas, ou não são aprovadas por falta de conhecimento dos que competem decidir.

Realmente, a Engenharia Genética é uma área sujeita a muita divergência de opiniões, assim como toda nova tecnologia, que causa, em um primeiro momento, estranheza nos mais leigos. Para concluir este capítulo, citamos dois trechos dos autores que utilizamos como base para esta fundamentação em Engenharia Genética:

Não vamos tão longe como Marcelin Berthelot, que afirmou que a ciência fornecerá as bases verdadeiramente humanas da moral e da política do futuro, mas não podemos também acusar a ciência pelos males da condição humana que são tão velhos como a humanidade: agressão sem motivo, egoísmo, ambição e uma incapacidade crônica de atingir as mais altas aspirações. (NOSSAL, 1987, p. 123).

Nem a aceitação cega, nem a total rejeição são compatíveis com uma ação sábia. (KEUZER & MASSEY, 2002, p. 49).

### 3.3 CONTEXTO DE PRODUÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS

#### 3.3.1 Material didático A

O material didático em questão corresponde a uma das obras aprovadas pelo PNLD (Plano Nacional do Livro Didático) para o ensino de Biologia, e atendeu ao Edital PNLD 2012 - Ensino Médio.

O PNLD iniciou, com a denominação e proposta atuais, em 1985, de acordo com o portal do FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação), com o objetivo de distribuir livros didáticos aos estudantes brasileiros da rede pública de ensino, inicialmente para o Ensino Fundamental. Trouxe as seguintes mudanças, com relação aos programas de livros didáticos anteriores:

- Indicação do livro didático pelos professores;
- Reutilização do livro, implicando a abolição do livro descartável e o aperfeiçoamento das especificações técnicas para sua produção, visando maior durabilidade e possibilitando a implantação de bancos de livros didáticos;
- Extensão da oferta aos alunos de 1ª e 2ª série das escolas públicas e comunitárias;
- Fim da participação financeira dos estados, passando o controle do processo decisório para a FAE e garantindo o critério de escolha do livro pelos professores. (FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, s.d (a), n. p)

Por volta do ano de 1994, foram estabelecidos critérios para a avaliação dos livros didáticos que participam do PNLD. No entanto, foi somente no ano de 1996 que saiu a primeira publicação do “Guia de livros didáticos”, com o resultado da avaliação realizada pelo MEC (Ministério da Educação) dos livros didáticos inscritos no programa. “Esse procedimento foi aperfeiçoado, sendo aplicado até hoje. Os livros que apresentam erros conceituais, indução a erros, desatualização, preconceito ou discriminação de qualquer tipo são excluídos do Guia do Livro Didático” (FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, s.d (a), n. p).

Iniciou no ano de 2005 a distribuição de livros didáticos para o Ensino Médio, a princípio, das disciplinas de Matemática e Português. A primeira distribuição integral de livros de Biologia para o Ensino Médio pelo PNLD ocorreu no ano de 2007, de acordo com o portal do FNDE.

O programa para a distribuição dos livros didáticos ocorre a cada três anos e funciona da seguinte forma:

Um edital especifica todos os critérios para inscrição das obras. Os títulos inscritos pelas editoras são avaliados pelo MEC, que elabora o Guia do Livro Didático, composto das resenhas de cada obra aprovada, que é disponibilizado às escolas participantes pelo FNDE. Cada escola escolhe democraticamente, dentre os livros constantes no referido Guia, aqueles que deseja utilizar, levando em consideração seu planejamento pedagógico. (FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, s.d (b), n. p)

A coleção que compõe o material didático A, conforme já citado, atendeu ao Edital PNLD 2012 - Ensino Médio e, segundo dados da Secretaria de Estado de Educação do Paraná (SEED-PR), foi um dos livros didáticos mais solicitados pelas escolas públicas da rede.

O Edital PNLD 2012 – Ensino Médio estabeleceu os critérios e parâmetros para a inscrição de obras didáticas no processo de avaliação dos livros destinados às várias disciplinas do Ensino Médio a serem utilizados nos anos de 2012, 2013 e 2014.

De acordo com o referido Edital, o Ensino Médio destina-se à formação integral do cidadão, incluindo a sua dimensão pessoal e profissional, de forma que o ensino lhes permita não só a inserção na sociedade, mas também a ascensão social. O Edital traz uma expectativa de melhora na qualidade de vida dos cidadãos a partir do estudo, articulando as dimensões trabalho, ciência, tecnologia e cultura:

Assim, cabe à escola, em primeiro lugar, reconhecer como legítimas as aspirações dos alunos e suas famílias e promover o desenvolvimento desses jovens e, ao mesmo tempo, proporcionar-lhes condições de transitar entre os conhecimentos construídos ao longo da vida escolar e as demandas da realidade que o cercam. (BRASIL, 2009, p.18)

O Edital ressalta a importância das disciplinas ligadas às ciências naturais para auxiliar os alunos no entendimento de muitas questões atuais e para embasar os alunos do conhecimento científico necessário à sua inserção social.

O ensino das ciências – Biologia, Física e Química – no nível médio, constitui-se numa importante ferramenta para a compreensão dos problemas contemporâneos e para a tomada de decisões fundamentadas em argumentações consistentemente construídas, favorecendo, portanto, a inserção dos alunos na realidade social. Ou seja, as discussões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade criam condições para que os jovens entrem em contato com a cultura científica atual. (BRASIL, 2009, p. 35).

Em particular o ensino de Biologia, conforme o Edital, deve buscar relacionar os seres humanos como os principais agentes de transformação natural, pois altera a sua própria relação com a natureza e também as relações dos demais organismos entre si e com o meio. Desta forma, o ensino de Biologia deve fomentar a discussão a respeito das relações estabelecidas pelos seres humanos entre si e com os demais componentes naturais, e as possíveis implicações desta interferência humana, não sem levar em conta os seus determinantes multilaterais: “em tal abordagem, os conhecimentos biológicos não se dissociam dos sociais, políticos, econômicos e culturais” (BRASIL, 2009, p. 36).

Para tanto, conforme o Edital, é necessário que o livro didático que serve de apoio aos professores e aos alunos aborde os conhecimentos centrais das disciplinas de forma a relacioná-los com os conhecimentos prévios do aluno, com o seu cotidiano:

Visando a aprendizagem significativa desses conceitos centrais, a obra deve evitar um enfoque compartimentalizado ou mesmo linear desses conceitos. De outro modo, sempre que possível, deve buscar abordá-los, situando-os ou utilizando-os em diferentes contextos e/ou situações da vivência cotidiana. (BRASIL, 2009, p. 35).

Desta forma, foram excluídas do processo avaliativo as obras que, no tratamento dado ao seu conteúdo, não atendem aos seguintes requisitos:

- (1) apresenta a compreensão do fenômeno vida como manifestação de sistemas organizados e integrados, em constante interação com o ambiente físico-químico e cultural, abordando a diversidade dos seres vivos, no nível de uma célula, de um indivíduo, e de organismos interagindo no seu meio;
- (2) possibilita ao aluno a participação no debate de temas polêmicos contemporâneos que envolvem os conhecimentos da área de Biologia em articulação com outros saberes (filosófico, sociológico e outros), como o uso de transgênicos, clonagem, reprodução assistida entre outros assuntos, visando a contribuir para que o aluno se posicione frente a essas questões e outras do seu dia a dia;**
- (3) auxilia na compreensão da biodiversidade do planeta, especificamente do Brasil, reconhecendo a sua influência na qualidade de vida humana e, conseqüentemente, no uso de seus produtos, apontando contradições, problemas e soluções respaldadas eticamente;
- (4) apresenta a organização dos conteúdos em torno de temas estruturadores do conhecimento biológico como: origem e evolução da vida; identidade dos seres vivos e diversidade biológica; transmissão da vida, ética e manipulação genética; interação entre os seres vivos e destes com o ambiente; e qualidade de vida das populações humanas;**
- (5) auxilia na construção de uma visão de que o conhecimento biológico e as teorias em Biologia se constituem em modelos explicativos, elaborados em determinados contextos sociais e**

**culturais, superando a visão a-histórica de que a vida se estabelece como uma articulação mecânica de partes;**

(6) evita a visão finalista e antropocêntrica do fenômeno biológico;

(7) possibilita o reconhecimento das formas pelas quais a Biologia está engendrada nas culturas, seja influenciando a visão de mundo, seja participando de manifestações culturais, literárias e artísticas;

(8) propicia a relação dos conceitos da Biologia com os de outras ciências, para entender processos como os referentes à origem e à evolução da vida e do universo, o fluxo da energia nos sistemas biológicos; a dinâmica para sustentabilidade dos ambientes naturais; a própria produção do conhecimento biológico;

(9) possibilita que o aluno perceba e utilize os códigos intrínsecos da cultura da Biologia. Para isso, deve apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico, utilizando as formas específicas de expressão da linguagem científica e tecnológica, bem como suas manifestações nas mídias;

(10) contribui para a percepção de que os conhecimentos biológicos podem servir de base para reconhecer formas de discriminação racial, social, de gênero, etc. que se fundem, inclusive, em alegados pressupostos biológicos, posicionando-se diante delas de forma crítica, com respaldo em pressupostos epistemológicos coerentes e na bibliografia de referência;

(11) divulga conhecimentos biológicos para a formação de atitudes, posturas e valores que eduquem cidadãos no contexto de seu pertencimento étnico-racial – descendentes de africanos, povos indígenas, descendentes de europeus, de asiáticos – e de relações de gênero e sexualidade para interagirem na construção de uma nação democrática, em que todos, igualmente, tenham seus direitos garantidos e sua identidade valorizada. (BRASIL, 2009, p. 38, grifo nosso).

Note, nas frases grifadas, que o Edital ressalta a importância do livro didático que se destina ao ensino da Biologia abordar o conteúdo manipulação genética, tal qual a transgenia, como necessário à instrumentalização para o envolvimento dos estudantes nas questões da atualidade. Além disto, note que o livro didático deve estimular uma abordagem multilateral dos conhecimentos biológicos, não excluindo os aspectos históricos, econômicos e culturais que interferem no processo de produção de um conhecimento científico.

A coleção que compõe o Material didático que chamamos de A, teve, em linhas gerais, uma avaliação positiva publicada no Guia de Livros Didáticos PNLD 2012. A avaliação concluiu que a obra auxilia o professor na contextualização dos conteúdos trabalhados e na colocação dos conhecimentos da Biologia dentro de um contexto multideterminante:

A partir dos textos e informações apresentados nestas seções complementares, o professor tem a oportunidade de, com a obra, estabelecer relações com o contexto sociocultural, propiciar espaços para a formulação e compreensão do conhecimento biológico situado histórica e socialmente e problematizar como ele se apropria e é apropriado no espaço sociocultural, espaço este de produção de saberes e de poderes. (BRASIL, 2011, p. 39).

Além disto, a avaliação concluiu que a obra procura iniciar todos os assuntos com a problematização, a fim de que o professor possa utilizar a prática social como ponto de partida. Esta prática, de acordo com a avaliação, também favorece a compreensão da ciência enquanto construção humana no tempo e espaço e não como verdade absoluta:

As questões de abertura dos capítulos podem ser exploradas pelo professor como ponto de partida para o trabalho em sala de aula favorecendo a construção de uma visão de ensino da Biologia que rompa com a tradicional forma de apresentação dos conteúdos: apresentação de afirmações definitivas sem exploração de dúvidas e dos questionamentos dos alunos. As atividades sugeridas pela obra estimulam a elaboração de opiniões e formulações de ideias sobre o assunto em questão. (BRASIL, 2011, p. 39).

Essa avaliação também considera a metodologia de ensino utilizada pela obra adequada ao aprendizado do aluno:

A proposta da obra apresenta para o aluno a posição de um aprendizado que extrapola, em certa medida, a simples memorização dos conteúdos em função da variedade de atividades propostas, apesar de estar centrada nos conteúdos clássicos da Biologia. (BRASIL, 2011, p. 43).

Entretanto, a avaliação assume que a abordagem de alguns conteúdos pelo autor da obra ocorre de maneira superficial: “Trata-se de uma obra de linguagem clara e acessível aos alunos e professores, sem grande aprofundamento do conteúdo” (BRASIL, 2011, p. 42).

A avaliação também assume que uma abordagem histórica dos conhecimentos não ocorre em todos os conteúdos: “**Para alguns temas**, a obra apresenta uma visão histórica sobre fenômenos (...)” (BRASIL, 2011, p. 42, grifo nosso). “Há, **para alguns temas**, a contextualização histórica que permite ao professor destacar esta dimensão do conhecimento biológico ao planejar suas aulas”. (BRASIL, 2011, p. 43, grifo nosso).

A avaliação realizada pelo MEC encontrou também algumas falhas na obra em questão, embora concordem que elas não comprometem o aprendizado do aluno:

Apesar de não comprometer a compreensão do conteúdo e o processo de ensino e de aprendizagem, algumas inconsistências foram observadas em relação a generalizações em textos e na apresentação de algumas ilustrações ao longo da obra. (BRASIL, 2011, p. 43).

O Guia de livros didático não traz avaliações dos temas em específico, traz uma análise da obra como um todo, de forma que não faz nenhuma consideração ao tratamento dado às temáticas **transgenia** ou **terapia gênica**. Apenas descreve a metodologia e a disposição dos conteúdos, utilizados na temática Biotecnologia:

A obra busca abordar a relação entre Biologia e cotidiano, em regra geral, nas seções, mas há a apresentação dos reconhecidos temas polêmicos no texto principal e em articulação com as seções, em algumas situações. Tal situação é observada, por exemplo, no volume 1, Unidade 1, no capítulo 11, referente ao tema Biotecnologia. (BRASIL, 2011, p. 42).

Por fim, o Guia de Livros Didáticos reconhece a importância do papel do professor no processo de ensino aprendizagem, de forma que incentiva a autonomia do professor no encaminhamento das atividades propostas pelo material didático:

No manual do professor, encontram-se propostas de atividades com projetos, atividades experimentais, trabalhos de campo, pesquisa, dentre outros. No entanto, para a compreensão e aprofundamento de tais perspectivas didático-metodológicas, será necessário que o professor aprofunde suas leituras no campo pedagógico, em geral, e no campo da educação em ciência, em particular. (...)

O professor pode utilizar sua criatividade (e a de seus alunos) para buscar alternativas à proposta pedagógica predominante na obra. A utilização de reportagens de jornais e revistas, filmes, a exploração da internet e o incentivo da produção de textos diversos (escritos, desenhos, vídeos, músicas) tendo como foco o conhecimento biológico podem ser caminhos muito interessantes. (BRASIL, 2011, p. 44).

A nossa avaliação da obra que compõe o Material didático A ora concorda com a avaliação realizada pelo MEC, ora discorda de tal avaliação, já que utilizamos como fundamentação teórica para a nossa análise a Pedagogia Histórico-crítica, conforme discutiremos mais adiante, no capítulo 4.

### 3.3.2 Material didático B

A ideia da criação de um livro didático público do Estado do Paraná nasceu em meio a uma necessidade de divulgação das produções realizadas pelos professores da rede pública do Estado no Projeto Folhas. Para situar adequadamente o Livro Didático público ao seu contexto de produção, é importante uma breve explanação a respeito do Projeto Folhas.

A partir da gestão de governo que teve início no ano de 2003 alguns profissionais do Departamento de Ensino Médio da Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED-PR), com o objetivo de renovar o modelo tradicional de

formação continuada dos professores, no qual predominava o estudo de textos pedagógicos enviados pela SEED, deram início a um programa de ações visando um novo modelo de formação continuada para os professores da rede pública. Entre estas ações estava a produção das Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná e da implementação do Projeto Folhas.

O Projeto Folhas teve como objetivo “viabilizar meios para que os professores da rede pública pesquisassem e aprimorassem seus conhecimentos com a produção colaborativa de textos de conteúdos pedagógicos tradicionalmente trabalhados na educação básica” (NERY, 2008, p. 5). De acordo com Nery, os textos eram produzidos pelos professores da rede pública do Estado do Paraná, com orientações a partir do manual de produção do Folhas. Estes textos seguiam um processo de validação que ocorria inicialmente nas escolas, passavam pelos NREs e pela SEED e, em cada um desses locais, com a possibilidade de retorno por duas vezes aos autores.

Assim, nesse processo de produção esses textos podiam ser reformulados, posteriormente publicados ou rejeitados. Esses Folhas, após serem publicados, passavam a integrar uma coletânea de textos que ficavam à disposição no portal educacional da SEED-PR (Dia a dia educação) para uso e impressão em folhas de papel por outros professores. Desta forma, segundo Hutner (2008), o objetivo era que os professores compartilhassem as suas práticas metodológicas com outros professores, fazendo com que os docentes da rede pública do Estado do Paraná repensassem suas aulas a partir de experiências dos colegas, além de atuarem como pesquisadores e atores de uma política educacional voltada para o ensino médio.

A professora Belmayr Nery, uma das técnicas pedagógicas do Projeto Folhas, ressalta em sua dissertação de mestrado a importância de que os textos do Folhas fossem redigidos numa linguagem pensada para os alunos como interlocutores, de forma que os professores da disciplina de língua portuguesa participavam da revisão final de todas as produções, auxiliando quanto à melhor forma de escrever para que uma pessoa totalmente leiga se apropriasse do assunto.

Como todos os professores do Ensino Médio das Escolas Estaduais do Paraná podiam participar escrevendo os seus Folhas, ou seja, as suas “experiências de aulas” foram realizadas oficinas nos Núcleos Regionais de Educação (NRE) capacitando os docentes para participarem do projeto. Passando a primeira fase de

implantação do projeto, foi regulamentado que os professores que tivessem as suas produções aprovadas receberiam uma pontuação para ascensão na carreira de professor estatutário.

Com o passar do tempo o número de produções decaiu, em parte pela falta de tempo dos professores em se dedicarem à elaboração dos textos do Folhas e em parte por se sentirem desestimulados devido à demora na aprovação e publicação de suas produções. Desta forma, em meados de 2004 os profissionais da SEED responsáveis pela concepção do projeto perceberam a necessidade de criarem outra estratégia de divulgação destas produções, de forma a expandir o conhecimento, visto que o número de produções e o acesso ao portal para uso destas produções estava sendo muito baixo.

A partir daí surgiu a ideia da produção do Livro Didático Público. Os capítulos do livro didático público foram estruturados no formato Folhas. Tal livro se propunha a abordar os conteúdos de maneira diferenciada da forma como os livros didáticos tradicionais, elaborados pelas editoras, o faziam. Esta nova forma de abordagem era a forma como eram produzidos os textos do Folhas para o portal dia a dia educação, ou seja, o estudo dos conteúdos específicos das disciplinas iniciava com a apresentação de um problema, a partir do qual, ao longo de sua aula, o professor levava o aluno a encontrar respostas e reflexões, de maneira mais articulada com o cotidiano do aluno, sempre buscando a interdisciplinaridade e a transposição da concepção histórica de um ensino médio voltado para a formação profissional e para o vestibular. Além disso, o Livro Didático Público buscou superar a escassez histórica de material didático gratuito para os estudantes do ensino médio das escolas públicas.

A produção do Livro Didático Público iniciou em 2004, com a seleção dos professores que o escreveriam. Para se inscreverem no processo seletivo, Hutner (2008) explica que os professores deveriam se enquadrar nos seguintes critérios: serem professores do quadro próprio do magistério; terem experiência de no mínimo dois anos lecionando para o ensino médio; possuírem especialização na área de atuação; terem acesso à internet; possuírem disponibilidade para viagens e apresentarem um texto produzido no formato Folhas. Segundo esta autora, foram selecionados cinco professores de cada disciplina do ensino médio.

Conforme explica Hutner, em junho de 2005 os professores selecionados foram afastados de suas atividades de sala de aula e passaram a dedicar 40 horas

semanais a produção do Livro Didático Público. Para garantir a qualidade do trabalho foram selecionados 14 professores universitários de cada disciplina, os quais atuaram como consultores, revisando as produções dos professores que participavam da elaboração do Livro Didático Público.

O lançamento oficial do Livro Didático Público, com a impressão e entrega da primeira edição do livro – capa verde - aconteceu no ano de 2006. Ao final do ano de 2008, foram impressos e distribuídos nas escolas públicas de ensino médio do Estado do Paraná exemplares da segunda edição do livro público de biologia revisada e ampliada – capa azul -, contendo mais um Folhas sobre transgênicos.

Uma terceira edição do livro didático público de biologia chegou a ser revisada, ampliada e editorada, contendo novos Folhas de novos autores/professores, entretanto, devido à mudança de gestão de governo no Estado do Paraná no ano de 2010, não foi impressa e tão pouco foi para o Portal, de forma que o projeto não foi levado adiante.

Entretanto os Livros Didáticos Públicos ainda são utilizados em várias escolas públicas do Paraná, se não como livro base, pelo menos como apoio aos alunos quando em suas pesquisas nas bibliotecas das escolas. Por este motivo, a escolha por incluí-lo nas nossas avaliações.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 A ENGENHARIA GENÉTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS – ASPECTOS GERAIS

#### 4.1.1 Material didático A

Ao apresentar o livro didático, o autor se propõe a “preencher as exigências básicas de um programa de Biologia atualizado” (PEZZI, 2010, n.p.), não esclarecendo que exigências são estas. Entretanto, sabemos que este material didático foi elaborado com base no Edital PNLD 2012 – Ensino Médio, e que recebeu uma avaliação positiva pelo Guia de Livros Didáticos, de forma que podemos supor que estas exigências básicas às quais o autor faz referência atendem ao programa proposto pelo edital para o ensino de Biologia (conforme discutido no capítulo anterior, item 3.3.1).

Além disto, o autor pretende “aprofundar alguns aspectos específicos” (PEZZI, 2010, n. p.), de forma que não se compromete a aprofundar todos os conteúdos, apenas aqueles que julgar necessários. O autor não deixa claro quais conteúdos ou aspectos serão aprofundados.

Há um comprometimento por parte do autor com a exatidão dos conteúdos: “A clareza e exatidão dos conceitos foram preocupações constantes” (PEZZI, 2010, n. p.). No texto de apresentação, há indicativos de que o autor apresenta uma perspectiva do ensino de Biologia voltado à formação profissional, além de enfatizar a importância desta disciplina como ferramenta para a solução de problemas imediatos, útil ao dia-a-dia:

Inúmeras profissões dependem da Biologia. Além das áreas biológicas propriamente ditas, podem ser lembradas: Medicina, Veterinária, Agronomia, Farmacologia, Odontologia, Fisioterapia e muitas outras. Estudos sobre o ambiente, por exemplo, se fazem cada vez mais necessários em profissões como Engenharia, Direito e Administração de Empresas. Os conhecimentos biológicos encontram, ainda, aplicações no dia a dia, como no controle de doenças, gerenciamento ambiental, problemas nutricionais, entre outros. (...)

Desejamos que esta coleção facilite a sua compreensão dos temas biológicos, contribuindo para o acesso a diferentes cursos universitários, fornecendo as bases para um grande número de profissões e, também, melhorando o seu dia a dia. (PEZZI, 2010, n.p.)

Com base no exposto acima, entendemos que o material didático A aborda adequadamente nos conteúdos os aspectos que o autor considera relevantes, que não são, necessariamente, os mesmos aspectos que nós, a partir do exercício de uma leitura que busca aproximação com a Pedagogia Histórico-Crítica, consideramos relevantes.

Passemos agora para a caracterização dos conteúdos foco deste exercício de análise. O material didático A é composto de três volumes, dois quais apenas dois foram analisados. Analisamos no Volume 1 a Unidade 1: “Biologia celular”, com um total de 127 páginas, e no Volume 3 analisamos também a Unidade 1: “Genética”, com um total de 67 páginas.

Na Unidade 1 do Volume 1, as temáticas **transgenia** e **terapia gênica** são abordadas reunidas em um capítulo específico intitulado Biotecnologia.

A quase restrição dos assuntos **transgenia** e **terapia gênica** a um capítulo específico, dentro de uma unidade que trata do conhecimento da célula, pode indicar a fragmentação dos conteúdos. Para Gerhard & Filho (2012), a fragmentação dos conteúdos escolares se revela quando não há um vínculo entre os assuntos tratados nas diferentes disciplinas escolares (no caso específico da pesquisa de Gerhard & Filho, entre as disciplinas científicas), e, também, quando conteúdos da mesma disciplina são trabalhados de maneira dissociada:

A fragmentação do conhecimento científico a ser ensinado manifesta-se na separação das disciplinas na escola, e tem sido danosa para a educação. Até mesmo no contexto de uma dada disciplina o conhecimento é separado em diversos conteúdos relativamente estanques, que são apresentados de maneira desvinculada e desconexa. (GERHARD & FILHO, 2012, p. 127)

O livro analisado trabalha de maneira isolada os conhecimentos a respeito da unidade fundamental dos seres vivos, ou seja, a célula, e as possíveis alterações realizadas a nível celular, ou seja, as técnicas de manipulação genética. Desta forma, quando não há um resgate por parte do professor dos assuntos tratados anteriormente, em outros capítulos, corre-se o risco de haver prejuízo ao aprendizado:

(...) os estudantes constroem explicações próprias para os fenômenos biológicos durante o processo de ensino e aprendizagem. Muitas vezes, porém, a falta de conexões entre conceitos ou o estabelecimento de conexões incorretas tornam estas explicações incompletas ou, até mesmo, inconsistentes com os princípios que se quer ensinar. Esse fato se deve, em parte, à carência de conexões explícitas entre os temas e disciplinas, entre as unidades distintas estabelecidas nos livros didáticos e ao ensino

centrado somente na repetição ou no emprego mecânico de conceitos. (PEDRANCINI et. al., 2007, p., 305)

Paiva & Martins (2005) também percebem como problemática a fragmentação dos conteúdos da Biologia: “Os programas curriculares sobrecarregados, aliados ao tempo exíguo das cargas horárias, acabam por implicar no ensino de conteúdos que nem sempre são interligados, em prejuízo do debate de seus significados na vida diária” (PAIVA & MARTINS, 2005, p. 3).

Para Gerhard & Filho: “O resultado da fragmentação do conhecimento a ser ensinado é a perda de sentido, que se manifesta nos alunos como repúdio a determinadas disciplinas, demonstrando que eles não conseguem perceber as semelhanças e relações entre as diferentes áreas do conhecimento.” (GERHARD & FILHO, 2012, p. 127 – 128)

Seria leviano da nossa parte afirmar, a partir da análise do Volume 1, que, unicamente por tratar da temática manipulação genética em um único capítulo, o material didático incita o desinteresse dos alunos pela disciplina Biologia e a falta de entendimento dos conteúdos por parte destes. Limitamo-nos a observar o fato e a considerar as problemáticas que podem estar a ele associadas.

Cabe ressaltar a afirmação segundo a qual o papel dos professores é essencial para minimizar os impactos da fragmentação de conteúdos:

Dentro desse contexto, é possível divisar que uma possibilidade para a redução da compartimentalização dos saberes na escola consiste no engajamento dos professores em um programa permanente de associação e colaboração entre os conhecimentos disciplinares<sup>23</sup>. (...) Somente agindo de forma integrada os professores poderão diminuir o impacto do currículo disciplinar e permitir que os alunos percebam as relações existentes entre as disciplinas. (GERHARD & FILHO, 2012, p. 130)

Julgamos que esta afirmação também se aplica à fragmentação dos diferentes conteúdos dentro de uma mesma disciplina, ou seja, do nosso ponto de vista, ao professor também cabe o papel de relacionar os diferentes conteúdos estudados.

Ainda na Unidade 1 do Volume 1, fora do capítulo intitulado Biotecnologia, a temática **transgenia** foi citada (não abordada) apenas três vezes, e a temática **terapia gênica** foi também citada (não abordada) apenas uma vez, todas em exercícios propostos. Quando falamos em “citação” e não “abordagem”, significa que

<sup>23</sup> O autor fala da interdisciplinaridade, que somente surte efeito no aprendizado se for um projeto de engajamento dos professores das várias disciplinas cujos saberes se complementam.

apenas o enunciado do exercício faz menção à existência das técnicas de manipulação genética sem relacionar o conhecimento, que até este momento se apresenta novo para o aluno (desconsiderando os conhecimentos prévios do estudante e as discussões prévias propostas pelo professor, considerando apenas o conhecimento trazido pelo livro didático, já que é o objeto desta pesquisa) com o seu significado, a sua utilização e seus determinantes, conforme as figuras 1, 2 e 3, abaixo:

Figura 1 – Exercício citando um dos usos das técnicas de transgenia.

7. (PUC-MG) Entre os vários grupos de micro-organismos existe um que é representado por seres unicelulares procariontes que podem ser utilizados na produção industrial de insulina humana. Esse grupo é constituído por:
- a) bactérias.
  - b) bacteriófagos.
  - c) fungos.
  - d) protozoários.
  - e) vírus.

(PEZZI, et. al., 2010a, p. 19)

Figura 2 – Exercício citando algumas técnicas de manipulação genética.

5. (Enem-MEC) João ficou intrigado com a grande quantidade de notícias envolvendo DNA, clonagem da ovelha Dolly, terapia gênica, testes de paternidade, engenharia genética etc. Para conseguir entender as notícias, estudou a estrutura da molécula de DNA e seu funcionamento e analisou os dados do quadro a seguir.

|     |   |
|-----|---|
| I   | <u>ATCCGGATGCTT</u><br><u>TAGGCCTACGAA</u>  |
| II  | <u>ATCCGGATGCTT</u><br>↓<br>UAGGCCUACGAA  |
| III | <u>UAGGCCUACGAA</u><br>↓<br>Metionina Alanina Leucina Glutamato                             |
| IV  | Bases nitrogenadas: A = Adenina<br>T = Timina<br>C = Citosina<br>G = Guanina<br>U = Uracila |

Analisando o DNA de um animal, foi detectado que 40% de suas bases nitrogenadas eram constituídas por adenina. Relacionando esse valor ao emparelhamento específico das bases, os valores encontrados para as outras bases nitrogenadas foram:

- a) T = 40%; C = 20%; G = 40%.  
 b) T = 10%; C = 10%; G = 40%.  
 c) T = 10%; C = 40%; G = 10%.  
 x d) T = 40%; C = 10%; G = 10%.  
 e) T = 40%; C = 60%; G = 60%.



(PEZZI, et. al., 2010a, p. 97)

Figura 3 – Exercício sugerindo a alteração no material genético, o que caracteriza a transgenia.

5. (UFRJ) A sequência parcial de nucleotídeos do RNA mensageiro de um determinado gene, constituída de sete códons, está escrita a seguir.

| 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| AUG | UUU | GUU | CAA | UGU | ACU | UAG |

Pesquisadores submeteram a sequência às seguintes alterações:

I – Substituição de A por G no códon 7;  
 II – Deleção de G no códon 3;  
 III – Substituição de C por U no códon 4.

Com base na tabela do código genético a seguir, identifique a mutação que produziu o menor peptídeo. Justifique sua resposta.

| Códon | Aminoácido | Códon | Aminoácido |
|-------|------------|-------|------------|
| UUU   | Phe        | ACU   | Thr        |
| UUC   |            | AUG   | Met        |
| UUG   | Leu        | AAU   | Asn        |
| UGG   | Trp        | AGU   | Ser        |
| UGU   | Cys        | CAA   | Gln        |
| UAG   | Parada     | GUU   | Val        |
| UAA   |            | GUA   |            |
| CUU   | Pro        |       |            |

(PEZZI et. al., 2010a, p. 98)

Maior ênfase e discussão sobre o tratamento dado às temáticas em análise se farão mais adiante, ainda neste capítulo.

A Unidade 1 do Volume 3, unidade que trata da Genética, traz as temáticas **transgenia** e **terapia gênica** como formas de aplicação da Genética, entretanto, não aprofunda o assunto, apenas cita os produtos e descobertas da engenharia genética como justificativa para a pertinência do estudo da área de conhecimento biológico definida como Genética, conforme demonstram as figuras 4a e 4b. Nesta unidade são resgatadas as potencialidades de uso da transgenia, especialmente a partir dos interesses mercadológicos, e a importância da terapia gênica no desenvolvimento da medicina, assuntos que já haviam sido trabalhados (se não efetivamente pelos professores em suas aulas, ao menos pelo livro didático) no primeiro volume da coleção.

Figura 4 – Aplicações diretas da genética nos dias atuais

a)

Atualmente a Genética abrange procedimentos de seleção e melhoramento de raças de animais domésticos e rebanhos, de espécies vegetais economicamente importantes, de controle de doenças e pragas, de produção de remédios, entre outros. Com o desenvolvimento da Genética médica é possível o reconhecimento precoce de doenças hereditárias e a adoção de medidas preventivas.

O diagnóstico preventivo, que surgiu na década de 1990, é utilizado para identificar a presença de mutações que levam a doenças antes de os sintomas se manifestarem. Permite que as pessoas saibam com antecedência o risco de desenvolver doenças genéticas e, se possível, procurar tratamento.

Uma das ramificações mais promissoras, a engenharia genética ou biotecnologia, consiste na manipulação de genes dos organismos. Ela pode alterar os genomas dos seres vivos, utilizando técnicas que permitem a separação de genes ou de fragmentos de DNA e sua multiplicação em laboratório, além da obtenção de organismos transgênicos e de clones.

A engenharia genética abriu novas perspectivas à Medicina; não só pela possibilidade de produção de remédios, mas também pelo controle dos genes que causam doenças hereditárias.

Um dos ramos mais promissores da indústria farmacêutica é o dos “medicamentos personalizados”, no qual os produtos são desenvolvidos com base em informações genéticas de cada indivíduo.

(PEZZI et. al., 2010b, p. 10, grifo nosso)

b)

**Biologia no cotidiano**

### Aplicações da Genética

Até o início do século XX, o ser humano aplicava empiricamente os conhecimentos genéticos, selecionando animais e plantas, criando novas características nas espécies e controlando cruzamentos para evitar degeneração, inclusive da própria espécie humana, como ao contornar os casamentos consanguíneos.

Atualmente, acompanhando os avanços da bioquímica e das técnicas de cultura de tecidos, a Genética se desenvolve rapidamente, subdividindo-se em vários campos, como o da engenharia genética, principalmente relacionados com o aprimoramento animal e vegetal, com o controle de pragas e com a Medicina (terapia gênica).

Empregada na criação de animais e no cultivo de plantas, a Genética deu origem à Zootecnia e à Fitotecnia. Tais segmentos abrangem técnicas que, nos últimos anos, vêm permitindo o melhoramento de raças de animais domésticos e de rebanhos, de espécies vegetais economicamente importantes e, também, o controle de doenças e pragas (tanto animais quanto vegetais).

No mundo todo Estações experimentais e Institutos agrícolas já produzem mudas de plantas obtidas através de processos de cultura de tecidos, partindo de células ou embriões geneticamente selecionados. Assim, são obtidas plantas mais produtivas, de crescimento mais rápido, resistentes a pragas, adaptadas a diferentes condições de clima e solo. Por exemplo, mudas de plantas geneticamente idênticas são produzidas aos milhares para reflorestamento, fins medicinais, alimentação, entre outros.



**Cultura de tecidos vegetais.**

Milho e algodão são exemplos de plantas modificadas resistentes a insetos.



A pecuária também tem se beneficiado com os avanços genéticos, que facilitam a seleção e o melhoramento de raças de animais com finalidades bastante específicas, como criação de animais para tração e produção de leite, carne ou lã.



**Bovinos leiteiros da raça Gir são modificados geneticamente para aumentar a produção de leite.**

Animais transgênicos, isto é, portadores de genes de outras espécies, também são produzidos em laboratório para fins específicos, não só para melhoramento genético das raças já conhecidas, mas ainda para funcionar como verdadeiras "fábricas vivas", produzindo substâncias importantes.

(PEZZI et. al., 2010b, p. 11).

Em trechos como o destacado na figura 4a, é possível perceber que são ressaltados os usos benéficos das técnicas de manipulação genética, entretanto não há um resgate dos conhecimentos trabalhados no Volume 1, como por exemplo, a explicação de como são feitas as alterações no DNA de um organismo e,

principalmente, que implicações estas alterações acarretam para o próprio organismo, o ambiente e a sociedade.

A problemática desta questão reside no fato de que, muitas vezes, os conteúdos trabalhados em dado momento e não resgatados ao longo do estudo da Biologia, tendem a serem esquecidos, abandonados pelos alunos. A pesquisa realizada por Pedrancini et. al. (2007) demonstra este fato. Alunos do 2º e 3º ano do Ensino médio de escolas pública e particular do noroeste do estado do Paraná foram entrevistados por Pedrancini et. al. quanto aos seus conhecimentos de Biologia e especificamente de transgenia. Como resultado, os alunos demonstraram não recordar os conhecimentos da área trabalhados em outros momentos e utilizar em suas explicações influências do cientificismo veiculado pela mídia: “Aproximadamente 30% dos entrevistados disseram não recordar a composição química e estrutura da molécula de DNA” (PEDRANCINI et. al., 2007, p. 304). Muitos estudantes, durante esta pesquisa, afirmaram que: “O DNA encontra-se presente no plasma do sangue ou no sangue e no fio de cabelo. Estas ideias revelam influências (...) das divulgações da mídia sobre os atuais testes de paternidade e exames criminalísticos (...)” (PEDRANCINI et. al., 2007, p. 304), ao invés de compreender que o DNA se localiza no núcleo de cada célula e também nas mitocôndrias<sup>24</sup> e cloroplastos (estrutura responsável pela fotossíntese). Além disto, “a maioria considerou que a função do DNA é determinar ou conter a informação genética das **pessoas**” (PEDRANCINI et. al., 2007, p. 304, grifo nosso), demonstrando entender ser o DNA uma molécula exclusiva da espécie humana.

Na figura 4b é possível notar, de acordo com os trechos transcritos a seguir, uma tendência do autor em atribuir relevância aos interesses mercadológicos no desenvolvimento da engenharia genética:

Empregada na criação de animais e no cultivo de plantas, a Genética deu origem à Zootecnia e à Fitotecnia. Tais segmentos abrangem técnicas que, nos últimos anos, vem permitindo o melhoramento de raças de animais domésticos e de rebanhos, de espécies vegetais economicamente importantes e, também, o controle de doenças e pragas (tanto animais quanto vegetais). (...)

Animais transgênicos, isto é, portadores de genes de outras espécies, também são produzidos em laboratório para fins específicos, não só para melhoramento genético das raças já conhecidas, mas ainda para funcionar como verdadeiras “fábricas vivas”, produzindo substâncias importantes. (...) (PEZZI et. al., 2010b, p. 11, grifo do autor).

<sup>24</sup> Organelas celulares responsáveis por prover energia para a célula a partir do processo de respiração celular, conforme Nossal (1987)

Além disto, nos trechos em destaque nas figuras e na citação acima não se observa a menção aos aspectos desvantajosos ou ao menos polêmicos que envolvem os usos da transgenia e da terapia gênica. Novamente ressaltamos que o tratamento dado às temáticas será melhor explorado a seguir, quando passaremos à análise de como se dão no livro didático em questão os enfoques definidos para esta pesquisa.

#### 4.1.2 Material didático B

Os autores caracterizam o material como um livro didático diferente:

Ele foi escrito a partir de um conceito inovador de ensinar e de aprender. Com ele, como apoio didático, seu professor e você farão muito mais do que “seguir o livro”. Vocês ultrapassarão o livro. Serão convidados a interagir com ele e desafiados a estudar além do que ele traz em suas páginas. (PARANÁ, 2007, n. p., grifo do autor).

O trecho acima nos leva ao entendimento de que este livro não pretende constituir a única fonte de informação teórica para o aluno, na medida em que se reconhece como “apoio didático” e não como livro base. Além disto, conforme os autores:

É um livro diferente porque não tem a pretensão de esgotar os conteúdos, mas discutir a realidade em diferentes perspectivas de análise; não quer apresentar dogmas, mas questionar para compreender. Além disso, os conteúdos abordados são alguns recortes possíveis dos conteúdos mais amplos que estruturam e identificam as disciplinas escolares. (PARANÁ, 2010, n. p.)

Sendo assim, compreendemos que o livro didático em questão não dá conta de proporcionar ao aluno o aprendizado de todos os conteúdos que julgamos básicos para a disciplina de Biologia. No entanto, o material didático B pretende servir de apoio ao estudo, a partir de uma perspectiva diferenciada<sup>25</sup>, de alguns temas considerados relevantes pelos autores.

Neste material os assuntos são abordados em textos chamados de Folhas. Cada um destes Folhas foi composto por diferentes professores<sup>26</sup> da rede Estadual

<sup>25</sup> Diferenciada com relação aos livros didáticos das editoras.

<sup>26</sup> Como os Folhas foram feitos por vários professores, de várias escolas diferentes do Estado do Paraná, optamos por não fazer referência a cada um deles em particular durante as nossas análises.

de ensino. Sendo assim, cada autor estabeleceu os seus recortes prioritários do conteúdo que se propuseram a discutir. No entanto, todos os Folhas atendem à mesma proposta, a qual, segundo Nery, se encontra no manual de produção do projeto:

- Problema inicial;
- Desenvolvimento teórico disciplinar;
- Desenvolvimento teórico interdisciplinar;
- Desenvolvimento contemporâneo;
- Propostas de atividades;
- Referências. (NERY, 2008, p.1 – 2).

Novamente atentamos para o fato de que os conteúdos e/ou recortes enfocados pelos autores dos Folhas não são, necessariamente, os mesmos que nós consideramos relevantes para uma formação científica adequada, a partir de uma leitura que busca aproximação com a Pedagogia Histórico-Crítica.

Desta forma, entendemos que este material didático possui um contexto de produção peculiar e julgamos interessante que seja utilizado, não em substituição aos livros didáticos aprovados pelo PNLD, mas sim junto a estes, como apoio aos professores e alunos, no que tange a determinados assuntos.

No material didático B analisamos todos os textos feitos no formato Folhas pertencentes ao conteúdo estruturante “Mecanismos Biológicos”, com um total de 47 páginas e ao conteúdo estruturante “Implicações dos Avanços Biológicos no Fenômeno VIDA”, com um total de 45 páginas. Analisamos também o texto “DNA: a longa cadeia da vida” (14 páginas), mesmo pertencendo, conforme a divisão dos autores do livro, ao conteúdo estruturante chamada “Biodiversidade”, o qual não pretendíamos analisar a princípio. Tal feito ocorreu porque consideramos o estudo da temática “DNA” fundamental para a compreensão das técnicas de manipulação genética.

O conteúdo estruturante “Mecanismos Biológicos”, objetiva, segundo os autores, auxiliar os alunos na compreensão do funcionamento da vida, partindo do estudo das partes que compõe a matéria viva, para uma análise geral das estruturas dos organismos:

---

Entendemos que isto poderia dificultar a percepção de que todos os textos se encontram na mesma obra.

Para compreender o funcionamento das estruturas que compõe os seres vivos é necessário pensarmos o organismo de forma fragmentada, separada, permitindo análises especializadas de cada função biológica. Para compreendermos como interagem os diversos sistemas dos organismos, esta fragmentação será tratada de forma articulada, adentrando-se na compreensão dos mecanismos biofísicos e bioquímicos. (PARANÁ, 2007, p. 44).

Além disto, o conteúdo objetiva aproximar auxiliar o aluno na compreensão das implicações dos avanços da ciência e tecnologia sobre a vida:

Com estes estudos pretendemos ajudá-lo a compreender as relações que se estabelecem entre o conhecimento científico e o contexto de vida social de cada um, para que você possa participar, de forma crítica, do debate sobre as aplicações dos avanços científicos e tecnológicos utilizando organismos vivos. (PARANÁ, 2007, p.45).

Os conteúdos específicos abordados neste conteúdo estruturante são: células - estrutura e funcionamento; transporte de substâncias através da membrana plasmática e embriologia – desenvolvimento do embrião.

Quando da explicação do funcionamento da célula, os autores não discutem aspectos referentes ao DNA e/ou ao controle das funções celulares, apenas sugerem ao aluno que, se quiser saber mais sobre o DNA, leia o texto (Folhas) “DNA: a longa cadeia da vida” ou o texto (Folhas) “Que herança é essa?”. Desta forma, talvez por este motivo, não encontramos nos textos deste conteúdo estruturante nenhuma referência às técnicas de transgenia e/ou terapia gênica, pois para a compreensão de tais técnicas é necessário compreender a estrutura e o funcionamento do material genético da célula, ou seja, o DNA. Separar o estudo do DNA do estudo do funcionamento da célula, pode resultar problemático para o aprendizado, conforme discutido no item 4.1.1.

Chamamos atenção para o fato de que o texto introdutório deste conteúdo estruturante, conforme citado na página anterior, pretende servir como base para que o aluno “possa participar, de forma crítica, do debate sobre as aplicações dos avanços científicos e tecnológicos utilizando organismos vivos”, entretanto, nenhum dos conteúdos específicos trabalhados neste “capítulo” aborda a temática biotecnologia ou manipulação genética. Desta forma, entendemos que os textos em questão não dão conta do que se propõe no discurso de abertura.

O objetivo do conteúdo estruturante “Implicações dos Avanços Biológicos no Fenômeno VIDA” é justamente abordar aspectos referentes às tecnologias mais

avançadas da Biologia e que interferem diretamente na dinâmica da vida, ou seja, a Engenharia Genética:

Você irá conhecer, com este Conteúdo Estruturante, um pouco mais a respeito das implicações da Engenharia Genética sobre a VIDA, considerando-se que, com os avanços da biologia molecular, há a possibilidade de manipular o material genético dos seres vivos. (PARANÁ, 2007, p. 224).

Dentre estes aspectos, os textos deste conteúdo objetivam discutir, além das biotecnologias aplicadas aos seres vivos, dimensões de bioética envolvidas:

Neste contexto, poderão ser estudados: os avanços da genética molecular, as biotecnologias aplicadas, e os aspectos bioéticos sobre a fertilização in vitro, células tronco, aborto, clonagem, eutanásia, transgênicos, entre outros. (PARANÁ, 2007, p. 224).

Os conteúdos específicos abordados neste conteúdo estruturante são: células tronco; clonagem; vacinas e transgenia.

Em nossa avaliação, encontramos nesta divisão várias referências às temáticas analisadas, várias formas diferentes de abordagem, sobre as quais discutiremos melhor no item 4.2.

O texto do Folhas “DNA: a longa cadeia da vida” trata da estrutura e do funcionamento da molécula de DNA. Encontramos neste texto alguns questionamentos feitos aos alunos no sentido de incentivar a reflexão sobre as implicações da manipulação do material genético sobre vários aspectos da vida:

Que problemas éticos a formação de classes genéticas artificiais poderão suscitar, numa sociedade como a nossa? Justifique.  
(...) Como você analisa os efeitos do aprimoramento genético humano (eugenia) na sociedade? (PARANÁ, 2007, p. 140).

Embora as técnicas que envolvam o DNA tragam inúmeros benefícios à humanidade, em países como o Brasil apenas uma parcela da população tem acesso a ela. O que justifica este fato? (PARANÁ, 2007, p. 142)

Também neste texto encontramos referência à possibilidade de alteração no DNA como alternativa ao tratamento de várias doenças:

O grande avanço biotecnológico conquistado e acumulado historicamente tem possibilitado encontrar os “erros” da molécula da vida que vem acarretando grandes malefícios à humanidade. Além das doenças relacionadas ao sexo, já se têm avanços na identificação e compreensão das doenças genéticas autossômicas, usando o método do DNA recombinante, que consiste em restringir e assim localizar o gene defeituoso. Resta à ciência corrigir esses erros gênicos e proporcionar uma

vida com qualidade às populações, indistintamente. (PARANÁ, 2007, p. 142).

O tratamento dado a estas questões será discutido logo a seguir, no item 4.2.

## 4.2 A ENGENHARIA GENÉTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS – ABORDAGENS E TRATAMENTOS

### 4.2.1 Enfoque evolutivo

Entende-se por enfoque evolutivo, nesta pesquisa, o sentido de **mudança**.<sup>27</sup> De acordo com Geraldo, enfoque evolutivo pressupõe a: “aplicação do princípio geral da lógica dialética “tudo se transforma”, a realidade e o conhecimento são processos em movimento constante de transformação-conservação”. (GERALDO, 2006, p. 120, grifo do autor).

É importante lembrar que enfoque evolutivo definido para a presente pesquisa, não se restringe ao significado biológico de evolução, entendida como “mudanças num conjunto de genes de uma população no decorrer do tempo” (KREUZER & MASEY, 2002, p. 417), mas à evolução social, conforme Ferreira: “Processo de desenvolvimento de uma determinada sociedade, das suas formas e instituições, ou das suas funções culturais” (FERREIRA, 1988, p. 282). Entretanto, apesar de a definição de evolução social trazida pelo dicionário da língua portuguesa utilizar o termo “desenvolvimento”, que dá ideia de melhora, progresso, sabemos que nem sempre isto ocorre na realidade. Portanto, nesta pesquisa, para explicar o sentido do enfoque evolutivo, vamos nos ater ao exposto por Geraldo: “tudo se transforma, a realidade e o conhecimento são processos em movimento constante de transformação-conservação” (2006, p. 120).

Neste trabalho, que investiga o tratamento dado às técnicas de manipulação genética, a abordagem dos conteúdos organismos geneticamente modificados e terapia gênica através deste enfoque, pressupõe o conhecimento destas técnicas, seu desenvolvimento e suas aplicações, a partir de suas múltiplas determinações históricas.

De acordo com a pedagogia Histórico-crítica, a abordagem de determinado conteúdo a partir do enfoque histórico-sociológico consiste na:

---

<sup>27</sup> O significado da palavra evolução para a língua portuguesa não tem o mesmo sentido que o seu significado para a Biologia. De acordo com Ferreira (dicionário da língua portuguesa), evolução significa “Desenvolvimento progressivo numa ideia, acontecimento, ação, etc.” (FERREIRA, 1988, p. 282). Ou seja, o termo aparece associado ao movimento para o progresso, para a melhoria. Já para a Biologia o termo evolução vem associado à mudança, transformação, apenas.

A aplicação dos princípios dialéticos da interação universal, da totalidade concreta e do movimento universal (a realidade e o conhecimento como processos) e do conhecimento como produto histórico social da atividade produtiva humana, das práticas sociais.

A historicidade, o processo de construção histórica de conceitos, das leis e das teorias científicas, o sentido social do conhecimento no tempo de sua criação e agora para os alunos. O conhecimento como produto e como processo histórico-cultural da humanidade. (GERALDO, 2006, p. 118)

Saviani, em entrevista à Revista *Geminal*, em 2009, ressalta a importância da abordagem de qualquer assunto sob o ponto de vista da história para uma educação transformadora:

Que outra maneira nós teríamos de produzir, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens senão fazendo com que as novas gerações mergulhem na própria história e, aplicando o critério do “clássico”, permitir-lhes vivenciar os momentos mais significativos dessa prodigiosa aventura humana no tempo? (...) Mas cabe advertir que não se trata simplesmente de colocar um peso maior na disciplina “História”. Como eixo a história será o elemento em torno do qual todo o currículo será estruturado, isto é, todas as disciplinas estarão impregnadas de historicidade, serão atravessadas pelo conteúdo histórico. (SAVIANI, 2009, p. 112)

Na mesma entrevista, Saviani acrescenta ainda:

Acho que o empenho a que se devem dedicar permanentemente os educadores críticos e progressistas, em especial aqueles que se situam no campo do marxismo, é o de historicizar todos os conteúdos, todas as ideias e propostas, todos os conhecimentos, situando-os no curso do desenvolvimento da humanidade no qual se revela plenamente o seu significado. (SAVIANI, 2009, p. 115)

Pedrancini et. al. (2007) parafraseando Bastos (1992), ressalta a importância da “historicidade” para a compreensão sintética dos conteúdos científicos:

Bastos (1992) também aponta algumas sugestões que podem ocasionar mudanças nesse cenário educacional, dentre estas o autor propõe a mediação da história da Ciência, porque possibilita que os alunos tenham acesso aos motivos, necessidades, hipóteses e evidências que direcionam as pesquisas e descobertas científicas e biotecnológicas. (PEDRANCINI et. al., 2007, p. 305).

Portanto, nossa análise da abordagem evolutiva realizada pelos livros didáticos, será baseada nessas premissas.

#### 4.2.1.1 Material didático A

O enfoque evolutivo, neste material, tal qual definido para este estudo, encontra-se insuficiente, uma vez que são feitas apenas menções temporais,

relacionando os eventos às suas datas, sem nenhuma relação com a organização da sociedade, a economia, a forma atual de produzir a existência humana, os interesses da burguesia e dos trabalhadores, enfim, a categoria “historicidade” nos livros analisados desta coleção é reduzida à sequência cronológica dos acontecimentos, com as suas respectivas datas, conforme explicitam as figuras 5a e 5b, a seguir:

Figura 5 – Linha do tempo da Biotecnologia

a)

### **Biotecnologia e a linha do tempo**

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>1831</b><br/>Robert Brown descobre o núcleo celular.</p> <p><b>1865</b><br/>Gregor Mendel propõe que as características hereditárias são transmitidas em unidades autorreplicáveis, chamadas fatores e, posteriormente, genes.</p> <p><b>1869</b><br/>Friedrich Miescher encontra uma substância denominada nucleína, mais tarde chamada de ácido nucleico.</p> <p><b>1882</b><br/>Walther Flemming descobre os cromossomos e estuda o seu “funcionamento” na divisão celular.</p> <p><b>1902</b><br/>Confirmados os resultados obtidos por Mendel a respeito da hereditariedade.</p> <p><b>1915</b><br/>Thomas Morgan estabelece relação entre cromossomos e genes, a teoria cromossômica da herança.</p> <p><b>1944</b><br/>Oswald Avery demonstra que as informações hereditárias estão no material genético (DNA) e não nas proteínas, como se pensava.</p> <p><b>1950</b><br/>Erwin Chargaff estabelece a complementaridade das bases nitrogenadas do DNA (<math>A + T = G + C</math>).</p> | <p><b>1950</b><br/>Rosalind Franklin obtém imagens por difração de raio X da molécula de DNA.</p> <p><b>1952</b><br/>Nasce o primeiro animal resultado de inseminação artificial com sêmen que fora congelado.</p> <p><b>1953</b><br/>James Watson e Francis Crick desvendam a estrutura tridimensional de dupla-hélice da molécula de DNA.</p> <p><b>1958</b><br/>Matthew Meselson e Franklin Stahl compreendem a duplicação semiconservativa do DNA.</p> <p><b>1962</b><br/>Clones de sapos se desenvolvem não ultrapassando a fase de girino.</p> <p><b>1966</b><br/>Marshall Nirenberg e Har Gobind Khorana decifram o código genético.</p> <p><b>1970-1972</b><br/>Aperfeiçoada a técnica do DNA recombinante.</p> <p><b>1973</b><br/>Stanley Cohen Herbert Boyer inseriu um gene de sapo africano no DNA de uma bactéria.</p> <p><b>1976</b><br/>É fundada a primeira empresa de Engenharia Genética, a Genentech, nos Estados Unidos.</p> <p><b>1978</b><br/>Nasce Louis Brown, o primeiro bebê de proveta do mundo.</p> |
|--|---|

(PEZZI et. al., 2010a, p. 123)

b)

|      |  |      |  |
|------|--|------|--|
| 1982 | Aprovado o primeiro medicamento obtido pela Engenharia Genética, um tipo de insulina a partir do DNA recombinante.             | 1997 | Apresentada ao mundo por Ian Wilmut, sete meses depois de nascer, a ovelha Dolly, que, mais tarde, depois de fecundada, deu a luz à ovelha Bonnie. |
| 1983 | Produção da primeira planta transgênica – o tabaco, e do primeiro animal transgênico – um camundongo.                          | 1999 | Primeiro sequenciamento completo de um organismo pluricelular, um verme com 20 mil genes e quase 100 milhões de bases.                             |
| 1984 | Alec Jeffreys cria a técnica de identificação genética pelo DNA ( <i>DNA fingerprint</i> ).                                    | 1999 | É decifrado o primeiro cromossomo humano – o de número 22.   |
| 1990 | Tem início o Projeto Genoma Humano internacional.  | 2001 | 95% do sequenciamento do genoma humano (30 mil genes) está completo. A “primeira edição do livro da vida”.   |
| 1990 | Primeira terapia gênica em uma garotinha com grave doença imunológica.   | 2001 | Anunciado o proteoma.  |
| 1995 | Primeiro sequenciamento completo de um genoma, o da bactéria <i>Haemophilus influenza</i> , causadora de um tipo de meningite. | 2001 | Nasce Vitória, bezerra clonada a partir de células de um blastocisto.  |
| 1995 | Nasce Tracy, a primeira ovelha transgênica.  | 2003 | 99,99% do sequenciamento do genoma humano concluído.   |

(PEZZI et. al., 2010a, p. 124)

Além disto, os textos que trabalham as temáticas em análise não desfazem a ideia de que a ciência constitui verdade absoluta, omitem os embates existentes na comunidade científica, não levam à reflexão sobre os interesses econômicos no desenvolvimento da ciência.

Para exemplificar, citamos um trecho do texto no qual, após fazer uma breve retrospectiva da descoberta do DNA e de sua estrutura, o autor aborda diretamente as potencialidades do desenvolvimento da engenharia genética, sem elencar os processos multilaterais<sup>28</sup> que levaram ao surgimento de tal engenharia:

Os ácidos nucleicos foram isolados em 1869, e no início de 1930 os termos desoxirribonucleico (DNA) e ribonucleico (RNA) passaram a ser utilizados, pois suas estruturas químicas se tornaram conhecidas.

Trabalhando na universidade de Cambridge, em 1953, o inglês Francis Crick e o norte-americano James Watson, juntando informações das imagens obtidas por Rosalind Franklin em pesquisas realizadas anteriormente, desvendaram a estrutura do DNA. Baseados em imagens da molécula, obtidas pro difração de raios X e dados sobre sua composição, eles propuseram o modelo da estrutura em dupla-hélice do DNA. Por este trabalho receberam o prêmio Nobel de Medicina em 1962.

Vale a pena ressaltar que caracterizar a estrutura do DNA teria sido impossível não fossem os trabalhos de Rosalind Franklin (1920-1958), uma

<sup>28</sup> O desenvolvimento de um saber científico atende às necessidades humanas em dado momento histórico. Em uma sociedade capitalista, os principais interesses no desenvolvimento de uma tecnologia são mercadológicos, embora não se possam excluir outros possíveis objetivos mais nobres como o aprimoramento da medicina na cura e prevenção de doenças ou a conservação ambiental.

biofísica britânica que já havia obtido imagens da molécula de DNA, e de Maurice Wilkins, um biofísico inglês que fez preparações de amostras de DNA para a difração muito superiores àquelas que já haviam sido feitas até então.

As bases nitrogenadas do DNA representam um “alfabeto” químico de apenas quatro letras que, combinadas de modos diferentes, compõe um guia específico para cada indivíduo com as orientações para a síntese de todas as suas proteínas.

As descobertas da genética molecular posteriores ao conhecimento da molécula de DNA, principalmente as técnicas de sua manipulação permitiram o desenvolvimento do que se convencionou chamar de engenharia genética. Um exemplo é a inserção de genes de uma espécie na célula de outra, que passa a produzir um novo tipo de proteína.

Utilizando técnicas como a recombinação do DNA descrita anteriormente e a clonagem, a engenharia genética abre novos horizontes, principalmente para a Medicina, uma vez que poderá permitir a produção de remédios personalizados e também o conhecimento e controle dos genes que produzem doenças hereditárias, além das amplas possibilidades no campo da microbiologia industrial e agrícola.

Essas técnicas tem permitido o melhoramento de espécies vegetais economicamente importantes, além do controle de doenças e pragas. Plantas obtidas de culturas de tecidos a partir de células ou embriões geneticamente melhorados tornam-se mais produtivas, podem crescer mais rápido ou se tornar mais resistentes a pragas, portanto mais adaptáveis a diferentes condições de clima e solo.

Já foram localizados os cromossomos e os genes responsáveis por muitas doenças hereditárias que afetam a espécie humana, como a hemofilia, a distrofia muscular progressiva e outras. A **terapia gênica** será responsável pela substituição de genes “doentes”, ou defeituosos, por outros “sadios”, diminuindo o risco da crianças herdarem anomalias. (PEZZI et. al., 2010a, p. 114 -115).

O texto segue explicando como são realizadas as técnicas de manipulação genética, incluindo a tecnologia do DNA recombinante, a transgenia, a clonagem, o projeto genoma e, por fim, a terapia gênica.

Na citação anterior existe um fato que merece especial atenção.

A história da ciência, conforme Osada & Costa (2006), é marcada por preconceitos de gênero. Havia, até meados do século XX, pouco espaço para a mulher na pesquisa científica, considerava-se que a “visão” das mulheres sobre os fenômenos não apresentava muita objetividade, “(...) os processos de mudanças, ruptura e crescimento das ciências (...), em certos casos, levam à invisibilidade, esquecimento ou isolamento da mulher” (OSADA & COSTA, 2006, p. 283).

Segundo estas autoras, a Botânica era tida, até o século XVIII, como um saber típico feminino, de forma que as mulheres trabalhavam na descrição e catalogação dos espécimes da flora. A partir da segunda metade do século XIX, pela

necessidade de que a Botânica adquirisse uma “abordagem mais científica”<sup>29</sup> (OSADA & COSTA, 2006, p. 284), as mulheres foram “expulsas” da ciência.

Quando ocorreu a profissionalização da Biologia, de forma que os jovens de classe mais abastada puderam ter acesso aos saberes relativos à esta área nas universidades, este conhecimento foi negado às mulheres: “A única forma de participação dessa nova ciência era através de uma educação formal em universidades, no entanto, as mulheres eram proibidas de frequentá-las” (OSADA & COSTA, 2006, p. 285).

Voltando à área da Biologia Molecular, a descoberta do DNA foi realizada por quatro cientistas: James D. Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin. Entretanto, somente os cientistas do sexo masculino tiveram os seus méritos reconhecidos:

Considerada uma das cientistas mais importantes da biologia molecular cuja vida e trabalho foram rodeados de inúmeras situações preconceituosas, controvérsias, Franklin talvez tenha sido uma das maiores injustiçadas da história da biologia. Os três pesquisadores, Crick, Watson e Wilkins receberam o Prêmio Nobel em 1962 pela descoberta, quatro anos após a morte de Franklin, causada pela superexposição ao Raio X. (OSADA & COSTA, 2006, p. 286).

E, no entanto, tudo o que o livro didático analisado diz sobre o assunto é: “Vale a pena ressaltar que caracterizar a estrutura do DNA teria sido impossível não fossem os trabalhos de Rosalind Franklin (1920-1958), uma biofísica britânica que já havia obtido imagens da molécula de DNA(...)”. Demonstrando despreocupação com aspectos sociais não diretamente relacionados à objetividade do conteúdo de interesse.

Desta forma, parece haver uma contraposição entre o discurso dos autores sobre o conteúdo do livro e sua metodologia, presente especificamente no livro que se destina ao professor (na seção intitulada: Orientações para o professor) e o que realmente observamos em nossas análises, pois, conforme os autores deste material didático:

O meio escolar deve proporcionar condições para que o aluno reconheça que a Biologia está em constante transformação, decorrente do desenvolvimento tecnológico, e que ela é fruto da conjunção de vários fatores, como religiosos, históricos, políticos, sociais, entre outros; além disso, que seja capaz de reconhecer, compreender e interpretar os

---

<sup>29</sup> Mais aprofundada na fisiologia das plantas e menos nos aspectos descritivos e morfológicos, ou seja, preocupando-se mais em desvendar os mecanismos de funcionamento dos vegetais do que em descrever os seus aspectos externos.

impactos decorrentes da área científica na sociedade e no ambiente. (PEZZI et. al., 2010a/b, p. 6).

Observamos que, embora os autores reconheçam os processos que interferem na produção de um conhecimento científico, exploram este aspecto de maneira incipiente, pelo menos do ponto de vista do desenvolvimento das técnicas de manipulação genética.

Por fim, estes resultados vão de encontro à ressalva de Bonzanini (2005) sobre a forma como se efetiva o ensino de Biologia. Para este autor, a formação inicial dos professores é deficitária e leva a um ensino que prioriza a transmissibilidade dos produtos da ciência, sem que se faça uma análise dos processos que levaram a estes produtos, característica que, de acordo com Bonzanini, também está presente nos livros didáticos.

#### 4.2.1.2 Material didático B

No texto de abertura do livro, o qual se destina a apresentar o material aos alunos, os autores deixam bem clara a proposta de abordar os conteúdos preocupando-se em historicizar as temáticas e a própria disciplina Biologia:

A proposta deste livro é apresentar a Biologia a partir da concepção de Ciência como construção humana, buscando na História e na Filosofia da Ciência a fundamentação necessária para a compreensão da construção do pensamento biológico. (PARANÁ, 2007, p. 10).

No que tange à transgenia, julgamos apropriada a forma como o autor situa a produção dos alimentos transgênicos em um contexto histórico, apresenta a técnica como resultado da evolução da Biologia Molecular, atendendo às necessidades humanas. Isto porque o autor resgata aspectos anteriores à transgenia, demonstrando que há muito tempo o ser humano utiliza formas de melhoramento genético para conseguir as melhores características dos alimentos:

A alface, dentre tantos alimentos que hoje compõe o quadro de produtos consumidos pelo ser humano, foi aos poucos sendo modificada e incorporada na alimentação diária. Essa hortaliça é utilizada como alimento pelo ser humano desde que foi encontrada e cultivada há aproximadamente 4500 a. C. Desde então passou por intenso processo de **melhoramento genético** até chegar às variedades consumidas por nós atualmente, conhecidas como crespa, lisa, americana, mimosa, romana, entre outras. (...)

O melhoramento genético é uma técnica utilizada com o objetivo de selecionar os melhores indivíduos para serem matrizes de reprodução para as gerações seguintes. Desta forma, observam-se algumas características (...) que são determinantes no momento da seleção (...)

Os critérios utilizados no momento de seleção (...) das plantas para o melhoramento genético são as características que geralmente respondem as necessidades humanas para alimentação. No caso da alface, destacamos o tamanho, e cor das folhas, o tamanho da “cabeça da alface”, a resistência as doenças, pragas e intempéries, e até mesmo o sabor, todos considerados fatores importantes na seleção de indivíduos com qualidade. (PARANÁ, 2007, p. 270 – 271, grifos do autor).

De forma geral, o que tem ocorrido no âmbito da pesquisa científica sobre melhoramento genético vegetal refere-se à integração das técnicas clássicas com os avanços da **biotecnologia**. Os conhecimentos mais especializados, principalmente no aspecto molecular da célula e do material genético, contribuíram de forma significativa para que o melhoramento genético convencional sofresse interferências. (PARANÁ, 2007, p. 276, grifo do autor).

Outro trecho que merece destaque pela sua abordagem histórica é o seguinte:

A busca por variedades importantes para a alimentação, para a medicina e que também sejam economicamente viáveis, precisa estar em consonância com o que se deseja, considerando que o tipo de melhoramento a ser realizado depende da espécie e do resultado esperado. O melhoramento genético é a seleção artificial realizada pelo ser humano imitando o que acontece com a seleção natural, porém intensificada por interesses, principalmente econômicos. **Assim as alterações no patrimônio genético de determinada espécie e a maneira com que ocorrem tais alterações são decorrentes de diversos interesses, como se pode verificar na história de toda a ciência.** (PARANÁ, 2007, p. 276, grifos do autor).

Esse tratamento permite ao aluno se aproximar dos processos que levam a um conhecimento ou a uma descoberta, não ficando apenas com o resultado das pesquisas. Além disto, a partir das considerações do autor, o aluno é capaz de perceber que a ciência não é neutra, além de intervir na sociedade também sofre influência dos fatores que nela interferem.

No que tange à terapia gênica, o texto que compõe o Folhas que trata da produção de vacinas explica o que é vacina gênica ou vacina de DNA, discute as vantagens da produção destas em relação às vacinas convencionais e apresenta esta novidade como um grande avanço da Biologia, promissor para o tratamento de diversas doenças. Em nossa análise, julgamos adequada a abordagem dessa temática, pois, antes de falar da produção de vacinas gênicas, o texto descreve como, após muito tempo sofrendo com doenças causadas por agentes patogênicos,

a humanidade desenvolveu as vacinas convencionais, produzidas a partir do próprio agente causador da doença, porém atenuado:

Jenner<sup>30</sup> observou que as vacas tinham, nas tetas, feridas iguais às provocadas pela varíola humana, porém mais leves, e as mulheres que ordenhavam essas vacas infectadas, quando eram expostas ao vírus humano, adoeciam de maneira mais branda.

Ele recolheu o líquido que saía das feridas das vacas e passou em cima de arranhões no braço de um garoto. O menino teve um pouco de febre, algumas lesões leves e teve uma recuperação rápida.

A partir daí, o cientista pegou o líquido da ferida de outro paciente com varíola e novamente expôs o garoto ao material. Semanas depois, ao entrar em contato com o vírus da varíola, o garoto não adoeceu. Estava descoberta assim a propriedade de imunização. (PARANÁ, 2007, p. 258).

O interessante é que o aluno tem a possibilidade de visualizar o que existia antes das tecnologias atuais, podendo refletir sobre os processos que levaram ao desenvolvimento das vacinas, ao longo da história da humanidade:

Edward Jenner (1749 – 1823), criador da primeira vacina contra a varíola, em 1796, ficou com a fama mundial como o inventor da vacina, mas há evidências de que muito antes disto, os chineses já teriam criado um método de imunização. Eles trituravam cascas de feridas produzidas pela varíola, onde o vírus estava presente, porém morto, e sopravam o pó por meio de um cano de bambu nas narinas das crianças. O sistema imunológico delas produzia uma reação para o vírus morto e, quando expostas ao vírus vivo, o organismo já sabia como reagir, livrando-os da doença. (PARANÁ, 2007, p. 257).

Além disto, o texto contextualiza alguns aspectos que levaram ao início da utilização das vacinas especificamente no Brasil:

Comum na Europa, a varíola chegou ao Brasil junto com os colonizadores e os navios que vinham da África. As primeiras referências da doença datam de 1563, por ocasião de uma epidemia que ocorreu na cidade de Salvador e seus arredores. (PARANÁ, 2007, p. 259).

Assim como na Europa, a varíola fez muitas vítimas no Brasil. Durante o Período Colonial, a doença atacava vilas e alastrava-se pelas fazendas. (...) (PARANÁ, 2007, p. 261)

As epidemias eram muito comuns no Rio de Janeiro do final do século XIX e início do século XX. (...)

**Para solucionar o problema, o governo impôs inúmeras regras autoritárias como a obrigatoriedade da vacinação contra a varíola, dando início à revolta da vacina no dia 14 de novembro de 1904 onde lojas foram saqueadas e quebradas durante duas semanas. Numa verdadeira guerra civil, todos lutavam contra um inimigo comum chamado vacinação contra a varíola. (...)** (PARANÁ, 2007, p. 262)

---

<sup>30</sup> Criador da primeira vacina contra a varíola.

**Essa revolta demonstrou que não se deve apenas haver imposição de leis, mas, sim, uma sensibilização sobre a importância da prevenção e dos cuidados com a saúde.** (PARANÁ, 2007, p. 263, grifo nosso)

Os trechos em destaque exemplificam a resistência que muitas vezes uma tecnologia enfrenta por parte da população leiga, e o quanto a falta de informação científica prejudica o dia a dia dos cidadãos.

Citamos também um trecho no qual o autor instiga o leitor (aluno) a uma reflexão muito interessante sobre os interesses econômicos historicamente envolvidos no desenvolvimento de produtos transgênicos:

O primeiro transgênico de origem vegetal, também originário nos EUA, foi uma variedade de tomate (*Solanun lycopersicum*) conhecida comercialmente como “tomate longa vida” ou Flavr-Savr. (...)

Preocupações com esta variedade transgênica de tomate se sucederam principalmente por causa da segurança alimentar. Pesquisas começaram a ser realizadas e divulgadas com relação aos efeitos colaterais, por apresentar alta concentração de glicoalcalóides. Esse tomate transgênico foi utilizado em experimentos com ratos em laboratório que mostraram efeitos negativos, como lesões no estômago, devido às toxinas vegetais em alta concentração. Estes e outros resultados não foram publicados na época, somente algum tempo depois. (...)

Embora a comunidade científica tenha se mostrado preocupada com possíveis efeitos negativos à saúde, o governo dos EUA decidiu pela produção em larga escala dos alimentos geneticamente modificados no início dos anos de 1990. (...) A FDA – Food and Drug Administration -, agência de saúde dos EUA com função semelhante a ANVISA no Brasil, aprovou sem ressalvas, a expansão generalizada do tomate e de outros alimentos geneticamente modificados. (...) (PARANÁ, 2007, p. 285, grifos do autor).

Após toda essa explanação, o autor propõe a seguinte atividade ao leitor: “Discuta com seus colegas quais teriam sido os possíveis motivos que levaram a FDA a aprovar o tomate transgênico, uma vez que não se tinham pesquisas científicas alertando sobre os riscos, benefícios e/ou ameaças”. (PARANÁ, 2007, p. 285).

Importante, também, é a sugestão de pesquisa ao aluno sobre a conferência de Asilomar, ocorrida na Califórnia, EUA, em 1975. O autor sugere que o aluno pesquise e relate o que foi discutido no evento. Esta pesquisa tem muita valia para o aprendizado, pois aproxima os estudantes das polêmicas que envolveram, desde o início, a Engenharia Genética. Conforme Nossal:

A conferência decidiu pôr termo à suspensão<sup>31</sup> e elaborar um conjunto de normas rígidas para que se pudesse continuar as experiências com

<sup>31</sup> Suspensão dos experimentos com Engenharia Genética, conforme relatamos no capítulo 3. 2.

segurança. Recomendava dois tipos de controlo<sup>32</sup> dos organismos recombinados, o controlo biológico, o que significa desactivar as bactérias hospedeiras ou os vectores recombinantes de modo que fosse impossível para elas sobreviver noutro meio a não ser o artificial do laboratório, e o controlo físico, impedindo a saída de micróbios do laboratório em que se processava a investigação. (NOSSAL, 1987, p. 119)

Desta forma, consideramos que o material didático B, no que tange ao enfoque evolutivo, ao menos com relação às temáticas analisadas, constitui uma opção interessante de material de apoio ao professor, pois cumpre o objetivo de “apresentar a Biologia a partir da concepção de Ciência como construção humana”. (PARANÁ, 2007, p. 10).

Sentimos falta, entretanto, de uma maior discussão no material analisado, sob o enfoque evolutivo, da transgenia enquanto técnica de produção de antibióticos, hormônios, enfim, outros objetivos que não apenas a produção de alimentos. Além disto, também sentimos falta da abordagem, através do enfoque evolutivo, das técnicas de terapia gênica que prometem o tratamento de doenças de origem hereditária.

#### 4.2.2 Enfoque ambiental

Quando se pensa em aprendizado de um conteúdo a partir do enfoque ambiental, deve-se ter em mente o princípio da totalidade, da dialogicidade, segundo os quais tudo se relaciona, desta forma, “A realidade é uma totalidade formada por relações, por conexões, isto é, pela interdependência das partes, que se determinam reciprocamente” (GERALDO, 2006, p. 14 e 15). Para a Biologia é importante compreender o seu objeto de estudo, ou seja, o fenômeno vida, os organismos, sob esta ótica da interdependência. Dependência dos organismos entre si e com o meio. Somente desta forma o aluno poderá organizar os conhecimentos, uma vez que, em geral, são absorvidos de forma sincrética e desprovidos de significação.

No caso da engenharia genética abordar o conteúdo a partir de um enfoque ambiental, significa relacionar a interferência das técnicas desta engenharia no equilíbrio do ambiente formado pelos mais diversos organismos, que, em uma análise superficial, nem sempre sofrem influência direta da transgenia ou da terapia

---

<sup>32</sup> A edição utilizada do livro em questão foi impressa em Lisboa, portanto, o português utilizado atende ao seu país de origem, ou seja, Portugal.

gênica, mas que, de uma forma ou de outra, constituem elemento componente dos seus efeitos.

#### 4.2.2.1 Material didático A

O livro analisado traz algumas relações de importância, como os efeitos da seleção natural sobre e/ou causadas pelos organismos geneticamente modificados, ou seja, as interferências e efeitos da chamada “seleção artificial”.

Antes de transcrever os trechos do livro de nosso interesse, cabe uma explicação do que se entende por “seleção natural” e “seleção artificial”. Seleção natural é definida por Fernandez como “um processo estatístico pelo qual genes melhor adaptados vão se tornar mais frequentes na população, no lugar de genes menos bem adaptados” (FERNANDEZ, 2000, p. 219) e por Kreuzer & Massey como “Diferentes taxas de reprodução de certos fenótipos dentro de uma população. Se estes fenótipos possuem uma base genética, a seleção natural pode levar a mudanças na frequência de genes de uma determinada população”. (KREUZER & MASSEY, 2002, p. 420). Desta forma, genes que codificam características vantajosas em dada situação ambiental serão transmitidos às gerações futuras. De acordo com Silva, seleção artificial pode ser definida como “a intervenção técnico-científica do homem nos processos seletivos de melhoramento” (SILVA, 2011, p. 15). Um exemplo de seleção artificial é a criação das raças caninas, através da controle da reprodução nestes animais, prática comum, de acordo com Silva (2011), outro exemplo são justamente as técnicas de manipulação genética. Em suma, o homem, com a sua capacidade de transformar a natureza, acaba, muitas vezes, por induzir a seleção artificial.

Neste contexto, o livro didático menciona:

Os opositores dos transgênicos tem alertado para os perigos que os alimentos alterados geneticamente podem representar para a saúde humana e para o ambiente. Algumas pessoas mostram essa possibilidade, como se pode notar no caso a seguir. O gene que comanda a síntese da toxina Bt foi retirado de uma bactéria e inserido no DNA do milho, que, com as “instruções” genéticas da bactéria, passou a produzir a toxina Bt. Esse milho transgênico mata as lagartas que se alimentam dele, mas é totalmente inofensivo ao ser humano. Todavia, algumas lagartas mostraram-se geneticamente resistentes à toxina Bt e poderiam dar origem a uma nova população de lagartas. Surgiu, então, um impasse, pois criar outra variedade de milho que produzisse uma toxina ainda mais forte poderia levar a uma seleção artificial das lagartas e o problema voltaria.

Por causa desse tipo de acidente, ecologistas e ambientalistas alegaram que genes de bactérias introduzidos nas plantas poderiam provocar sérias reações de intolerância em nosso organismo. Especialistas receiam, também, que se as plantas transgênicas cruzarem naturalmente com seus similares não modificados, possa haver prejuízo para a biodiversidade, pois passariam a existir apenas híbridos com pouca viabilidade. (PEZZI et. al., 2010a, p. 117).

Algumas reflexões interessantes podem ser ressaltadas na citação desse texto, por exemplo, quando o autor explica que: “algumas lagartas mostraram-se geneticamente resistentes à toxina Bt e poderiam dar origem a uma nova população de lagartas” está justamente relacionando as implicações da transgenia sobre a seleção natural. Explicando melhor: no caso acima, antes da produção do milho transgênico não era relevante para as lagartas serem resistentes à toxina Bt ou sensíveis a ela, ou seja, não representava um fator decisivo para a sobrevivência através da seleção natural. Quando passou-se a cultivar o milho transgênico, somente sobreviveriam lagartas resistentes à toxina. Então a resistência à toxina Bt passou a ser uma característica comum a todas as lagartas.

Outro trecho que merece destaque é: “Especialistas receiam, também, que se as plantas transgênicas cruzarem naturalmente com seus similares não modificados, possa haver prejuízo para a biodiversidade, pois passariam a existir apenas híbridos com pouca viabilidade”. Novamente demonstrando que o autor relaciona as possíveis consequências da alteração do homem na natureza.

Vemos como apropriada, a seleção pelo autor de exercícios que estimulam os alunos a pensarem as interações ecológicas entre os diferentes organismos e/ou as reflexões que exigem conhecimentos provenientes de outras áreas da Biologia, caso dos seguintes exercícios:

5. Não fosse a forma própria que a natureza utiliza para impedir o aparecimento constante de organismos transgênicos, os cruzamentos ao acaso entre os seres vivos poderiam ser muito mais frequentes. Como isso ocorre? (PEZZI et. al., 2010a, p. 124)

8. O que é a vacina de DNA? Por que ela não necessita de reforço? (PEZZI et. al., 2010a, p.124)

2. (Vunesp-SP) Esforços de cientistas criaram a primeira rosa do mundo com pigmento para cor azul. Anteriormente, rosas de coloração azul já eram produzidas através de cruzamento, mas não eram consideradas azuis verdadeiras. Segundo o jornal *The Japan Times on line*, de 1º de julho de 2004, a técnica recentemente utilizada consistiu no seguinte: o gene da enzima que produz o pigmento azul, delfinifina, foi extraído do amor-perfeito e ativado nas rosas.

- a) Como se chamam as estruturas mais vistosas e atraentes destas flores, que passaram a ter cor azul? **Qual o significado biológico do fato de certas plantas apresentarem flores com cores tão vistosas?**
- b) **Qual é a relação entre esta técnica recente para a produção de flores azuis e aquela empregada para a produção de alimentos transgênicos?** (...) (PEZZI et. al., 2010a, p. 127, grifo nosso)

Note que nestes exercícios, para responder às questões propostas o estudante terá que resgatar conteúdos que não estão diretamente relacionados à manipulação genética, incentivando a apropriação da totalidade relativa a um conhecimento e não a fragmentação dos conteúdos.

Por fim, entendemos que o material didático A atende, ainda que parcialmente, ao enfoque ambiental, pois há um esforço no sentido de relacionar a transgenia aos impactos no ambiente e também no sentido de relacionar conhecimentos de áreas distintas da Biologia. Porém, outros impactos relativos à manipulação genética como, por exemplo, os que tangem à saúde humana ou ao monopólio da produção de transgênicos por empresas multinacionais, não são discutidos.

#### 4.2.2.2 Material didático B

Quanto ao enfoque ambiental, merece destaque neste livro a busca pela interdisciplinaridade, permitindo aos alunos a compreensão do conteúdo, utilizando como instrumentos os diversos saberes a ele relativos:

Em cada Folhas vocês, estudantes, e seus professores poderão construir, reconstruir e atualizar conhecimentos das disciplinas e, nas veredas das outras disciplinas, entender melhor os conteúdos sobre os quais se debruçam em cada momento do aprendizado. Essa relação entre as disciplinas, que está em aprimoramento, assim como deve ser todo o processo de conhecimento, mostra que os saberes específicos de cada uma delas se aproximam, e navegam por todas, ainda que com concepções e recortes diferentes. (PARANÁ, 2007, n. p.)

Durante o estudo, a busca por outros referenciais da própria disciplina e das disciplinas de relações interdisciplinares envolvidas, permitirão o aprofundamento dos conteúdos e o entendimento de como estes são elementos importantes para a compreensão do momento histórico em que vivemos. (PARANÁ, 2007, p. 11).

Esta promessa de integração é cumprida ao longo da abordagem da temática transgenia, quando, ao descrever o interesse humano no funcionamento da

natureza, necessário ao desenvolvimento da Engenharia Genética, o autor cita os feitos de Charles Darwin:

Que os fenômenos da natureza sempre foram objetos de interesses para o ser humano, não podemos negar. Explicações para os fenômenos naturais, como a diversidade das espécies e a origem dessa diversidade, têm sido propostas como modelos científicos por naturalistas e pensadores desde a antiguidade grega.

Charles Darwin (1809 – 1882) e outros naturalistas contribuíram com explicações para esses fenômenos. O modelo explicativo da seleção natural, sintetizado por ele no século XIX, propõe que os indivíduos melhor adaptados ao ambiente são “selecionados” por terem mais chances de sobreviver graças às características que apresentam e, assim, deixar descendentes. (PARANÁ, 2007, p. 277).

Além disto, destacamos a interação feita pelo autor entre a transgenia, o mecanismo de recombinação gênica natural, e os feitos de Gregor Mendel:

Para melhor entendimento sobre o alimento transgênico, precisamos conhecer mais sobre a recombinação genética. Para tal, é fundamental voltarmos às contribuições de Gregor Mendel (1822 – 1884), geneticista da metade do século XIX, apresentadas à sociedade científica daquela época como resultado de anos de pesquisa. (...)

Os trabalhos experimentais realizados por Mendel contribuíram para o entendimento sobre os mecanismos genéticos fundamentais (...). (PARANÁ, 2007, p. 278).

Muitas atividades propostas aos alunos também exploram a relação da manipulação genética com os diferentes saberes da Biologia, como no exemplo a seguir, quando, logo após falar sobre a produção, através da transgenia, da variedade de maçã chamada EVA, o autor propõe o seguinte exercício:

No caso da macieira, por que é necessário um período de temperatura mais baixa que a temperatura ambiente para que ocorra a quebra de dormência e conseqüentemente processo de reprodução até a formação dos frutos? Pesquise nos livros de biologia e na internet, a relação existente entre a temperatura e o mecanismo de reprodução deste vegetal? Justifique sua resposta. (PARANÁ, 2007, p. 275).

Outros exercícios que buscam esta interação ente diferentes saberes são citados abaixo:

Com os estudos sobre os alimentos de origem vegetal e animal, realizados a partir do século XIX, você já analisou por que os alimentos são importantes para o ser humano? O que esses alimentos têm que o nosso organismo precisa? (PARANÁ, 2007, p. 271).

A nova variedade de alface “Uberlândia 10000”, com a condição de sintetizar uma quantidade alta de pró-vitamina A, seria uma nova espécie de alface? Ou continua sendo a espécie *Lactuca sativa*? O que caracteriza

uma espécie sob o ponto de vista da genética: a existência da mesma seqüência de genes ou das mesmas características externas, como quantidade e formato das folhas, cor e tipo das folhas, dentre outras características fenotípicas? Pesquise em materiais didáticos de biologia, na internet, e, na seqüência, discuta com seus colegas. (PARANÁ, 2007, p. 274).

Entretanto, em algumas situações, o autor aborda de maneira incipiente os impactos ambientais e sociais resultantes do desenvolvimento e aplicação da transgenia e da terapia gênica. No trecho que segue, o autor traz o exemplo da produção da maçã EVA como uma técnica de transgenia que apresenta alguns benefícios, mas não cita as implicações desta técnica sujeitas a polêmicas:

Dentre as diversas atividades realizadas com essas técnicas, tomamos como exemplo os trabalhos de melhoramento genético da maçã (*Malus domestica*), realizado pelo IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná – desde 1970, resultando na produção de uma variedade de maçã, a EVA. As pesquisas conduzidas pelo engenheiro agrônomo Roberto Haugge e sua equipe, duraram mais de 10 anos até que as primeiras mudas fossem plantadas na região de Palmeira (PR). O melhoramento genético para a criação da variedade EVA procurou **recombinar genes** da variedade de maçã ANNA, de origem israelense, com a variedade GALA, desenvolvida na Nova Zelândia nos anos de 1920 e trazida para o Brasil cinqüenta anos depois. Além da tolerância a ambientes mais quentes, essa variedade necessita de menos tempo em temperatura mais baixa que a temperatura ambiente para que haja a quebra natural de dormência e conseqüente processo de floração, polinização e formação de fruto. (PARANÁ, 2007, p. 275, grifos do autor).

Outro trecho que pode ser utilizado como exemplo desta abordagem não aprofundada é o seguinte:

Os avanços da biotecnologia estão lado a lado com o crescimento das bioindústrias, empresas do ramo industrial que visam à exploração das técnicas envolvendo seres vivos com fins alimentares, farmacêuticos, medicinais, dentre outros. A indústria farmacêutica, por exemplo, visa a produção de animais conhecidos como biorreatores. Estes são animais, já domesticados pelo ser humano, que podem ser utilizados para a produção de proteínas recombinantes humanas de grande interesse biológico e comercial, como enzimas, hormônios, vitaminas, fatores biológicos de crescimento e outros. Assim, utilizando-se de vacas ou cabras, a proteína de interesse seria sintetizada por esses animais e expressa no leite, tornando sua produção mais barata e eficiente. Uma dessas proteínas seria a lactalbumina. (PARANÁ, 2007, p. 277, grifo do autor).

Quais seriam os impactos desta alteração genética sobre estes animais e sobre os animais com os quais se relacionam no ambiente? O texto convida, ainda, o aluno a buscar aprofundamento teórico para a reflexão sobre as implicações da produção destes animais chamados biorreatores: “Agora é com você e com seus

colegas: pesquise sobre este conteúdo e discuta os prós e os contras dessa prática. Também pesquise, se é possível a produção de biorreatores com vegetais”. (PARANÁ, 2007, p. 277). A pesquisa é interessante, no entanto, como pode o aluno, sem o auxílio do professor, saber se o referencial teórico ao qual ele tem acesso é adequado para atender à questão? Por este motivo destacamos novamente a importância do papel do professor no processo de aprendizagem.

Ao abordar a produção da soja transgênica, resistente ao herbicida glifosato, o autor perde uma excelente oportunidade de discutir os impactos negativos relativos à contaminação do solo pela utilização desenfreada do herbicida. Ora, se a soja produzida é resistente ao herbicida, significa que ele pode ser utilizado indiscriminadamente? Quais seriam as implicações ambientais e de saúde humana deste uso? Não haveria contaminação do solo e morte de bactérias e outros organismos necessários à sua fertilidade? O autor não considera estes aspectos e não sugere ao aluno nenhuma reflexão neste sentido. Limita-se a citar a existência de bactérias importantes no solo e que não são resistentes a tal herbicida, conforme segue:

Um exemplo de transgênico bastante conhecido é a soja transgênica Roundup Ready (RR), patenteada pela empresa Monsanto, líder mundial na produção do herbicida glifosato. Essa soja recebeu genes que conferem tolerância a esse herbicida, um tipo de agrotóxico utilizado para matar “ervas invasoras”. O processo acontece quando uma variedade transgênica recebe gene da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* que habita naturalmente o solo. Tal bactéria é resistente ao glifosato por conseguir sintetizar uma enzima denominada EPSPS, entretanto outras bactérias, como as que participam do ciclo do nitrogênio e são importantes para as plantas leguminosas não resistem. Este gene, incorporado ao material genético da soja, permite que a mesma sintetize a enzima que assegura, à planta, sobrevivência após a aplicação do glifosato. (PARANÁ, 2007, p. 283, grifo do autor).

Cabe a nós ressaltar que o livro que chamamos de material didático B não se propõe a “esgotar” os conteúdos da Biologia, mas sim, pretende discutir alguns recortes dos temas abordados:

É um livro diferente porque não tem a pretensão de esgotar conteúdos, mas discutir a realidade em diferentes perspectivas de análise (...). Além disso, os conteúdos abordados são alguns recortes possíveis dos conteúdos mais amplos que estruturam e identificam as disciplinas escolares. (PARANÁ, 2007, n. p.)

Mesmo assim, de acordo com os conhecimentos que julgamos básicos para uma formação científica adequada, consideramos que o livro didático B, no que

tange à engenharia genética, não utiliza como abordagem o enfoque ambiental, pois, apesar de trazer importantes relações entre diferentes saberes da Biologia, o texto não relaciona possíveis impactos da transgenia e/ou terapia gênica nas relações que se estabelecem entre os organismos e o ambiente.

#### 4.2.3 Enfoque em Educação para a Saúde

A abordagem dos conteúdos partindo deste prisma, que, segundo Geraldo (2006), deve permitir ao aluno as conexões entre as teorias científicas aprendidas na escola e a sua prática cotidiana, o seu dia a dia, deve se efetivar a partir dos princípios de problematização, contextualização e instrumentalização.

Para a pedagogia histórico-crítica, o ponto de partida deve ser sempre a prática social. Então, conforme Geraldo, problematizar:

Corresponde operacionalmente à elaboração de questões que problematizam o tema central da aula de forma contextualizada na prática social, e questões que subdividam gradativamente e em sequência lógica a compreensão dos conteúdos e raciocínios a serem desenvolvidos nas aulas, que possibilitem o desenvolvimento gradual e em sequência da aprendizagem, partindo dos conhecimentos que o aluno já tem sobre o tema em estudo e sobre a compreensão da realidade que eles permitem, possibilitando, a apreensão das informações transmitidas pelo professor, e o exercício da reflexão, da análise e da síntese por parte do aluno, para que sua aprendizagem seja ativa, significativa e reflexiva. (GERALDO, 2006, p. 115).

Para Saviani, problematizar “trata-se de detectar que questões precisam ser resolvidas no âmbito da prática social e, em consequência, que conhecimento é necessário dominar” (SAVIANI, 2012, p. 71), ou seja, o conhecimento é produto das necessidades humanas. Conforme Saviani (2012), para dotar os alunos dos instrumentos necessários é imprescindível o papel do professor, seja como transmissor direto dos conhecimentos socialmente produzidos e preservados, ou como mediador que indica os caminhos para tais.

Geraldo (2006) propõe uma metodologia para estimular o aluno a se apropriar de tais instrumentos:

Possibilitar o contato do aluno com situações de aprendizagem através de atividades didáticas que utilizem recursos materiais e teóricos que coloquem os estudantes em situações desafiadoras concretamente vivenciadas na prática social, onde possam: ver, observar, registrar, manipular, refletir, analisar, sintetizar, pensar e concluir. (GERALDO, 2006, p. 116).

É claro que o livro didático é um material que, sozinho, não possibilita toda essa forma de interação do estudante com o objeto, mas através, por exemplo, de exercícios propostos, indicações de leituras, sugestões de atividades práticas de laboratório, entre outros, pode constituir um excelente material de apoio ao professor, neste sentido.

É importante também ressaltar o papel da contextualização dos conteúdos para o aprendizado do aluno, conforme Geraldo:

Devemos apreender a cotidianidade como elemento necessário mas não suficiente para o devir da realidade humanizada, e incorporar o cotidiano, por superação, à esfera do não-cotidiano, das objetivações genéricas para si, assimilando o “lugar”, a especificidade histórica das objetivações genéricas para si, superando a fase sincrética da compreensão da realidade, incorporando a dimensão científica e filosófica dessa mesma compreensão da realidade. (GERALDO, 2006, p. 113).

#### 4.2.3.1 Material didático A

Através das análises, constatamos que os livros que compõe o material didático por nós chamado de A, evidenciam os usos que se faz das técnicas de transgenia e terapia gênica, relacionando-os com as suas finalidades, vantajosas, na maioria das vezes, pelo que se percebe segundo o autor:

Genes que determinam características desejadas são utilizados no melhoramento genético de muitas espécies. A partir de técnicas como a do DNA recombinante, pesquisadores têm “misturado” características de várias espécies num único indivíduo, com a finalidade de otimizar a produtividade, melhorar a resistência às pragas ou aumentar a adaptabilidade a ambientes extremos, como os sujeitos à seca. (...)

Por exemplo, misturando variedades de trigo comum com tipos de trigo selvagem, a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) obteve um tipo de trigo mais resistente aos insetos e fungos. Através de pesquisas, a Embrapa também obteve uma variedade de feijão totalmente resistente ao vírus do mosaico dourado, o que reduziu as perdas na lavoura.

Na Europa, certos tipos de laranjeira foram geneticamente modificados e passaram a florescer e produzir frutos já no primeiro ano de vida, antecipando a maturação e a produtividade.

Cientistas de Ohio, Estados Unidos, enxertaram em uma espécie de mosquito anofelino, transmissor do agente da malária, um gene que codifica a produção de uma substância bloqueadora da atividade do plasmódio dentro do mosquito.

Pesquisadores franceses inseriram o gene da hemoglobina humana nos plasmídios de certa bactéria e a introduziram numa variedade de ervilha. A partir daí, a planta passou a sintetizar hemoglobina. (PEZZI et. al., 2010a, p. 116).

Percebe-se neste trecho a preocupação do autor em contextualizar os usos das técnicas de transgenia, utilizando de vários exemplos. Aproximando o conhecimento teórico ao cotidiano. Entretanto, alguns dos exemplos utilizados pelo autor não deixam claro se foram apenas experimentos realizados em laboratório, apenas para teste, ou se já constituem realidades para a medicina.

Dentre esses exemplos, tomamos o caso do bloqueio da atividade do plasmódio causador da malária, dentro do mosquito transmissor, a partir da inserção no mosquito de um gene contendo determinada enzima, o texto não deixa claro se já são produzidos remédios e vacinas a partir desta técnica ou se são apenas realizados estudos neste sentido. O texto também não deixa claro, qual seria a vantagem de uma ervilha produzir hemoglobina, por exemplo. Também não sugere nenhuma leitura complementar sobre o assunto, para os alunos interessados.

Outro trecho que merece destaque diz respeito à terapia gênica:

A **terapia gênica** consiste na correção de defeitos genéticos com a utilização de vírus modificados, nos quais são introduzidos genes terapêuticos, isto é, genes que substituem os defeituosos. O vírus modificado infecta um lote de células retiradas do paciente, passando para elas os genes terapêuticos e, a partir do momento em que as células passarem a sintetizar corretamente a proteína, antes defeituosa, ou as proteínas que faltavam, elas são recolocadas no paciente.

Entretanto, alguns problemas ainda têm de ser resolvidos, pois os genes terapêuticos podem desligar algum gene ativo, ou serem identificados como antígenos estranhos, ou, ainda, o vírus modificado pode readquirir sua capacidade infecciosa.

Vacinas de DNA, como a anunciada para a prevenção e cura da tuberculose, também utilizam a técnica do DNA recombinante. Um gene da bactéria da tuberculose é inserido em plasmídios bacterianos, que são introduzidos no organismo da pessoa, que reagirá a eles produzindo anticorpos. Outras vacinas de DNA podem ser aplicadas no tratamento de tumores, como os causados pelo papilomavirus humano, o HPV 16. Tais “vacinas” tem função tanto terapêutica quanto preventiva. (PEZZI et. al., 2010a, p. 119 e 120, grifos do autor).

Embora o texto explique em que consiste a terapia gênica (e apresente até alguns problemas que podem ocorrer em decorrência da sua aplicação), deixa lacunas ao não exemplificar que doenças podem ser curadas através da produção destes genes terapêuticos.

Em nossas análises encontramos mais um trecho do livro que novamente aborda a produção dos genes terapêuticos sem exemplificar os seus usos:

Uma das ramificações mais promissoras, a engenharia genética ou biotecnologia, consiste na manipulação de genes de organismos. Ela pode alterar os genomas dos seres vivos, utilizando técnicas que permitem a

separação de genes ou de fragmentos de DNA e sua multiplicação em laboratório, além da obtenção de organismos transgênicos e clones. A engenharia genética abriu novas perspectivas à Medicina; não só pela possibilidade de produção de remédios, mas também pelo **controle dos genes que causam doenças hereditárias**. (PEZZI et. al., 2010b, p. 10, grifo nosso)

Ao estudante cabe perguntar: que doenças hereditárias são estas, que podem ser curadas através da terapia gênica, será que este é um tratamento alternativo para uma determinada doença que existe na minha família?

No entanto, em outro momento, o autor menciona algumas doenças de transmissão hereditária focos de estudo dos cientistas e apresenta perspectivas de prevenção, em casos de diagnóstico precoce:

Muitas moléstias hereditárias já estão devidamente estudadas, e os genes ou cromossomos responsáveis já foram localizados, como na síndrome de Down, na hemofilia, na distrofia muscular progressiva e em inúmeras outras. Em muitos casos é possível reconhecer precocemente uma doença hereditária e tomar **medidas preventivas**. (PEZZI et. al., 2010b, p. 12, grifo nosso)

Neste caso, apesar de citar possíveis doenças, o autor deixa uma lacuna ao não exemplificar que medidas preventivas seriam essas: alguma alteração no conjunto de cromossomos? Em que momento no desenvolvimento do indivíduo são feitas estas alterações? Ainda na fase gestacional, enquanto embrião, ou no recém-nascido? Ou ainda, não são possíveis alterações no material genético nestes casos, a prevenção ocorre apenas através da fertilização artificial, selecionando-se os óvulos e espermatozoides? Enfim, vemos a necessidade de uma maior discussão em sala de aula sobre a temática **terapia gênica** e frisamos, novamente, a importância da iniciativa do professor quanto à esta questão.

Já no trecho a seguir, o autor retoma a explicação sobre a terapia gênica e na sequência cita ao menos uma doença passível de cura através deste tratamento:

Uma grande possibilidade para o tratamento de doenças hereditárias é a terapia genética, que consiste na introdução de um gene normal, para substituir um gene defeituoso, nas células do indivíduo afetado. Pesquisas neste sentido tem sido intensificadas ultimamente. A distrofia muscular de Duchenne é uma doença recessiva ligada ao sexo, relativamente comum, que afeta 3 crianças do sexo masculino a cada 10 mil nascimentos. (...) (PEZZI et. al., 2010b, p. 64).

O único pormenor neste trecho é que o autor não relaciona de maneira direta a terapia gênica ao tratamento da distrofia muscular. Não deixa bem claro a proposta. Mas isso é uma questão de coesão textual que não pretendemos explorar.

Entre os exercícios propostos pelo livro didático A, há predominância daqueles que dão ênfase a consolidação dos conhecimentos técnicos sobre como são realizadas **transgenia e terapia gênica**: dentre os 10 exercícios envolvendo as temáticas em análise, 6 possuem esta característica, conforme abaixo:

(...) 3. Os plasmídios ou episômas foram muito importantes para as pesquisas iniciais realizadas sobre o DNA recombinante. Responda:

**a) O que são plasmídios e onde são encontrados?**

b) Por que os plasmídios foram importantes nas pesquisas com o DNA recombinante?

**c) Como os plasmídios podem ser “cortados” e “costurados” a outros segmentos de material genético? (...)**

6. A respeito do avanço nos resultados obtidos com a engenharia genética, responda:

**a) Como se pode definir um organismo transgênico?**

**b) A transgenia ocorre apenas entre animais ou apenas entre plantas? (...)**

**10. O que é terapia gênica? (PEZZI et. al., 2010a, p. 124, grifo nosso)**

(...) 5. (UFF-RJ) Os cientistas franceses que criaram animal transgênico e o artista brasileiro que fez a encomenda entraram em conflito. Criador e artista já dispunham a posse da “transcoelha”, Eduardo Kac, artista plástico brasileiro e professor de arte e tecnologia em Chicago, batizou de Alba a coelha transgênica que tem uma propriedade peculiar: seus olhos rosados e seus pelos brancos ficam fluorescentes quando expostos à luz ultravioleta. Para conferir essa característica particular, os pesquisadores criaram um coelho que produz em todas as suas células a proteína GFP (proteína verde fluorescente, na sigla em inglês), presente naturalmente em medusas e que pode ser detectada sob luz ultravioleta. Considerando a tecnologia para obtenção de transgênicos, são feitas as seguintes afirmativas:

I – A coelha Alba é considerada transgênica, pois possui em seu genoma um segmento de DNA de medusa.

II – Apenas as células somáticas tiveram o gene que codifica a proteína GFP inserido em seu genoma.

III – As células fluorescentes da coelha produzem RNA mensageiro, que no processo de tradução origina a proteína GFP.

IV – A coelha transgênica foi produzida a partir da introdução de um núcleo extraído de uma célula de medusa em um óvulo de coelha cujo núcleo tenha sido anteriormente removido.

Dentre as afirmativas acima, somente estão corretas:

- a) I e II
- b) I e III
- c) I e IV
- d) II e III
- e) III e IV (...)

7. (UFMA) Recentemente foi inoculado o gene humano da insulina em uma bactéria, através da engenharia genética. Com isso, a bactéria passou a sintetizar insulina humana. Isto foi possível porque os genes humanos:

- a) também são encontrados em bactérias
- b) alteram os genes das bactérias
- c) são semelhantes aos genes das bactérias
- d) funcionam dentro das bactérias

e) utilizam RNAm das bactérias (...) (PEZZI et al., 2010a, p. 126)

(...) 5. (Vunesp-SP) O primeiro teste de terapia gênica humana utilizou células sanguíneas, pois estas são de fácil obtenção e de fácil reintrodução no corpo. A paciente foi uma menina com a doença da imunodeficiência combinada severa. Esta criança possuía um sistema imune extremamente deficiente e não podia defender-se contra infecções. Sua doença era a mesma que a do “menino bolha”, que viveu sua curta vida em um ambiente estéril. A causa da doença da menina era um defeito em um gene que codifica a enzima adenosina desaminase (ADA). Os cientistas do National Institute of Health dos Estados Unidos coletaram sangue da menina, separaram os linfócitos (células brancas) e usaram um retrovírus para introduzir uma cópia correta do gene nestas células. Então eles reintroduziram os linfócitos na paciente. As células alteradas produziram a enzima que antes faltava e, hoje, a menina é mais saudável do que antes. (KREUZER, H.; MASSEY, A. Engenharia genética e biotecnologia. Porto Alegre: Artmed, 2002.)

- a) A partir do exemplo apresentado no texto, **explique em que consistem, de maneira geral, os tratamentos denominados “terapia gênica”.**
- b) **Selecione e transcreva o segmento do texto que justifica a afirmação de que a terapia gênica é um exemplo de engenharia genética.** (PEZZI et. al., 2010a, p. 127, grifo nosso).

Desta forma, podemos dizer que é assegurado ao aluno o direito do acesso às informações técnico-científicas. Entretanto, os textos que introduzem os exercícios 5 e 7 da página 124, e o exercício 5 da página 125, iniciam utilizando a prática social como ponto de partida, em acordo com o que propõe a pedagogia histórico-crítica, mas o esforço que se exige do discente a partir da resolução desses exercícios não instiga a reflexão crítica e não vincula o conhecimento científico à sua inserção na prática social, dificultando a “unidade dialética entre o empírico e o teórico, o abstrato e o concreto, o sujeito e o objeto de conhecimento” (GERALDO, 2006, p. 116), como propõe a categoria instrumentalização, conforme Geraldo.

Tomando como exemplo o caso do exercício 5 da página 124, o texto introdutório do exercício permite reflexões éticas, por exemplo, a aplicação da transgenia para finalidades artísticas estéticas (tal qual a criação da coelha transgênica Alba), esbarra nas normas de biossegurança dos procedimentos científico-tecnológicos:

O advento da arte biotecnológica coincide com a emergência de desencontros entre estética e segurança da vida. Os princípios e dispositivos criados para avaliar a segurança de procedimentos científicos são trazidos para a avaliação de experimentos artísticos. Porém enquanto a biossegurança se apoia na defesa da segurança da vida cuja conceituação, pelo menos, até o momento, exclui justificações estéticas, a arte se apoia na defesa da livre expressão estética. (...)

Os artistas justificam os seus trabalhos por meio de conceitos, frequentemente, estéticos; os operadores de biossegurança empregam o

que nomeamos como argumento biopolítico, isto é, a defesa da saúde da população. (GALINDO, 2012, p. 2).

Ainda, segundo a mesma autora: “Os mecanismos de segurança<sup>33</sup> visam proteger o interesse coletivo contra os interesses individuais e proteger estes últimos do excesso de determinação dos interesses coletivos” (GALINDO, 2012, p. 7)

Desta forma, a coelha Alba, que deveria ser exposta no festival Avignon Numerique (abril de 1999 a novembro de 2000), como obra de arte do artista brasileiro Eduardo Kac, foi impedida de sair do laboratório onde foi criada, por questões de segurança. De acordo com Galindo (2012), para o artista brasileiro nunca ficaram muito claros os motivos deste impedimento. Muita polêmica ocorreu (e ainda ocorre) em torno deste assunto, o fato é que a coelha Alba nunca chegou a sair do laboratório e, segundo Galindo (2012), questiona-se até mesmo a sua real existência.

A história da coelha Alba daria um ótimo ponto de partida para reflexões sociais mais aprofundadas, como por exemplo, sobre a função da arte estética na sociedade atual; sobre a apropriação pelos cientistas das técnicas da engenharia genética e sobre as informações genéticas dos organismos; sobre as influências multilaterais envolvidas nas questões relativas à biossegurança, entre outras. Contudo, o livro didático analisado não explora todo este potencial do exercício.

Também encontramos, ao analisarmos os exercícios propostos, um exercício que propõe ao estudante a consolidação dos conhecimentos sobre as aplicações da transgenia, um esforço no sentido de contextualizar os conhecimentos:

2. (UFPI) Em todo o mundo, plantas transgênicas, como soja, milho, algodão, batata, tomate e muitas outras, já ocupam cerca de 40 milhões de hectares, sendo os principais produtores os Estados Unidos, a Argentina e o Canadá. Considere as afirmativas a seguir, que mostram os objetivos da manipulação genética das plantas cultivadas.

I – Desenvolver variedades de plantas resistentes a herbicidas ou a insetos.

II – Desenvolver variedades de plantas que produzam frutos com melhor textura e de amadurecimento lento.

III – Desenvolver variedades de plantas resistentes a geadas, acidez do solo e escassez de água.

Da análise das afirmativas acima podemos assegurar que:

- a) apenas I está correta
- b) apenas II está correta
- c) apenas I e II estão corretas
- d) apenas II e III estão corretas

---

<sup>33</sup> Biossegurança, neste caso.

e) I, II, e III estão corretas (PEZZI et. al., 2010a, p. 125)

Encontramos também 3 exercícios (5, página 122; 8, página 123; 2, página 125) que incentivam o estudante a relacionar os conhecimentos da manipulação genética com outras áreas do conhecimento, os quais já foram explorados no item anterior (enfoque ambiental).

Por fim sentimos falta, no material analisado, de quaisquer informações e/ou discussões a respeito da legislação vigente, especialmente no Brasil, que regula a produção de organismos transgênicos e os experimentos envolvendo a terapia gênica. Uma discussão a respeito da legislação seria muito interessante para que o estudante pudesse perceber os diversos interesses econômicos envolvidos na regulação e desenvolvimento da engenharia genética no nosso país.

Embora, conforme exemplificamos ao longo deste exercício de análise, algumas informações que julgamos importantes tenham sido omitidas pelo autor, entendemos que o material didático A aborda as temáticas em análise a partir do enfoque em educação para a saúde, porém do ponto de vista do conhecimento utilitarista. Faltam-lhe discussões sobre conhecimentos relacionados à transgenia e à terapia gênica que não têm aplicabilidade prática direta, como debates bioéticos, por exemplo, fato notado nas leituras dos textos e, sobretudo, nos exercícios propostos.

#### 4.2.3.2 Material didático B

Na introdução ao conteúdo estruturante “Implicações dos Avanços Biológicos no Fenômeno VIDA”, o livro descreve a importância de que o aluno, enquanto cidadão em formação, tenha acesso ao conhecimento científico e compreenda como as novidades da área afetam a sua vida: “Como cidadão, devemos conhecer os avanços das Ciências e ter o direito de receber esclarecimentos sobre como estes novos conhecimentos irão afetar nossa vida”. (PARANÁ, 2007, p. 224).

Ainda na introdução ao conteúdo estruturante, são feitas algumas considerações sobre os possíveis usos das tecnologias biológicas:

Portanto, a biotecnologia preocupa-se com a aplicação dos avanços científicos e tecnológicos resultantes de pesquisas em Ciências Biológicas utilizando-se organismos vivos, ou suas células e moléculas, para

industrialização de produtos comercializáveis, como por exemplo, vacinas, alimentos transgênicos e insulina transgênica; para diagnose e cura de doenças fatais; para produção de novos medicamentos e redução do custo de medicamentos de grande uso; para a produção de tecidos e órgãos para transplante, entre outros. (PARANÁ, 2007, p. 224).

Essa informação, já na introdução, é interessante, pois, além de cumprir o óbvio à que se propõe todo texto introdutório, ou seja, situar o leitor quanto aos assuntos que se pretende discutir neste conteúdo, instiga a curiosidade do educando.

A forma como são iniciados os assuntos, também constitui positividade com relação a esta obra, pois começam com uma pergunta ou situação do cotidiano do aluno na qual a transgenia está inserida. Por exemplo, o Folhas sobre transgênicos inicia da seguinte forma: “O alimento que você consome diariamente é transgênico?” (PARANÁ, 2007, p. 269). O autor segue relacionando o assunto ao contexto de vida do estudante:

Atualmente, temos visto reportagens sobre alimentos transgênicos sendo exibidas em jornais, revistas e na televisão. Como saber, por exemplo, se o óleo de soja industrializado, ou a carne vendida no açougue, ou mesmo frutas e verduras são ou não alimentos transgênicos? Será que estou consumindo alimento transgênico? (PARANÁ, 2007, p. 270).

Avaliamos como adequada essa maneira de abordagem, pois se encaixa justamente no conceito de problematização definido por Geraldo: “Corresponde operacionalmente à elaboração de questões que problematizam o tema central da aula de forma contextualizada na prática social (...)” (GERALDO, 2006, p. 115).

Ao longo do texto que trata das vacinas gênicas, a autora discute e explica a que se destinam as vacinas, quais são as técnicas utilizadas na sua produção, bem como as vantagens de sua utilização em relação às vacinas convencionais:

A vacina gênica ou vacina de DNA, ainda em fase de experimento e padronização, pode se tornar a maior promessa de combate a doenças infecciosas para as quais até hoje não existe prevenção segura, como herpes, AIDS, malária, tuberculose, hepatite, esquistossomose, dengue, entre outras. Para a produção da vacina gênica, os cientistas retiram do agente causador da doença, que pode ser um vírus, uma bactéria, fungo ou outro parasita, um pedaço da molécula de DNA, onde fica o seu código genético.

Quando inoculado nos animais ou em humanos, esse pedaço de DNA que codifica uma proteína imunogênica, ou um fator de virulência, tem a potencialidade de induzir o sistema imunológico a produzir anticorpos ou estimular a imunidade mediada por células, principalmente linfócitos T auxiliares ou citotóxicos (uma das principais células de defesa de nosso

organismo), protegendo contra a infecção causada pelo agente patogênico de onde se originou o DNA.

O método é considerado mais eficaz e seguro do que o de determinadas vacinas convencionais, que inoculam vírus ou bactérias vivas e atenuadas na pessoa para obrigar o sistema imunológico a produzir anticorpos ou imunidade celular.

Essas vacinas de organismos vivos e atenuados, embora funcionem muito bem, oferecem certa margem de risco de que a pessoa acabe contaminada pelo agente patogênico que se pretende prevenir. Com a vacina de DNA isso não acontece. (...)

As vacinas de DNA, além da imunidade humoral e celular específica, oferecem vantagens adicionais em relação às vacinas clássicas: “A vacinação, enquanto medida de saúde pública, requer a indução de imunidade duradoura. A maioria das vacinas usadas em programas de vacinação infantil requer a administração de sucessivas doses de reforço com revacinações periódicas. Com a vacina gênica esse problema seria resolvido uma vez que a imunidade adquirida persiste por longo período de tempo devido à constante produção do antígeno dentro da célula hospedeira e à capacidade destas de estimularem linfócitos de memória imunológica”.

Em termos econômicos, técnicos e logísticos, as vacinas de DNA oferecem uma série de vantagens quando comparadas com as vacinas clássicas, especialmente se considerarmos a sua utilização nas condições oferecidas pelos países em desenvolvimento.

O custo de produção das vacinas gênicas em larga escala é significativamente menor do que o custo de produção das vacinas recombinantes, peptídeos sintéticos e outras. O controle de qualidade é mais fácil, e a comercialização não necessita de uma rede de refrigeração, pois estas vacinas são estáveis à temperatura ambiente. (...) (PARANÁ, 2007, p. 264 – 265, grifos do autor).

Este texto, que a autora extraiu da revista *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*<sup>34</sup>, se encaixa no propósito inicial do capítulo (conteúdo estruturante) de fazer com que o aluno “(...) tenha acesso ao conhecimento científico e compreenda como as novidades da área afetam a sua vida” (PARANÁ, 2007, p. 224). Logo no início, o texto deixa claro que a vacina gênica, até o momento em que ele foi redigido, não era ainda uma técnica empregada na medicina, mas sim uma tecnologia promissora e com grande impacto sobre a saúde da população. Além disto, são relacionadas no trecho as doenças passíveis de prevenção pela administração da vacina gênica. Apropriadamente, o texto também aponta várias vantagens da utilização desta vacina, tanto no que diz respeito à sua eficácia, quanto no que diz respeito aos aspectos econômicos. Temos uma ressalva, no entanto, com relação a este trecho: julgamos pertinente a explicação do que são “vacinas recombinantes, peptídeos sintéticos”, técnicas citadas no texto e não esclarecidas.

---

<sup>34</sup> SILVA, C. L. Vacinas gênicas: O impacto sobre o controle das doenças infecciosas. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, ano 1, n. 3, nov./dez 1997. Disponível em: <[www.biotecnologia.com.br/edicoes/ed03.php](http://www.biotecnologia.com.br/edicoes/ed03.php)>. Acesso em: 20 fev. 2006.

Com relação à transgenia, o autor também explica adequadamente como ocorre a técnica, auxiliando o aluno a se apropriar dos instrumentos culturais necessários à sua inserção social:

Primeiro, identifica-se em uma determinada espécie, um gene específico para determinada característica; em seguida, há o isolamento e a inserção do mesmo em outra espécie. Esse gene é selecionado a partir do interesse em uma característica considerada importante para ser incluída nessa outra espécie.

A espécie que passou a receber o novo gene é conhecida como organismo geneticamente modificado (OGM), ou, mais divulgado, transgênica, pois ao seu patrimônio genético foi acrescido um gene característico de outra espécie. (PARANÁ, 2007, p. 283).

Além disto, traz exemplos de aplicações práticas da técnica na agricultura, relacionando teoria e prática:

Talvez um dos mais sucedidos seja o caso do mamão papaia resistente ao vírus da mancha anelar. O mamão transgênico é utilizado desde 1998 no estado do Havaí, EUA, e foi responsável pela recuperação da atividade agrícola e comercial envolvida na produção de papaia.

O vírus da mancha anelar é um exterminador. As plantas infectadas com o vírus não se recuperam, convertendo-se em reservatórios do vírus, o qual é rapidamente transmitido por insetos. Quando as plantas são infectadas ainda jovens simplesmente morrem sem produzir frutos. Já as plantas mais velhas produzem frutos pequenos e sem valor comercial. Não existe a ocorrência natural de genes de resistência ao vírus. Além disso, é impossível o plantio de novas árvores em áreas afetadas pela doença.

Recentemente a Embrapa desenvolveu uma variedade transgênica resistente ao vírus. (PARANÁ, 2007, p. 287).

Merece destaque neste livro o trecho no qual o autor relaciona aspectos bioéticos relativos ao patenteamento dos organismos vivos ou de suas partes:

A soja RR e o herbicida glifosato são produtos patenteados pela mesma empresa. O patenteamento de material genético é um problema ético e sério! Dizer que um produto é patenteado significa que a empresa detém os direitos de pesquisa e comercialização dos produtos produzidos por ela. Quem tiver interesse em utilizá-lo, no caso dos agricultores, em plantar a semente geneticamente modificada, terá que pagar royalty (uma espécie de taxa) ao proprietário. (PARANÁ, 2007, p. 288).

Na sequência, o autor sugere um debate ético sobre o tema, o qual descreveremos melhor no item 4.2.4.2.

O livro traz, ao longo dos textos, muitos exercícios de reflexão que auxiliam o aluno a compreender as múltiplas determinações da realidade, no que tange à Engenharia Genética, como os citados abaixo:

Embora as técnicas que envolvam o DNA tragam inúmeros benefícios à humanidade, em países como o Brasil apenas uma parcela da população tem acesso a ela. O que justifica este fato? (PARANÁ, 2007, p. 142).

Conhecer a “genética” de cada espécie é importante para quê? (PARANÁ, 2007, p. 276)

(...) quais os objetivos da produção de soja transgênica? (PARANÁ, 2007, p. 287).

Ao refletirmos sobre quais seriam os objetivos da produção da soja RR, perguntamos: seriam para a melhoria da qualidade nutricional ou por interesses econômicos? Quais as implicações para a saúde humana? E para o ambiente? (PARANÁ, 2007, 288).

Você conhece a nectarina (*Prunus persica*), o mamão papaia (*Carica papaya*) e o Kiwi (*Actinidia deliciosa*)? Sabe de onde vieram?

A soja transgênica, entre outros alimentos e produtos transgênicos, é uma realidade dos nosso dias, mas...

1. Porcos transgênicos verdes que brilham no escuro...
2. Peixe transgênico com vacina contra a hepatite B...
3. Ovelhas transgênicas que produzem leite contendo fator 9, utilizado como medicamento contra a hemofilia...

Procure nos livros de biologia e na internet para saber se esses transgênicos são ficção ou realidade. (PARANÁ, 2007, p. 289).

Tais atividades se aproximam do, conforme definido por Geraldo, “processo analítico-sintético do conhecimento” de um objeto, o qual, segundo o autor, permite “abordar a realidade problematizando a sua multilateralidade”:

Como surgiu? Como se desenvolveu? Como se apresenta? Quais as características fundamentais? Quais os elementos constituintes? Quais as determinações fundamentais? Qual a dinâmica de transformação quantitativa e qualitativa? Como se supera? Quais as condições fundamentais e motrizes? Quais as relações internas reiterativas secundárias e quais as essenciais? Como se relaciona? Para que serve? Para quem interessa? Qual a finalidade? (GERALDO, 2006, p. 114).

Outro aspecto interessante é que o livro cita a legislação brasileira que trata da transgenia, embora não aprofunde o tema:

A lei nº 11105/05 estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados (OGM) e seus derivados. Para conhecer na íntegra essa lei acesse o endereço eletrônico da Casa Civil, da Presidência da República, disponível em [www.planalto.gov.br/CCVIL/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105htm](http://www.planalto.gov.br/CCVIL/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105htm). (PARANÁ, 2007, p. 283).

Negativamente, notamos que o material não aprofunda com maiores informações a utilização da terapia gênica no tratamento e cura de doenças genéticas ou adquiridas. Apenas cita essa possibilidade na introdução do conteúdo

estruturante “Implicações dos Avanços Biológicos no Fenômeno VIDA”, conforme descrito no início da análise deste enfoque, e traz apenas o comentário descrito abaixo, no texto do Folhas “DNA: a longa cadeia da vida”:

O grande avanço biotecnológico conquistado e acumulado historicamente tem possibilitado encontrar os “erros” da molécula da vida que vem acarretando grandes malefícios à humanidade. Além das doenças relacionadas ao sexo, já se têm avanços na identificação e compreensão de doenças genéticas autossômicas, usando o método do DNA recombinante, que consiste em restringir e assim localizar o gene defeituoso. Resta à ciência corrigir esses erros gênicos e proporcionar uma vida com qualidade às populações, indistintamente. (PARANÁ, 2007, p. 142, grifo do autor).

Sendo assim, não podemos afirmar que o livro didático B, por si só, permite ao aluno a apropriação de todos os bens culturais produzidos historicamente pela humanidade (e nem é essa a sua pretensão, conforme discutimos no item 4.1). Mas entendemos que o tratamento dado à temática transgenia tem alguns elementos de proximidade com o referencial teórico da Pedagogia Histórico-Crítica. Pois há um esforço de inserir a técnica na prática social, sem perder a cientificidade do conteúdo.

#### 4.2.4 Enfoque nos métodos próprios das ciências naturais

Conforme Geraldo (2006), a palavra método tem origem grega e significa: “caminho que se faz para atingir o ponto de chegada” (GERALDO, 2006, p.100). Portanto, conforme o autor, em primeiro lugar é necessário saber aonde se quer chegar para se definir como chegar.

Não só para as ciências naturais, mas para todas as ciências, é necessário ter a clareza de que:

Apesar de haver similaridades e aproximações muito estreitas, os métodos de ensino não se confundem com os métodos de investigação científica, enquanto processos cognitivos, pois na investigação científica o objetivo principal é a produção de novos conhecimentos, enquanto que na aprendizagem escolar o objetivo principal é a assimilação-apropriação dos conhecimentos produzidos, sistematizados e fixados culturalmente como fundamentais para a existência humana atual (...) (GERALDO, 2006, p. 102).

Desta forma, embora este enfoque proponha ênfase nos métodos próprios das ciências naturais, não se pode perder de vista o objetivo principal da educação que é a apropriação dos bens culturais humanamente e historicamente construídos.

Entretanto, também é necessário não dicotomizar conteúdo e método, pois enfoque nos métodos próprios das Ciências Naturais pressupõe:

A aplicação dos princípios didáticos “da unidade entre forma e conteúdo, entre conteúdos e métodos, entre conhecimentos e habilidades cognitivas”; “das possibilidades de aproximação, de interdependência e de desenvolvimento recíproco entre os métodos de aprendizagem e os métodos de investigação”. (GERALDO, 2006, p. 121, grifos do autor).

Então, o ensino da Biologia através deste enfoque deve permitir ao aluno se apropriar dos produtos da ciência e dos métodos que levam às novas descobertas.

Geraldo propõe o que ele próprio chama de “técnicas” para o ensino de Ciências e Biologia, que, segundo ele, dentre as mais importantes estão:

Exposição; Aula de laboratório ou aula prática; Aula de campo ou Excursão; Seminário ou Apresentação de Trabalhos Didáticos; Estudo de Textos; Discussão; Projetos<sup>35</sup>; Simulações; Exercícios de fixação; Exercícios de avaliação”. (GERALDO, 2006, p. 122)

Entendemos que ao livro didático não compete (pelo menos não só a ele) o emprego de todas as metodologias acima citadas, algumas delas ficam a cargo do professor, como por exemplo, aulas de campo ou excursões, proposição de seminários e trabalhos, a seleção de textos interessantes para o estudo crítico entre outras. Porém, um livro didático que se propõe a servir de apoio ao professor no preparo de suas aulas deve estar comprometido com a recomendação de vários meios pelos quais o professor possa atingir o objetivo de levar o aluno à compreensão sintética da realidade que o cerca.

#### 4.2.4.1 Material didático A

O livro didático compromete-se a “auxiliar o professor, no sentido de apontar objetivos a serem atingidos, aspectos relevantes a serem abordados, sugestões de atividades, experimentos, sites e vídeos” (PEZZI et. al., 2010a/b, p. 2)

Contudo, embora o material A apresente, na seção intitulada **Orientações para o professor**, estratégias pedagógicas: “Algumas estratégias podem ser aplicadas no ensino da Biologia, como experimentação, estudos do meio, desenvolvimento de projetos, jogos, seminários e debates”. (PEZZI et. al., 2010a/b,

---

<sup>35</sup> Geraldo (2006) não deixa claro o que ele entende pela utilização de projetos como uma metodologia para o ensino de Ciências. Apenas cita a obra “Prática de Ensino da Biologia” da M. Krasilchik (1996), que, segundo ele, traz uma apresentação detalhada de todas estas metodologias.

p. 7), no caso específico da manipulação genética, há incoerência entre o que o livro se propõe a fazer (conforme citação do parágrafo acima) e o que efetivamente encontramos em nossa análise.

O material didático não traz sugestões de leitura complementar para o aluno<sup>36</sup>, não propõe atividades práticas ou de estudo de campo, não propõe a visita a sites interessantes sobre transgenia e terapia gênica, não sugere vídeos e filmes e a maioria dos exercícios propostos não aproximam teoria e prática, conforme comentado nos itens anteriores.

Sugestões de debates a serem discutidos por grupos, instigando à reflexão e formação de opiniões, fundamentadas em pesquisa na literatura específica, observamos apenas com relação ao uso de células tronco, não para as temáticas **transgenia** e/ou **terapia gênica**.

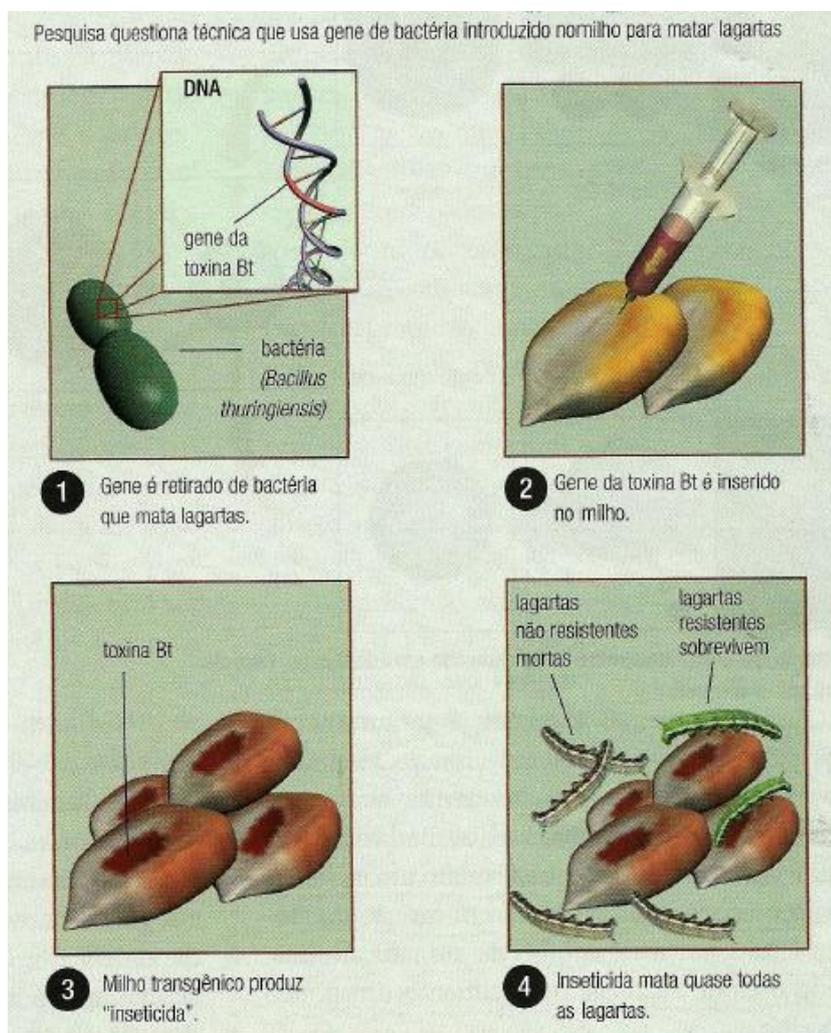
Como favorável ao aprendizado fundamentado nos métodos próprios das ciências naturais, sem abrir mão da união teoria e prática, método e conteúdo, observamos a explicação das técnicas **terapia gênica** e **transgenia** através de ilustrações, conforme as figuras 6a e 6b, a seguir:

---

<sup>36</sup> Sugestões de leitura complementar e sites, relativa à Biotecnologia, são feitas apenas no livro que se destina ao professor, na seção intitulada “Orientações ao professor”, na página 53 do volume 1.

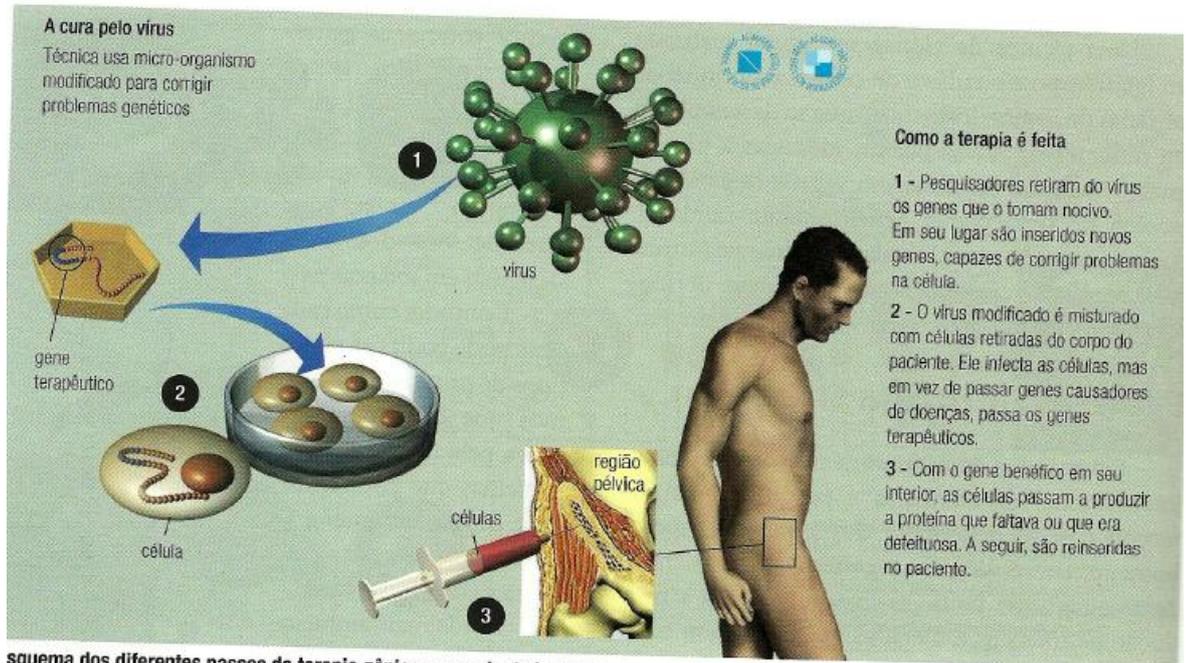
Figura 6 – Imagens explicativas das técnicas de manipulação genética

## a) Transgenia



(PEZZI et. al., 2010a, p. 117)

## b) Terapia gênica



(PEZZI et. al., 2010a, p. 120).

O uso de ilustrações facilita o entendimento do conteúdo estudado, pois do discente não se pode exigir que consiga abstrair, única e exclusivamente a partir dos assuntos trabalhados em teoria, a sua significação, o seu funcionamento, as suas aplicações práticas, etc.

Embora devamos admitir que não temos clareza sobre quais são as diferentes concepções teóricas existentes para o ensino de ciências naturais (isto porque este estudo não foi realizado durante a elaboração deste trabalho), entendemos que o material didático A aborda os conteúdos que o autor considera relevantes, baseado na proposta curricular para o ensino da Biologia apresentada pelos PCN. Porém, a prevalência de exercícios que exigem do aluno apenas a memorização – ou retomada – do conteúdo estudado, ao invés da reflexão (conforme discutido no enfoque em educação para a saúde), a ausência de indicações de outras fontes interessantes de consulta ao aluno, e a falta de incentivo a discussões bioéticas, são indicativos de que tal abordagem ocorre de uma maneira conteudista e linear, reforçando o caráter verossímil da ciência.

#### 4.2.4.2 Material didático B

Nos textos analisados no livro didático em questão, encontramos, algumas vezes, o estímulo a uma postura investigativa, como nos casos abaixo:

Podemos considerar que esse melhoramento pelo qual a alface tem passado todos esses anos a caracteriza como alimento transgênico? Como saber? (PARANÁ, 2007, p. 270).

Com os conhecimentos apresentados e discutidos até o momento, retorne aos grupos de alimentos da primeira atividade deste Folhas e investigue a possibilidade de saber se os alimentos que consumimos diariamente são transgênicos ou não, ou se são resultados de anos de melhoramento genético clássico. (PARANÁ, 2007, p. 274).

O melhoramento genético clássico pode ser considerado um tipo de biotecnologia? Justifique. (PARANÁ, 2007, p. 274).

Entendemos que é interessante este encaminhamento, pois, para “descobrir” a resposta a estas questões, o aluno terá que buscar embasamento na literatura científica disponível. Desta forma, une-se conteúdo e método, ou seja, o aluno exerce participação ativa no seu próprio aprendizado, aproximando-se dos métodos de produção da ciência, enquanto se apropria dos bens culturais humanamente construídos. Importante, porém, é que o professor acompanhe os resultados encontrados pelos alunos e, se preciso, corrija-os.

Tomamos a seguinte expressão: “investigue a possibilidade de saber se os alimentos que consumimos diariamente são transgênicos ou não, ou se são resultados de anos de melhoramento genético clássico”, o autor não indica meios pelos quais o aluno possa proceder a esta investigação. Desta forma, se o professor não tomar esta questão, provavelmente haverá prejuízo no aprendizado.

Destacamos também do material didático B algumas questões controversas, pois apresentam positivities e negatividades: sugestão de filmes, sites e leituras sobre os temas polêmicos, conforme os exemplos abaixo:

Junto com seu professor organize a turma para assistir o filme **GATTACA: A experiência genética** (EUA, 1997, Columbia Pictures – direção de Andrew Niccols). (PARANÁ, 2007, p. 140, grifo do autor).

Sugestão de vídeo “A ilha do Doutor Moreau” (EUA, 1996, New Line Cinema – direção John Frankenheimer. O filme relata a história de um homem que sofre um acidente aéreo, é resgatado por um cientista que o leva a uma ilha. Nesta ilha vive um geneticista que faz experiências com DNA. Ele tenta criar uma raça perfeita, mas coisas estranhas acontecem... (PARANÁ, 2007, p. 143, grifo do autor).

Para saber mais sobre o bioética, leia o Folhas **Bioética**, no Livro Didático Público de Filosofia. (PARANÁ, 2007, p. 282).

Para saber mais sobre agrotóxicos, leia o Folhas **Você toma veneno?** No Livro Didático Público de Geografia. (PARANÁ, 2007, p. 284).

Acesse o endereço eletrônico [www.greenpeace.org.br](http://www.greenpeace.org.br) e veja a relação de alimentos que são comercializados e fabricados a partir de matéria-prima geneticamente modificada; veja também a relação dos alimentos declarados “livres de transgênicos”. (PARANÁ, 2007, p. 286, grifo do autor).

Apresentam positivamente porque ampliam o horizonte de conhecimento dos discentes, entretanto, a efetivação deste conhecimento está condicionada à ação mediadora do professor.

Da mesma forma, os debates sugeridos ao aluno ao longo do material analisado apresentam aspectos positivos e negativos. A discussão destes assuntos com os colegas constitui uma oportunidade para a troca de experiências e conhecimentos, além de incitar a busca por argumentos, auxiliando na formação crítica do cidadão. Entretanto, os alunos, em geral, não estão preparados para responder a estas questões sozinhos, necessitam de direcionamento, indicações de fontes teóricas confiáveis, que competem ao professor e/ou ao próprio livro didático. Abaixo citamos algumas exemplificações de tais debates:

Depois de terem assistido ao filme sugerido, construam argumentos sobre as questões abaixo para debatê-los em sala com os seus colegas.

Que problemas éticos a formação de classes genéticas artificiais poderão suscitar, numa sociedade como a nossa? Justifique.

As chamadas “filosofias da natureza” investigam se existe uma natureza cujas características se mantenham para além das intervenções humanas. Como você analisa os efeitos do aprimoramento genético humano (eugenia) na sociedade?

O conhecimento acerca do DNA pode intervir no processo de constituição da uma sociedade? Como? (PARANÁ, 2007, p. 140, grifo do autor).

Conhecer a genética de cada espécie é importante para quê? (PARANÁ, 2007, p. 276).

Por que o entendimento sobre a recombinação entre os genes pode contribuir com a solução do nosso problema envolvendo os alimentos transgênicos? (PARANÁ, 2007, p. 278).

A natureza não cria ou mesmo seleciona seres vivos como os transgênicos. Estes são considerados “invenção” humana e criados a partir da manipulação genética. Partindo desse pressuposto, temos o direito de alterar o curso natural da evolução dos seres vivos? É preciso estabelecer limites para as pesquisas voltadas aos alimentos transgênicos? (PARANÁ, 2007, p. 282, grifo do autor).

Quando a CTNBio autorizou a soja transgênica, a ANVISA coincidentemente alterou os limites de resíduos de agrotóxicos que podem

ser identificados em um alimento, aumentando em cinquenta vezes. Discuta com seus colegas e com o professor, quais teriam sido as razões que levaram a ANVISA a realizar essa alteração. (PARANÁ, 2007, p. 288).

1. Se a patente refere-se ao direito intelectual, como na situação “inventei uma máquina e detenho o direito sobre minha invenção”, a empresa deveria ter o direito sobre a técnica. Porém, por ser uma técnica aplicada em seres vivos, como fica tal questão?
2. O genoma de qualquer ser vivo pode ser explorado economicamente por empresas? É uma atividade legal? É uma atividade ética? A quem pertence o patrimônio genético: ao próprio ser vivo do qual o genoma pertence, ou ao ser humano que interfere nesse genoma e apropria-se dele?
3. A semente de soja transgênica pode ser considerada “propriedade” ou “invenção” da empresa? O direito de propriedade diz respeito às técnicas utilizadas ou à semente transgênica em si? (PARANÁ, 2007, p. 289).

Enfim, nossa análise entende que no material didático B há um esforço de incentivo à participação ativa do aluno no processo de aprendizagem. Entretanto, entendemos também que tais atividades devem ser conduzidas pelo professor. Do contrário, corre-se o risco de incidir nas correntes pedagógicas do “aprender a aprender”, que enfatizam os métodos de aprendizagem em prejuízo dos conteúdos.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo corresponde a um exercício de análise sobre o tratamento dado às técnicas de Engenharia Genética transgenia e terapia gênica por dois livros didáticos utilizados nas escolas públicas do Estado do Paraná. O objetivo principal foi responder à questão: “De que forma os livros de Biologia do Ensino Médio analisados relacionam o conhecimento a respeito das células e seu funcionamento às questões relativas à tecnologia de manipulação do material genético da vida e suas implicações sobre a vida e a sociedade?”.

Nós partimos da hipótese inicial de que o ensino da Biologia nos livros didáticos mais utilizados pelos alunos e professores das escolas públicas atuais ou é superficial, dotado de senso comum, influenciado pelo lema “aprender a aprender” ou é excessivamente conteudista, relacionando os conhecimentos essenciais à disciplina de forma descontextualizada das relações sociais e históricas que o produziram. Entretanto, nossas análises não confirmaram, pelo menos não completamente, a hipótese inicial. O que encontramos foram ora aproximações, ora distanciamentos deste quadro, para cada um dos materiais analisados.

Reconhecemos que esses livros didáticos possuem contextos de produção e objetivos diferentes, portanto, o tratamento dado às temáticas transgenia e terapia gênica por cada um deles apresenta diferenças. Faremos a seguir uma breve comparação entre os dois livros avaliados, buscando responder às questões específicas, norteadoras desta pesquisa (p. 17 e 18).

Ao longo de nossa análise, percebemos que ambos os materiais didáticos deixam claro os objetivos da utilização da transgenia na sociedade atual, citam exemplos de organismos que foram alterados geneticamente e que já fazem parte do nosso cotidiano, como os alimentos, por exemplo. Além disto, ambos também discutem as vantagens da produção de alimentos transgênicos, especialmente do ponto de vista econômico. Entretanto, a transgenia realizada em animais ainda é um assunto pouco explorado pelos materiais didáticos analisados. Os autores citam a possibilidade, sem tratar dos seus objetivos e/ou implicações.

No que tange à terapia gênica, notamos que o material didático B discute o assunto de maneira incipiente, não apresenta exemplos de sua utilização para o tratamento de doenças, não explica em que situação e com que finalidade se faz

uso desta biotecnologia. Apenas aborda a prevenção de algumas doenças, através da produção das vacinas gênicas. Ao passo que o material didático A, embora não explore de maneira aprofundada os aspectos da questão, deixa clara a finalidade do desenvolvimento das técnicas de terapia gênica.

No material didático B, observamos pouca referência à utilização da transgenia em microrganismos para o uso industrial na produção de insulina, hormônios, aumento quantitativo na produção de produtos da fermentação microbiana, entre outros.

Positivamente, a forma como o material didático B inicia as temáticas é bastante interessante, pois permite ao aluno se apropriar dos processos que levam ao desenvolvimento de um saber científico. Os textos e reflexões trazidos por esse material permitem ao estudante perceber as necessidades humanas como impulsionadoras do desenvolvimento da ciência. Desta forma, percebem a ciência como produção social humana, determinada temporalmente, conforme as necessidades multilaterais dos seres humanos, e, portanto, instável, revogável. Já o material didático A, pelo menos no que tange à Engenharia Genética, não demonstra ter essa mesma preocupação como foco. Embora contextualize temporalmente os eventos relevantes para o desenvolvimento das técnicas de manipulação genética, os seus textos enfatizam os produtos da ciência, explorando superficialmente as múltiplas questões que levam ao desenvolvimento de uma tecnologia, de um saber.

Ambos os materiais didáticos analisados relacionam parcialmente os conhecimentos sobre o funcionamento da célula e a alteração no material genético celular, pois, embora os autores expliquem tecnicamente como ocorre a transgenia e a terapia gênica, não estabelecem uma relação direta entre estes conhecimentos e o conhecimento do DNA - presente no núcleo celular -, sua estrutura e funcionamento na síntese de proteínas. Desta forma, a apropriação sintética do conhecimento relativo às técnicas de manipulação genética pelo aluno pode ficar prejudicada, conforme discutido no capítulo 4.1.1.

Observamos que o material didático B busca diferentes instrumentos para auxiliar no aprendizado dos alunos, tais quais filmes, sites, debates e sugestões de pesquisas. Consideramos importante esta diversificação, pois assim os estudantes dispõem de vários meios para se aproximar dos saberes teóricos necessários à prática social reflexiva. Enquanto o material didático A, pelo menos quanto às

temáticas analisadas nesta pesquisa, traz poucas indicações de aprofundamento teórico para os estudantes, para além do que os seus próprios textos já abordam. É importante que o estudante tenha outras fontes de pesquisa e outros meios de aprendizado que não apenas o livro didático adotado pela escola, pois os livros didáticos sozinhos não conseguem “esgotar” os conteúdos.

No que diz respeito à bioética, julgamos o material didático A insuficiente, pois o foco destes livros está nas explicações conceituais e nos exemplos de aplicações práticas da manipulação genética. Nenhum dos exercícios propostos aos alunos aborda as temáticas transgenia e terapia gênica sob uma perspectiva reflexiva. Os alunos não são convidados a avaliarem de uma maneira mais aprofundada os impactos da produção de transgênicos e da terapia gênica sobre a saúde humana. É omitida neste material didático a forma como os interesses econômicos muitas vezes se sobrepõem aos outros interesses.

O material didático B traz alguns exercícios que estimulam a reflexão quanto às implicações da manipulação genética, tanto no que tange à saúde humana, quanto no que tange aos interesses econômicos e nas implicações sociais que o desenvolvimento das técnicas acarreta. Embora não possamos afirmar que este material didático é o ideal quanto a esta questão, ao menos relaciona alguns possíveis impactos das técnicas da manipulação genética.

Desta forma, entendemos que o material didático A pode ser um material de apoio interessante a alunos e professores, no que tange às explicações técnicas e à contextualização sobre a transgenia e a terapia gênica no cotidiano do aluno. Entretanto, não deve ser o único referencial dos professores na definição dos conteúdos a serem ensinados, pois o tratamento dado às técnicas de manipulação genética neste livro se aproxima do pragmatismo. Há que se ter o cuidado de buscar embasamento na literatura disponível para garantir uma abordagem da Engenharia Genética mais envolvida com a prática social transformadora, no interior das salas de aula.

Consideramos, da mesma forma, que o material didático B, também não deve ser utilizado pelos professores como referencial para definição dos conteúdos e seus recortes, pois não aborda todos os conteúdos e nem enfoca todos os aspectos que entendemos como básicos para um ensino de Engenharia Genética de caráter emancipatório. Aliás, reiteramos que o livro didático B não se propõe a ser

um livro base, mas sim um apoio ao professor e aos alunos quanto ao encaminhamento de alguns conteúdos.

Contudo, o material didático B, apresenta elementos que parecem se assemelhar mais de uma perspectiva de formação científica voltada para uma ação social crítica, visto que aborda alguns aspectos históricos, sociais e econômicos envolvidos no desenvolvimento de um saber, além de favorecer reflexões éticas acerca das técnicas de manipulação genética. Consideramos possível que o material didático B, em comparação com o A, se aproxime mais dos postulados da Pedagogia Histórico-Crítica, muito embora entendamos que o livro didático B não atende a todas as premissas desta pedagogia. Demonstramos esta potencial proximidade, relembrando os seus métodos, conforme Saviani: “O ponto de partida seria a prática social (primeiro passo) que é comum a professor e alunos”. Um segundo passo é a problematização: “Trata-se de detectar que questões precisam ser resolvidas no âmbito da prática social e, em consequência, que conhecimento é necessário dominar”. O terceiro passo é a instrumentalização: “Trata-se de apropriar-se dos instrumentos teóricos e práticos necessários ao equacionamento dos problemas detectados na prática social”. No quarto passo “é chegado o momento da expressão elaborada da nova forma de entendimento da prática social a que se ascendeu”. E o quinto e último passo: “O ponto de chegada é a própria prática social, compreendida agora não mais em termos sincréticos pelos alunos”. (SAVIANI, 2012, p. 70 – 72).

Contudo, o estudo específico da relação Livro Didático X Pedagogia Histórico Crítica não foi realizado nesta análise, de forma que não nos cabe afirmar que o material didático B atende à esta corrente pedagógica, apenas sugerir novos estudos neste sentido.

Reconhecemos que este trabalho apresenta limites, pois não contou com a orientação específica de um profissional da área da Biologia. Por este motivo, e não encontrando referencial teórico relacionado às diferentes concepções sobre o ensino de ciências naturais, quando afirmamos que os livros didáticos não abordam todos os conteúdos básicos necessários a uma educação científica adequada, do ponto de vista das demandas sociais, ou que o fazem de maneira superficial, estamos nos embasando nos estudos realizados sobre a Pedagogia Histórico-Crítica, ao longo desta pesquisa e, no que concerne à Biologia, também nos diversos estudos realizados ao longo dos meus anos de atuação profissional.

Desta forma, sugerimos que sejam realizadas novas pesquisas avaliando o tratamento dado aos conteúdos pelos livros didáticos de Biologia, e também pesquisas com o intuito de investigar as diferentes concepções existentes sobre o ensino de ciências naturais, em especial de Biologia.

Finalmente, esperamos que este esforço de pesquisa possa também ser entendido como um incentivo à ampliação do conteúdo ensinado em sala de aula para além dos livros didáticos.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR JUNIOR, O. O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.3, n. 2, p. 107-120, agosto, 1998.

AIRES, J. A; ERN, E. As pesquisas em história das disciplinas escolares podem problematizar a história hegemônica do ensino de ciências brasileiro: o que havia antes do “Sputnik”? In: ATAS DO V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Bauru, 2005.

Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/oralarea3.htm>>  
Acesso em: 10 mar. 13.

ALBAGLI, S. Da biodiversidade à biotecnologia: a nova fronteira da informação. *Ciência da Informação*. Brasília, v. 27, n. 1, p. 7-10, jan/abr. 1998.

AMORIN, A. C. R. de. *O ensino de biologia e as relações entre ciência/tecnologia/sociedade: o que dizem os professores e o currículo do ensino médio*. Campinas. 198 p. Dissertação (Mestrado em Educação – Metodologia de Ensino) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1995a.

\_\_\_\_\_. Relações entre ciência/tecnologia/sociedade o que nos dizem os livros didáticos de Biologia? *Ensino em Re-vista*, v. 4, n. 1, p. 73 – 84, jan/dez. 1995b.

\_\_\_\_\_. O que foge do olhar das reformas curriculares: nas aulas de biologia, o professor como escritor das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 47 – 65. 2001.

BARBOSA, R. de C. R. Liberalismo e reforma educacional: os Parâmetros Curriculares Nacionais. Campinas. 100 p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2000.

BARTH, W. L. Engenharia genética e bioética. *Rev. Trim. Porto Alegre*, v. 35, n. 149, p. 361 – 391, set. 2005.

BATISTA, A. P. *Uma análise da relação professor e o livro didático*. Salvador. 65 p. Monografia (Graduação em Pedagogia) – Departamento de Educação, Universidade do Estado da Bahia, 2011.

BIZZO, N. *Ciências Biológicas*. p. 148 – 169. s. n. t. Disponível em:

< <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/07Biologia.pdf>> Acesso em: 30 set. 2013.

BONZANINI, T., K. Avanços recentes em biologia celular e molecular, questões éticas implicadas e sua abordagem em aulas de biologia no ensino médio: um estudo de caso. Bauru. 177 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB 2000. p. 58. Disponível em:

<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. *Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático PNLD 2012 – Ensino Médio*. Brasília, 2009. Disponível em:

<<http://www.fnnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-editais/item/3014-editais-antiores>> Acesso em: 08 jan. 2014.

\_\_\_\_\_. *Guia de Livros Didáticos PNLD 2012, Biologia, Ensino Médio*. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.fnnde.gov.br/programas/livro-didatico/guia-do-livro/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-m%C3%A9dio>> Acesso em: 08 jan. 2014.

BRASÍLIA. Resolução n. 2, de 30 de janeiro de 2012. *Define diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Diário Oficial da União, Brasília 31 de janeiro de 2012, seção 1, p. 20.

CANDEIAS, J. A. N. A engenharia genética. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 3-10, 1991.

CONCEIÇÃO, F. P. da; PERON, A. P. Engenharia genética: um olhar dos professores de biologia de instituições públicas e privadas do ensino médio. *Revista Brasileira de Biociências*. Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 281-287, jul/set 2012.

CORTIVO, N. D.; CAVALCANTE, A. C. S.; PIMENTEL, H. R. S.; CARDOSO, J. A. de O.; OLIVEIRA, K. R. de; SILVA, M. L. da; SILVA, V. F. da; MEIRELES JUNIOR, W.; GOMES, W. B. Um estudo sobre a engenharia genética. *Revista Ciências Farmacêuticas*. Brasília, v. 1, n. 1, jan/mar 2003. Disponível em:

<<http://www.saudeemmovimento.com.br/revista/artigos/cienciasfarmaceuticas/v1n1a11.pdf>>. Acesso em 29 de janeiro de 2013.

DANI, S. U. Terapia Gênica. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*. Ano 2, n. 12, p. 28 – 33, 2000.

DUARTE, N. As pedagogias do “aprender a aprender” e algumas ilusões da assim chamada sociedade do conhecimento. In: XXIV REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 08-11/out, 2001, Caxambu. *Habilidades e Competências: a Educação e as Ilusões da Sociedade do Conhecimento*. Disponível em:  
<<http://www.anped.org.br/reunioes/23/23reuan.htm>> Acesso em: 26 set. 2013.

\_\_\_\_\_. *O debate contemporâneo das teorias pedagógicas*. São Paulo: Unesp; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. p. 33-49. Disponível em:  
<<http://books.scielo.org/id/ysnm8/pdf/martins-9788579831034-03.pdf>> Acesso em: 29 set. 2013.

\_\_\_\_\_. *Pela superação do esfacelamento do currículo realizado pelas pedagogias relativistas*. 2008. Disponível em:  
<<http://www.nre.seed.pr.gov.br/cianorte/arquivos/File/PEDAGOGAS/CURRICULO/P ELASUPERACODOESFACELAMENTODOCURRICULO REALIZADOPELASPEDAGOGIASRELATIVISTASNewtonDuarte.pdf>> Acesso em 07 set. 2013.

FERNANDEZ, F. O poema imperfeito: Crônicas de Biologia, conservação da natureza e seus heróis. Curitiba: Editora UFPR, 2000, p. 260.

FERREIRA, A. B. de H. *Dicionário Aurélio básico da língua portuguesa*. Rio de Janeiro, RJ: Nova Fronteira, 1988.

FERRREIRA, M. S; SALLES, S. E. Entrelaçamentos históricos das ciências biológicas com a disciplina escolar Biologia: investigando a versão azul do BSCS. In: PEREIRA, M. G; AMORIN, A. C. R. *Ensino de Biologia: fios e desafios na construção de saberes*. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2008. P. 37 – 61. Disponível em: <<http://disciplinas.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=6499>> Acesso em 10 mar. 2013.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. *Histórico*. s. d. (a). Portal do FNDE. Disponível em:  
<<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico>> Acesso em: 08 jan. 2014.

\_\_\_\_\_. *Apresentação*. s. d. (b) Portal do FNDE. Disponível em:  
<<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-apresentacao>> Acesso em: 08 jan. 2014.

FUJIYOSHI, S.; COSTA, M. C. da. Indicadores de percepção pública da ciência e da tecnologia no Brasil: estudo comparativo sobre a cobertura da imprensa. 2004. In: REUNIÓN DE LA RED DE POPULARIZACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 9., 2005, Rio de Janeiro. *Memorias de la 9a. Reunión de la Red Pop.* Rio de Janeiro: Red Pop, 2005. p.1-7. Disponível em: <[http://www.redpop.org/8reunion/9rrp\\_ponencias/](http://www.redpop.org/8reunion/9rrp_ponencias/)> Acesso em: 06 fev. 2012.

GALINDO, D. O caso da “coelha Alba” diante da biossegurança: o governo da vida em questão. *Artciencia.com.* n. 15, 2012. Disponível em: <<http://www.artciencia.com/index.php/artciencia/article/view/59>> Acesso em: 11 dez. 2013.

GARCIA, P. S.; BIZZO, N. A pesquisa em livros didáticos de ciências e as inovações no ensino. *Educação em foco.* Ano 13, n. 15, 2010, p. 13 – 35.

GERALDO, A. C. H. *Didática de Ciências e de Biologia na perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica.* Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Programa de Pós Graduação em Educação Para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

GERHARD, A. C; FILHO, J. B. da R. A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 1, p. 125-145, 2012.

GRUMACH, A. S; FERRARONI N. R. O papel da penicilina na medicina moderna. *Jornal Brasileiro de Doenças Sexualmente Transmissíveis*, v. 18, n. 1, p. 7-13, 2006.

HUTNER, M. L. *Livro didático público: a participação do professor como sujeito de uma política educacional pública para o ensino médio.* Curitiba. 156 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008.

IVASHITA, S. B; ALMEIDA VIEIRA, R. de. Os antecedentes do Manifesto dos Pioneiros da Educação nova (1932). In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS “HISTÓRIA, SOCIEDADE E EDUCAÇÃO NO BRASIL” VIII, 2009, Campinas. História, educação e transformação: tendências e perceptivas, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <[http://www.histedbr.fae.unicamp.br/acer\\_histedbr/seminario/seminario8/\\_files/GuEVnTfr.pdf](http://www.histedbr.fae.unicamp.br/acer_histedbr/seminario/seminario8/_files/GuEVnTfr.pdf)> Acesso em: 28 jun. 2013.

JESUS, V. C. P de; MION, R. J. A importância do conhecimento científico na construção de uma escola do campo. In: IV ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE

COLETIVOS ESCOLARES E REDES DE PROFESSORES QUE FAZEM INVESTIGAÇÃO NA SUA ESCOLA, 2005, Lajeado. Disponível em: <<http://ensino.univates.br/~4iberoamericano/trabalhos/trabalho139.pdf>> Acesso em: 26 mar. 2013.

KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências*. [Reimpressão] São Paulo: E.P.U., 2012. 91 p.

KREUZER H.; MASSEY, A. *Engenharia genética e biotecnologia*. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

LEMGRUBER, M. S. Os educadores em ciências e suas percepções da história do Ensino Médio e Fundamental de ciências físicas e biológicas a partir das teses e dissertações (1981 a 1995). In: 23ª REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO (ANPED). Caxambu, setembro de 2000. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/reunioes/23/textos/0419t.PDF>> Acesso em: 06 jul. 2013.

LIOTTI, L., C. *As diretrizes curriculares do estado do Paraná e os efeitos de sentido produzidos em professores de biologia*. Curitiba. 171 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná. 2009.

\_\_\_\_\_.; OLIVEIRA, O. B. de. O discurso pedagógico presentes nos PCNEM e nas Diretrizes Curriculares Estaduais de Biologia do Paraná. In: EREBIO-SUL V E SIMPÓSIO LATINO AMERICANO E CARIBENHO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ICASE IV, 2011, Londrina. Os desafios da ciência entremeando culturas. Disponível em: <<http://www.uel.br/ccb/biologiageral/eventos/erebio/comunicacoes/T230.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2013.

LOPES, A. M.; NASS, L. L.; MELO, I. S. de. Bioprospecção: Biotecnologia aplicada a prospecção e uso de serviços e funções da biodiversidade. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*. n. 34, p. 29-35, jan./jun. 2005.

LORENZ, K. M. Os livros didáticos e o ensino de Ciências na escola secundária brasileira no século XIX. *Ciência e Cultura*, v. 38, n. 3, p. 426 – 435, março, 1986.

\_\_\_\_\_. A influência francesa no ensino de ciências e matemática na escola secundária brasileira. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO, Natal, 2003. Disponível em: <<http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe2/pdfs/Tema3/0306.pdf>> Acesso em: 10 mar. 2013.

MAYOR, F. As biotecnologias no início dos anos noventa: êxitos, perspectivas, e desafios. *Estudos Avançados*. v. 6, n. 16, p. 7 – 28, 1992.

MELO, D. L. P.; PIMENTA, V. M. S. D.; FARIA, R. B. de; SILVA, J. M. A. da. As dificuldades encontradas pelos alunos no livro de didático de biologia do Ensino Médio. In: SEMINÁRIO PIBID UNEMAT, 4<sup>a</sup>. (JC), 2011, Cáceres/MT. *Anais... Cáceres/MT: Pró-Reitoria de Ensino de Graduação - PROEG*, 2011. Vol. 1, 2011.

MINTO, L. W. *Globalização, transição democrática e educação (inter)nacional (1984...)* s. n. t. Disponível em:  
<[http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/periodo\\_transicao\\_democratica\\_intro.html](http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/periodo_transicao_democratica_intro.html)> Acesso em: 29 jun. 2013.

NERY, B. K. *Projeto folhas: uma perspectiva de formação continuada de professores – análise no campo curricular de química*. Ijuí. 218 p. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2008.

NETO, J. M.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. *Ciência e Educação*, v. 9, n. 2, p. 147 – 157, 2003.

NETO, A. C. B. *Terapia gênica: contribuição para uma abordagem farmacológica*. Porto Alegre, 68 p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica), Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

NETTO, J. P. *Crise do socialismo e ofensiva neoliberal*. São Paulo: Cortez, 1993.

NOSSAL, G. J. V. *A engenharia genética*. Lisboa: Presença, 1987.

OSADA, N. M. COSTA, M. C. A construção social de gênero na Biologia: preconceitos e obstáculos na Biologia Celular. *Cadernos Pagu*, v. 27, p. 279-299, jul/dez de 2006.

PACHECO, J. A.; MORAES, M. C. M. de; EVANGELISTA, O. Políticas educacionais nos anos 90: a formação de professores no Brasil e em Portugal. *Educar*. Editora da UFPR, Curitiba, n. 18, p. 185-199, 2001.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. de C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do ensino médio a respeito de temas na área de genética. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, n. 3, 2005.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação. *Diretrizes Curriculares de Biologia*. Curitiba. SEED/DEM, 2008. Disponível em: <[www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=98](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=98)> . Acesso em: 23 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado de Educação. *Livro Didático Público de Biologia*. 2ª ed. Curitiba, 2007.

PEDRANCINI, V. D.; NUNES, M. J. C.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 2, p. 299 – 309, 2007.

PEZZI, A.; GOWDAK, D. O.; MATTOS, N. S. *Biologia: Citologia, Embriologia, Histologia*. Volume 1. 1ª ed. São Paulo, Editora FTD, 2010a.

\_\_\_\_\_. *Biologia: Genética, Evolução, Ecologia*. Volume 3. 1ª Ed. São Paulo, Editora FTD. 2010b.

PONCE, A. [PEREIRA, J. S. de C. trad.]. *Educação e luta de classes*. 16ª edição. São Paulo: Cortez, 1998. p. 111 – 182.

SANTOS, Paulo Roberto dos. O ensino de ciências e a idéia de cidadania. *Mirandum*, Ano X, n. 17, p. Editora Mandruvá, 2006. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/mirandi17/prsantos.htm>>. Acesso em: 06 fev. 2012.

SAVIANI, D. As concepções pedagógicas na história da educação brasileira. Campinas, agosto 2005. Disponível em: <[http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/artigos\\_frames/artigo\\_036.html](http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/artigos_frames/artigo_036.html)> Acesso em: 10 jun. 2012.

\_\_\_\_\_. O pensamento pedagógico brasileiro: da aspiração à ciência à ciência sob suspeição. *Educação e Filosofia*, Uberlândia, v. 21, n. 42, p. 13 – 35, jul./dez 2007.

\_\_\_\_\_. Modo de produção e a pedagogia histórico-crítica. Londrina: 2009. *Germinal: Marxismo e Educação em Debate*, Londrina, v. 1, n. 1, p. 110-116, jun. 2009. Entrevista concedida a M. de F. Rodrigues Pereira e E. M. de Mendonça Peixoto.

\_\_\_\_\_. *Escola e democracia*. 42ª ed. Campinas, Autores Associados, 2012.

SILVA, D. P. da. Raças: origem e conceito. In: *Canis Familiaris: Aspectos da domesticação (origem, conceitos, hipóteses)*. Brasília, 46p. Monografia (graduação) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília, p. 12 – 16, 2011.

SILVA, R. M; TRIVELATO, S. L. F. Os livros didáticos de Biologia do século XX. In: ATAS II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Valinhos, SP, setembro, 1999. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/Dados/trabalhos/A46.pdf>> Acesso em: 10 mar. 2013.

TEIXEIRA, P. M. M. Reflexões sobre o ensino de biologia realizado em nossas escolas. IN: ATAS III ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Atibaia, SP, novembro, 2001.

\_\_\_\_\_. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 177 - 190, 2003.

VERCEZE, R. M. A. N.; SILVINO, E. F. M. O Livro didático e suas implicações na prática do professor nas escolas públicas de Guarujá-Mirim. *Práxis Educacional*, Vitória da Conquista, v. 4, n. 4, p. 83 – 102, jan/jun/2008.

ZANARDINI, I. M. S. A reforma do Estado e da educação no contexto da ideologia da Pós-modernidade. *Perspectiva*, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 245-270, 2007.