

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

BEATRIZ PEREIRA

**GENÉTICA CIDADÃ NO LIVRO DIDÁTICO: ANÁLISE
DE COLEÇÕES DE BIOLOGIA INTEGRANTES DO
PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO 2012**

FLORIANÓPOLIS
2013

BEATRIZ PEREIRA

**GENÉTICA CIDADÃ NO LIVRO DIDÁTICO: ANÁLISE
DE COLEÇÕES DE BIOLOGIA INTEGRANTES DO
PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO 2012**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Graduação em Ciências Biológicas
da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito parcial à
obtenção do grau de Licenciada em
Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana
Mohr

Co-orientação: Prof. Dr. Paulo
Roberto Petersen Hofmann

**FLORIANÓPOLIS
2013**

Ficha de identificação da obra elaborada pela autora, através do
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pereira, Beatriz

GENÉTICA CIDADÃ NO LIVRO DIDÁTICO: ANÁLISE DE
COLEÇÕES DE BIOLOGIA INTEGRANTES DO PROGRAMA
NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO 2012 / Beatriz Pereira;
orientadora, Adriana Mohr; coorientador, Paulo
Roberto Petersen Hofmann. - Florianópolis, SC,
2013. p.112

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas.

Inclui referências

1. Ciências Biológicas. 2. Livro didático. 3. Ensino de
Genética. 4. Ensino médio. 5. Programa Nacional do Livro
Didático. I. Mohr, Adriana. II. Hofmann, Paulo Roberto
Petersen. III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

BEATRIZ PEREIRA

**GENÉTICA CIDADÃ NO LIVRO DIDÁTICO: ANÁLISE DE
COLEÇÕES DE BIOLOGIA INTEGRANTES DO PROGRAMA
NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO 2012**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Licenciada em Ciências Biológicas” e aprovado em sua forma final pelo Programa Curso de Ciências Biológicas.

Florianópolis, dezembro de 2013.

Prof.^a Dr.^a Maria Risoleta Freire Marques
Coordenadora do Curso de Ciências Biológicas

Banca Examinadora:

Profa. Dra Adriana Mohr
Presidente
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Me. Jorge Alexandre Nogared Cardoso
Membro titular
Universidade do Sul de Santa Catarina

Profa. Dra. Daniela De Toni
Membro titular
Universidade Federal de Santa Catarina

*Aos meus pais, Paulo e Ivanise,
que sempre me apoiaram, me
guiaram e me incentivaram a
seguir em frente. São meus pilares,
meus exemplos e meu orgulho. A
eles devo tudo que sou e pretendo
ser. Muito obrigada por me
deixarem sonhar, voar e sempre
retornar. Amo vocês.*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não é resultado apenas dos últimos meses, pois durante a sua elaboração, pude observar que a minha trajetória acadêmica, principalmente dos últimos dois anos, influenciaram muito na construção, na identidade e nos desafios desta pesquisa. Neste princípio, cabe a mim, agradecer a muitas pessoas, que me mostraram o caminho a ser seguido, que me apoiaram nos momentos difíceis, que comemoram comigo as grandes e pequenas vitórias, que permaneceram do meu lado nestes anos da universidade.

Primeiramente, gostaria de agradecer à professora Adriana Mohr, pelos seus ensinamentos, por sempre ter as palavras certas pra dizer nos momentos certos, por ser esta ótima corretora de trabalhos, por sua ética, por seu amor e dedicação às aulas da graduação, ao curso de Biologia e aos seus orientandos. Agradeço também ao professor Paulo Hofmann, pelo seu apego ao português correto, pelas melhores aulas do mundo, por aprender que na educação básica não se ensina a Genética da universidade, por aprender a não por os pés na carteira e que probabilidade pode ser bem legal. Obrigada ao Éder, meu primeiro orientador/irmão de coração, a quem desejo todo o sucesso desse mundo. Agradeço também a todos os professores do curso de Ciências Biológicas da UFSC, especialmente os da área de formação de professores, por me ajudarem a decidir onde seguir dentro da Biologia e a crescer profissionalmente.

Muito obrigada aos meus amigos e colegas do grupo Casulo (Larissa, Alessandro, João, Marcelo, Kareem, Iasmine, Tiago, Elisa), por todo o conhecimento compartilhado e pelos momentos de descontração. Vocês são demais! Agradeço também à Simbiosis, Empresa Júnior de Ciências Biológicas, onde tive espaço para crescer de maneira administrativa, algo que levarei pra vida toda.

Agradeço especialmente aos meus amigos da Biologia, que compartilharam comigo estes anos inesquecíveis da universidade. À Carime, pelo seu cuidado materno e por sempre me entender. À Mayara, por sua fidelidade e por seu carinho. Ao Renato, pela animação e pelo *feeling* que nos une. Ao Ricardo, por sua sinceridade. Ao Thyago, pelas

confidências e pela amizade. À Mariana, pelo foco e pelas belas tardes de piscina. À Gilmara, pela risada garantida e por sempre ter algo animador pra dizer. Ao Israel, por sempre ter os comentários certos nos momentos apropriados. Ao Alceu, por todas as aventuras, festas e confidências. À Letícia, pela amizade caloura fortalecida. Ao Thiago, por ser a pessoa mais engraçada que eu conheço e por sempre fazer meu dia melhor. Ao Arthur (Panda), por sempre me deixar seguir seus passos durante a graduação, ter conselhos sábios a dar, me ouvir, me ajudar e sair pra beber comigo. Ao Jonathan e ao Lai, por serem as pessoas mais sumidas que eu conheço, mas terem um lugar especial no meu coração. Ao Carlos (Rondonia), por estar ao meu lado nestes últimos meses, pela parceria, pelo amor, pelo desejo, pelo aconchego e pelos seus ensinamentos sobre a vida. Aos formandos 2013.2, por tudo que já construímos juntos e pelos momentos de alegrias que tivemos. À Larissa Zanella, Leticia Zampieri, Anastácia, Júlia, Rafaela, Rafael e Laís.

Finalmente, agradeço ainda à minha família e aos meus amigos de Rio do Sul, que entenderam e respeitaram minhas ausências durante este tempo, apoiando meus sonhos e a minha felicidade. Aos meus pais, a quem devo tudo que sou e dediquei este trabalho. À Stéfani, pela sua amizade verdadeira, pelo companheirismo e por todos os momentos que já passamos juntas. À Monica, pela sua força, pelo seu exemplo e pela sua amizade que o tempo não apaga. À Priscila, minha prima/irmã, pelo carinho e pela dedicação. À Cibele, por todos os anos que moramos juntas, pelas aventuras, pelas confidências e pela amizade. À Fernanda, pela sua sinceridade e fidelidade. Ao Daniel, por ter cuidado dos meus pais durante a minha ausência, pelo amor e pela irmadade. Muito obrigada a todos aqueles que, nestes últimos anos, passaram pela minha vida e contribuíram de forma especial, mudando sentidos, rumos, histórias, pensamentos, ideias.

“Educação não transforma o mundo. Educação muda pessoas. Pessoas transformam o mundo”.

Paulo Freire

RESUMO

Este trabalho aborda a formação para a cidadania no conteúdo de Genética dos livros didáticos (LDs) de Biologia. A formação para a cidadania foi estabelecida como uma das finalidades da educação básica pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional em 1996. Neste contexto, observa-se que a Genética encontra-se presente na vida da população diariamente, principalmente através da mídia, e assuntos como DNA, biotecnologia, transgênicos, teste de paternidade, clonagem, não são mais termos desconhecidos dos cidadãos. Tendo em vista ainda que os LDs são importantes recursos pedagógicos para a formação dos alunos, relevantes para o currículo e que o governo gasta bilhões de reais com programas de seleção, compra e distribuição destes materiais para todo o país, o presente trabalho objetivou identificar, caracterizar e discutir a presença da Genética Cidadã (GC) em coleções didáticas de Biologia distribuídas para as escolas estaduais do município de Florianópolis no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012. Para realização do trabalho, foram selecionadas três coleções didáticas mais presentes nas escolas estaduais de Florianópolis. Posteriormente, foram identificados trechos de GC nestes LDs. Para analisar os trechos de GC encontrados, foram elaborados critérios de análise, reunidos sob dois aspectos: 1) Caracterização das coleções didáticas e 2) Caracterização dos trechos de GC. Foram encontrados 34 trechos de GC nas três coleções didáticas analisadas. Os trechos estavam presentes em uma figura, em exercícios e, principalmente, em caixas de texto, apartados do texto principal. Verificou-se que há um distanciamento entre o discurso científico escolar, que recebe destaque no texto principal, e outras abordagens, como a GC, discursos da mídia, que ficam em sua maioria restritos a caixas de texto.

Palavras-chave: Formação para a cidadania. Livros didáticos. Ensino de Genética. Ensino médio.

ABSTRACT

This work discusses the education for the citizenship in Genetics topics present in Biology didactic textbooks. The citizen education was established as one of the basic education aims by the Law of guidelines and bases for national education, in 1996. In this context, Genetics can be found in everyday population life, mainly by the media. Themes as DNA, biotechnology, transgenic, paternity test and cloning, are not anymore unknown by the population. As the didactic textbooks are an important teaching resource for the students education, relevant to school curriculum, and as the Brazilian government spends billions of reais with the choose, purchase and distribution of those books for the whole country, this work aimed identify, characterize and discuss the presence of the Genetic for Citizenship (CG) in Biology didactic textbooks collections distributed for state public schools in Florianópolis city, within the National Program of Didactic Textbooks 2012. Three didactic collections, which are most frequent in public schools in Florianopolis, were chosen. After this, parts in those textbooks that bring the CG contents were identified. In order to analyse the CG contents found, analysis criteria were formulated, arranged under two features: 1) Characterization of didactic collections and 2) Characterization of CG contents. It was found 34 parts of CG contents in the three didactic collections analysed. Those parts were in an image, in exercises and, mostly, in text boxes, isolated from the main text. It was verified that there is a detachment between the school scientific discourse, which is highlighted in the main text, and other approaches, like the CG and media discourses, which are restricted to text boxes.

Keywords: Education for citizenship. Didactic textbooks. Genetic teaching. High school.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AM – Coleção Biologia (v. 1, 2 e 3) J. M. Amabis, G. R. Martho.
- ACT – Alfabetização Científica e Tecnológica
- BSCS - *Biological Science Curriculum Studies*
- CNLD – Comissão Nacional do Livro Didático
- CTS - Ciência-Tecnologia-Sociedade
- DCNEM - Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
- ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
- ENEBIO – Encontro Nacional de Ensino de Biologia
- ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio
- EREBIOSUL – Encontro Regional de Ensino de Biologia da Região Sul
- FAE – Fundação de Assistência ao Estudante
- FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
- GC – Genética Cidadã
- GERED - Gerência Regional de Educação da Grande Florianópolis
- GLD – Guia do Livro Didático
- JJ – Coleção Biologia (v. 1, 2 e 3) C. Silva Júnior, S. Sasson e N. Junior Caldini.
- LD – Livro Didático
- LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
- MEC – Ministério da Educação
- ML – Coleção Biologia (v. 1, 2 e 3) L. Mendonça e J. Laurence.
- NB – Coleção Novas Bases da Biologia (v. 1, 2 e 3) N. Bizzo.
- PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino fundamental
- PCN+ - Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
- PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
- PGM – Coleção Biologia (v. 1, 2 e 3) A. Pezzi, A. Gowdak e D. O. Mattos.
- PNLD – Programa Nacional do Livro Didático
- PNLEM – Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio
- SIMAD – Sistema do Material Didático
- SF – Coleção Biologia Hoje (v. 1, 2 e 3) S. V. Linhares e F. Gewandsnajder.
- SL – Coleção Bio (v. 1, 2 e 3) S. Rosso e S. Lopes.

SP – Coleção Ser Protagonista – Biologia (v. 1, 2 e 3) F. S. Santos, J. B. V. Aguilár e M. M. A. Oliveira.

V1 – Volume um

V2 – Volume dois

V3 – Volume três

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 21 |
| 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 25 |
| 1.1 Alguns apontamentos sobre ensino de Ciências e Biologia da década de 1950 aos dias atuais | 25 |
| 1.2 O ensino de Genética no ensino médio | 31 |
| 1.3 Livros didáticos e o ensino médio | 35 |
| 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 41 |
| 2.1 Revisão da literatura | 41 |
| 2.2 Identificação das coleções didáticas | 46 |
| 2.3 Elaboração dos critérios de análise | 50 |
| 2.4 Análise das coleções didáticas | 51 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 53 |
| 3.1 Número de páginas, distribuição dos conteúdos por volumes dos livros didáticos e formação dos autores principais | 53 |
| 3.2 Assuntos presentes nos trechos de genética cidadã nos livros didáticos | 58 |
| 3.3 Inserção dos trechos de genética cidadã nos livros didáticos | 64 |
| 3.4 Forma de apresentação dos trechos de genética cidadã nos livros didáticos | 66 |
| 3.5 Análise da seção de apresentação dos livros didáticos | 67 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 75 |
| REFERÊNCIAS | 79 |
| APÊNDICES | 87 |
| Apêndice 1: Diversidade geográfica humana e “raças” (AM, V3) | 87 |
| Apêndice 2: Os dilemas éticos do mapeamento genético (SL, V2) | 90 |
| Apêndice 3: Descobrir o DNA foi importante (SL, V1) | 92 |

| | |
|---|-----|
| Apêndice 4: Como as radiações provocam mutações? (SP, V3) | 94 |
| Apêndice 5: A fecundação in vitro (AM, V1) | 95 |
| Apêndice 6: Aconselhamento genético (SP, V3) | 96 |
| Apêndice 7: Biotecnologia na mídia (SP, V3) | 97 |
| Apêndice 8: Alterações cromossômicas na espécie humana (AM, V1) | 99 |
| Apêndice 9: Exercício transgênicos (AM, V3) | 101 |
| Apêndice 10: Figura clonagem ovelha Dolly (SP V1) | 102 |
| Apêndice 11: Exercício origem da espécie humana (AM, V3) | 103 |
| Apêndice 12: Resolvendo problemas de Genética (AM, V3) | 104 |
| Apêndice 13: Ciência e Tecnologia (V1, AM) | 109 |
| Apêndice 14: Chimpanzés pertencem ao gênero humano (SP, V2) | 112 |

INTRODUÇÃO

Em 1996, foi aprovada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9.394 (LDBEN/96), a qual estabeleceu, dentre outros fatores, a obrigatoriedade do ensino médio como uma das etapas da educação básica e introduziu, como finalidade educacional, a formação para a cidadania. A partir disso, passou-se a discutir os novos objetivos do ensino de Ciências no Brasil. Este, que já teve como função formar cientistas para acelerar o crescimento industrial do país e possui também papel profissionalizante, hoje é responsável por formar futuros cidadãos, propiciar aos alunos momentos onde eles possam desenvolver saberes, valores, compreender situações, fazer questionamentos, os quais os habilitem a participar criticamente da sociedade (SANTOS, 2007). De acordo com Vilanova (2013), a educação para a cidadania deve ainda viabilizar meios para que os assuntos científicos possam ser questionados frente aos aspectos humanos e às questões sociais.

Ferreira e Justi (2004) afirmam que formar cidadãos requer muito mais do que o estudo de conteúdos fragmentados, que abordam aspectos teóricos não contextualizados. Concordando com isto, o trabalho de Sardinha *et al.* (2009) identificou a fragmentação da Genética como um dos problemas recorrentes no ensino, o qual deve-se às dificuldades de retomar conteúdos ligados à natureza do DNA ao abordar hereditariedade, à rara integração de níveis moleculares e celulares com fenótipo e à tradicional visão linear do conhecimento científico. De acordo com esses autores, tudo isso traz entraves ao ensino de Genética.

Porém, muito frequentemente, notícias do dia a dia estão bastante vinculadas aos conhecimentos de genética, sendo que termos como DNA, cromossomos, genoma, clonagem e transgênicos, não são completamente desconhecidos para os indivíduos minimamente informados (BRASIL, 2003a). Como notícia política, econômica ou social, os assuntos biológicos cruzam muros acadêmicos e são discutidos pela sociedade, fazendo com que estes conteúdos estejam altamente presente na vida dos cidadãos.

Neste contexto, Xavier *et al.* (2006) afirmam que os livros didáticos (LDs) configuram-se em importantes recursos pedagógicos na maioria das escolas, sendo suporte ao processo de formação dos cidadãos, determinantes na construção curricular e base para o preparo de outros materiais didáticos. De acordo com Nascimento e Carneiro (2005), os livros são importantes tanto para os alunos, como fonte de pesquisa, para a resolução de exercícios e para a aprendizagem, quanto para os professores, ao apresentarem uma sequência lógica dos conteúdos e a atualização do conhecimento científico. Devido à relevância deste material didático para o ensino brasileiro, desde a década de 1930 o governo federal tem realizado programas para a melhoria da qualidade e da distribuição dos livros no país (MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003). Só em 2011, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) gastou mais de 1,3 bilhão de reais com o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) (BRASIL, 2011).

Pensando nisto, na importância do ensino de Genética para a formação do cidadão crítico e nos LDs como um importante recurso pedagógico, no qual o governo investe bilhões de reais todos os anos, abrangendo cada vez mais alunos em todo o país, o presente trabalho tem como **objetivo geral identificar, caracterizar e discutir a presença da Genética Cidadã¹ (GC) em coleções didáticas de Biologia distribuídas para as escolas estaduais do município de Florianópolis no âmbito do PNLD 2012**. Inseridos neste contexto, constituem-se como **objetivos específicos: 1) identificar os LDs de Biologia mais utilizados pelos estudantes de ensino médio da rede pública estadual do município de Florianópolis; 2) identificar trechos de GC nos LDs; 3) elaborar critérios para a caracterização e análise da GC presente nos LDs; e 4) analisar os LDs a partir dos critérios elaborados**.

¹Genética Cidadã (GC): Termo cunhado para esse trabalho, e que caracteriza um ensino de Genética que estimula o aluno a refletir criticamente sobre situações do cotidiano e sobre assuntos polêmicos, onde ele utiliza conhecimentos científicos, no caso da Genética, para resolver problemas, pensar e tomar algum posicionamento, frente a alguma problemática da sociedade.

Este trabalho está organizado em quatro capítulos. O primeiro apresenta o embasamento teórico da pesquisa, na sequência são apresentados os Procedimentos Metodológicos, os Resultados e Discussão e as Considerações Finais.

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Alguns apontamentos sobre ensino de Ciências e Biologia da década de 1950 aos dias atuais

Percebe-se, no ensino de Ciências e Biologia, que com o passar dos anos as mudanças na sociedade, sejam estas de ordem social, política ou econômica, acabaram por influenciar as reformas escolares. Por exemplo, ao final da década de 1950, ocorreram no Brasil muitos movimentos de inovação educacional, que buscavam enfatizar a investigação, valorizar a prática laboratorial e atualizar o ensino de Ciências (FRACALANZA, 2009). Segundo Krasilchik (2008), esta inovação foi influenciada pelo *Biological Science Curriculum Studies* (BSCS), um projeto dos Estados Unidos que elaborou diversos programas visando à melhoria do ensino de Biologia, os quais ou foram adaptados ou deram origem a novos projetos em diversos países, dentre eles o Brasil.

Estes projetos, empreendidos pelos norte-americanos, baseavam-se na premissa de que uma escola secundária com cursos de Ciências, que incentivasse jovens talentos a seguirem carreiras científicas, garantiria a formação de uma elite que conquistaria a hegemonia para o país durante a Guerra Fria. No Brasil, a adaptação dos projetos foi justificada pela ausência de matéria-prima e produtos industrializados no país durante a 2ª Guerra Mundial, o que demandava um aumento de investigadores nacionais para impulsionar a ciência e a tecnologia (KRASILCHIK, 2000). As diretrizes gerais dos projetos curriculares neste período tinham como objetivo fazer o aluno adquirir conhecimentos atualizados e representativos do desenvolvimento, além de propiciar vivência do processo científico (KRASILCHIK, 2008). De acordo com Colinvaux (2008), durante este período, projetos de pesquisas estavam desenvolvendo propostas curriculares para o ensino de Ciências nos Estados Unidos da América, nos quais o papel do cientista era mostrar o quê deveria ser ensinado, a função dos psicólogos era determinar quando se deveria ensinar e os educadores eram os responsáveis pelo como ensinar. Porém, apesar de todo o esforço feito para a concretização destes projetos, inúmeros professores declaravam que os alunos não aprendiam.

Na década de 1970, o sistema educacional brasileiro passou por contradições. Nessa época, o projeto nacional da ditadura militar queria modernizar e desenvolver o país, e o ensino de Ciências era considerado importante para o preparo dos futuros trabalhadores (BRASIL, 1981). Porém, se legalmente o conhecimento básico científico era valorizado, na prática, as disciplinas que pretendiam profissionalizar o estudante, como zootecnia, agricultura, técnicas laboratoriais, acabavam prejudicando o ensino, pois os alunos não tinham base científica para aproveitá-las (KRASILCHIK, 2008).

Krasilchik (2000) afirma que, neste período, mesmo com a mudança legal do papel das disciplinas científicas no currículo, as quais passaram a ter caráter profissionalizante, de acordo com as novas diretrizes educacionais, esta função não se efetivou por muito tempo. Aos poucos, as escolas privadas continuaram preparando seus alunos para o ensino superior e o sistema público também abandonou a proposta de disciplinas pretensamente preparatórias para o trabalho. Foi também durante a década de 1970 que a aprendizagem foi problematizada e ressignificada, em função dos seus problemas existentes nas décadas anteriores (COLINVAUX, 2008). De acordo com esta autora, somente a partir deste momento começou-se a considerar o aluno como parte do processo de ensino aprendizagem e começou, em diversos países, inclusive no Brasil, um movimento conhecido como Movimento das Concepções Alternativas, o qual possuía uma abordagem construtivista dos problemas de ensino e aprendizagem de Ciências.

A partir da década de 1980, através de programas patrocinados pelo Ministério da Educação (MEC²), buscou-se melhorar a qualidade do ensino de Biologia no Brasil, dando-lhe um caráter experimental,

²Este ministério foi criado em 1930 como Ministério da Educação e da Saúde Pública. Com a autonomia dada à área da saúde, no ano de 1953 foi criado o Ministério da Educação e Cultura (MEC), o qual se manteve até 1992 quando seu nome alterou-se para Ministério da Educação e do Desporto através de uma lei federal. Apenas em 1995, a instituição passa a ser responsável apenas pela área da educação, porém sua sigla se manteve MEC desde a década de 50 (BRASIL, 2012a).

estimulando as universidades a realizarem pesquisas na área do ensino de Ciências e desenvolvendo atividades não formais; tudo isto para aumentar a valorização da Ciência perante a sociedade e despertar nos jovens maior interesse pelo estudo da área (FRACALANZA, 2009). Estas iniciativas reaproximaram o ensino dos ideais científicos e de investigação que foram difundidos no país ao final da década de 1950. De acordo com Colinvaux (2008), também no final da década de 1980, diversos estudos já mostravam que a aprendizagem não era algo racional e solitário, mas sim um empreendimento coletivo e compartilhado, que acontece na interação da sala de aula, com outros alunos e com o professor, sendo que este movimento fortaleceu-se no Brasil nas décadas posteriores.

Em 1996, foi aprovada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDBEN), a qual modifica novamente o papel da escola. Em seu art. 22 ela declara que:

“A educação básica tem por finalidade desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhes meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” (BRASIL, 1996, p.9).

Ricardo e Zylbersztajn (2008) afirmam que esta lei dá nova identidade ao ensino, pois implica em uma reorientação de toda a estrutura curricular, das escolhas didáticas e das práticas educacionais.

Em 1998, foram promulgadas novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), as quais reafirmaram a LDBEN. Em seu art. 8, o documento traz que:

“A característica do ensino escolar amplia significativamente a responsabilidade da escola para a constituição de identidades que integram conhecimentos,

competências e valores que permitam o exercício pleno da cidadania e a inserção flexível no mundo do trabalho” (BRASIL, 1998, p.3).

Com o propósito de orientar a escola no cumprimento dos pressupostos das DCNEM e da LDBEN, nos anos de 1997 e 2000 o governo publicou os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental (PCN) e do Ensino Médio (PCNEM), respectivamente. Estes são documentos oficiais que detalham as concepções sobre a função da educação e da escola, mostrando a contribuição das diferentes áreas do conhecimento para alcançar a formação desejada para os estudantes, orientando o currículo e a prática educacional (THEODORO *et al.*, 2011).

Reafirmando a LDBEN, os PCNEM preconizam que:

“o Ensino Médio passa a integrar a etapa do processo educacional que a Nação considera básica para o exercício da cidadania” (BRASIL, 2000a, p.9).

De acordo com estes parâmetros, o ensino irá proporcionar:

“uma formação geral em detrimento de uma específica; o desenvolvimento da capacidade de pesquisar, buscar informações, analisá-las, selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés de simples exercícios de memorização” (BRASIL, 2000a, p.5).

A LDBEN foi a maior responsável pela valorização do ensino médio no cenário educacional e perante a sociedade brasileira, fazendo com que os alunos matriculados nesta etapa do ensino saltassem de 3

milhões na década de 1990, para 7,9 milhões em 2010 (BRASIL, 2012b).

É possível observar que nos últimos 50 anos houve muitas mudanças no papel do ensino de Ciências e Biologia. Este já teve como prioridade formar cientistas, profissionalizar os estudantes e, de acordo com os documentos legais mais atuais, tem agora a função de formação do cidadão. Há trabalhos recentes que discutem o que seria ou como se daria a educação para a cidadania no ensino de Ciências, como as pesquisas de Santos e Schnetzler (1996), Tiedemann (1998), Santos (2007), Toti *et al.* (2009), Theodoro *et al.* (2011) e Vilanova (2013).

Para Santos (2007), educar para a cidadania inclui a educação em cidadania e a educação pela cidadania. É propiciar ao cidadão momentos onde ele possa desenvolver saberes, valores, compreender situações, fazer questionamentos, os quais o habilitem a participar criticamente da sociedade. Vilanova (2013) ainda acrescenta que esta educação deve viabilizar meios para que os assuntos científicos possam ser questionados frente aos aspectos humanos e às questões sociais. Neste mesmo sentido, diversos autores consideram que educar para a cidadania refere-se a fornecer condições e informações que proporcionem ao estudante o desenvolvimento da capacidade de participar ativamente da sociedade, tomando decisões baseadas em conteúdos e ponderando as consequências do seu posicionamento (SANTOS; SCHNETZLER, 1996; TIEDEMANN, 1998; THEODORO *et al.*, 2011). Já trabalho de Toti *et al.* (2009) afirma que muito se fala sobre a finalidade da educação ser a formação para a cidadania, mas que um exame mais acurado sobre isso mostrou que pouco se sabe sobre o conceito de cidadania. De acordo com os autores, a ideia difundida é que se deve preparar o indivíduo para a participação social, mas o conceito de cidadania não é historicamente imutável, ele depende da sociedade onde está sendo significado.

Atualmente, a educação para formar o cidadão está muito além de compreender os conceitos básicos da disciplina. Nela os alunos devem ser capazes de pensar independentemente, adquirir e avaliar informações, aplicando seus conhecimentos no cotidiano (KRASILCHIK, 2008). O objetivo do ensino é mostrar aos educandos como funciona a sociedade moderna e tecnológica, habilitando-os para

exercer a cidadania, lembrando que a maioria dos alunos não seguirá a carreira científica e nem está especialmente interessado no estudo de Ciências (TIEDEMANN, 1998). De acordo com Colinvaux (2008), uma ciência para a cidadania aponta para novos objetivos de ensino aprendizagem, os quais buscam relacionar o conhecimento à ação, objetivando a avaliação de riscos à tomada de decisão.

Neste contexto, pensando a formação de um cidadão crítico, imerso na sociedade tecnologicamente desenvolvida atual, é que se insere a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT). Para ter lugar no mundo de hoje, é preciso ter certa familiaridade com as ciências e as tecnologias da sociedade contemporânea, onde os conhecimentos científicos podem ser usados pelos cidadãos para compreender e opinar frente a questões científicas, políticas, sociais e individuais (FOUREZ *et. al.*, 1997). De acordo com este mesmo autor, a ACT possui três finalidades: a autonomia do indivíduo (componente pessoal), a comunicação (componente cultural, social, ético e teórico) e a ação (componente econômico). Em relação à primeira finalidade, os conhecimentos permitem autonomia aos cidadãos, para que possam tomar decisões conscientes e responsáveis frente a situações problemáticas. Em relação à segunda, teorizar os conhecimentos, saber comunicar-se, negociar, dialogar eticamente, é essencial ao cidadão para o convívio em sociedade. Por fim, em relação à terceira finalidade, conhecer alguns aspectos do mundo sempre irá implicar em poder fazer algo por ele, com possibilidades individuais e sociais. A ACT não se reduz ao ensino de conceitos, onde uma postura pouco analítica em relação à Ciência e Tecnologia na sociedade poderia conduzir à tecnocracia (AULER; DELIZOICOV, 2001). De acordo com esses autores, ela deve contribuir para a leitura crítica de mundo, desvelando a realidade.

Para Fourez *et. al.* (1997), uma pessoa alfabetizada científica e tecnicamente deve ser capaz de utilizar os conceitos científicos, integrando valores e saberes, para tomar decisões responsáveis; compreender que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias e que estas marcam a sociedade; compreender os limites da ciência; conhecer os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e ser capaz de aplicá-los; apreciar as ciências e as tecnologias pelo

estímulo intelectual que estas trazem; compreender que a produção de saberes científicos depende de processos de investigação e de conceitos teóricos; saber reconhecer a diferença entre resultados científicos e opiniões pessoais; compreender que o saber científico é provisório; compreender as aplicações das tecnologias e as consequências da sua utilização; valorizar a investigação e o desenvolvimento tecnológico; conhecer as fontes de informação de ciência e tecnológica e saber retornar a elas quando precisar; ter certa compreensão de como foram produzidas as ciências e as tecnologias ao longo da história.

1.2 O ensino de Genética no ensino médio

Pelas atuais diretrizes que regem o sistema educacional brasileiro, entende-se que o ensino tem a responsabilidade de formar cidadãos e se sabe que isto requer muito mais do que o estudo de conteúdos fragmentados, que abordam aspectos teóricos não contextualizados (FERREIRA; JUSTI, 2004). Concordando com isto, o trabalho de Sardinha *et al.* (2009), ao analisar o discurso de professores, identificou a fragmentação da Genética como um dos problemas recorrentes no ensino.

Neste contexto, alguns trabalhos mostram as dificuldades de compreensão dos alunos a respeito de temas da Genética socialmente relevantes, como transgênicos e ética na manipulação do DNA, enquanto outros pesquisam sobre metodologias e problemáticas do ensino desses e outros conteúdos da área no ensino médio (FERREIRA; JUSTI, 2004; ALVES; CALDEIRA, 2005; VILAS-BOAS, 2006; XAVIER *et al.*, 2006; CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007; MELO; CARMO, 2009; SOUZA; FARIAS, 2011).

Ferreira e Justi (2004) discutiram qual é a abordagem do DNA feita nos LDs de Biologia e Química. De acordo com as autoras, o ensino deste tema ocorre de forma desvinculada entre as duas disciplinas, o que muitas vezes não contribui para o desenvolvimento de uma visão crítica em relação a temas atuais, como engenharia genética, por exemplo. Já Xavier *et al.* (2006) buscaram analisar o padrão de atualização dos LDs em relação aos temas modernos da área de Genética. De acordo com estes autores, os livros de Biologia não estão

atualizados no estudo de conteúdos considerados essenciais para o entendimento da Genética moderna. Vilas-Boas (2006) analisa os conceitos errôneos de Genética em LDs do ensino médio. O trabalho mostrou que é difícil transformar um assunto complexo em simples e atraente, sem perder a veracidade do conteúdo. De acordo com a autora, a maior parte dos erros encontrados ocorreu na tentativa de se introduzir muita informação, onde algumas delas ficam demasiadamente simplificadas podendo parecer inverídicas e é neste sentido que ela questiona se o conteúdo programático não deveria ser revisto.

O trabalho de Camargo e Infante-Malachias (2007) procurou refletir sobre os tópicos da Genética Humana presentes no currículo de Biologia do ensino médio. Os autores deram sugestões tanto de diferentes abordagens deste tema, quanto de soluções para possíveis problemas que surgem no ensino deste assunto. Eles acreditam que a Genética Humana possa tornar o ensino mais interessante, contextualizado e mais próximo do aluno.

Melo e Carmo (2009) fizeram uma revisão em periódicos e em anais de eventos sobre ensino de Genética e de Biologia Molecular do ano de 1999 ao ano de 2008. Os autores constataram que a maioria dos artigos publicados trata sobre interdisciplinaridade e metodologia de ensino, somando 73% das publicações encontradas. Juntos, os trabalhos que abordam propostas curriculares, histórico e livros didáticos, somaram somente 27%, concluindo que ainda é incipiente o número de publicações voltadas ao estudo do tema.

Já o trabalho de Souza e Farias (2011) questionou alunos a respeito do consumo de alimentos transgênicos na merenda escolar e pode observar que os estudantes não conseguiram justificar suas respostas utilizando informações elaboradas a partir do conhecimento científico. De acordo com os pesquisadores, ficaram evidenciadas concepções equivocadas do trabalho científico, erros conceituais, pouca capacidade de utilizar os conhecimentos adquiridos em situações controversas e crenças religiosas que não permitiram refletir criticamente sobre os alimentos transgênicos. Em outra investigação, Alves e Caldeira (2005), ao entrevistarem alunos sobre a ética da manipulação do DNA, encontraram diferentes visões da ciência, que classificaram em: utilitária, cultural e democrática. Estes autores

observaram a predominância da visão utilitária da ciência, como se o objetivo da mesma fosse para a melhora da saúde humana, da qualidade de vida e para a garantia da reprodução. Em segundo lugar, apareceu a visão cultural, diagnosticada pela preocupação por parte dos alunos com as técnicas e os resultados imperfeitos, com a produção do conhecimento científico e com as possíveis mutações. Ao final, apareceram ainda preocupações dos alunos relacionadas ao esclarecimento da população, aos preconceitos genéticos e ao cuidado com o ambiente e com a sociedade, o que caracteriza uma visão democrática da ciência. Para os autores, os resultados indicaram a necessidade de iniciar uma ACT no currículo do ensino médio.

Neste contexto, diariamente notícias da mídia estão relacionadas aos conhecimentos de Genética. Seja notícia política, econômica ou social, os assuntos biológicos estão cruzando os muros acadêmicos e, assim, são discutidos pela sociedade, fazendo com que conteúdos de Genética estejam muito presentes no contexto dos cidadãos.

Os PCNEM trazem que:

“o desenvolvimento da Genética e da Biologia Molecular, das tecnologias de manipulação do DNA e de clonagem traz à tona aspectos éticos envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, chamando à reflexão sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade” (BRASIL, 2000b, p.14).

O mesmo documento ainda propõe que conhecer a estrutura molecular da vida, os mecanismos de perpetuação e de diferenciação das espécies, a importância da biodiversidade para a vida no planeta, são alguns dos elementos essenciais para um posicionamento criterioso relativo ao conjunto das construções e intervenções humanas no mundo contemporâneo. Isto mostra que o ensino de Genética é essencial na

formação de cidadãos críticos, pois ele contempla assuntos que atualmente são considerados socialmente relevantes.

Somam-se a isso, questões sobre manipulação gênica, alimentos transgênicos, células tronco, clonagem, que são temas polêmicos que têm ocasionado diversos debates na sociedade (GUIMARÃES *et al.*, 2010). Há alguns anos, esses assuntos eram encontrados somente na ficção científica, mas hoje, com o grande avanço da Biologia Celular e Molecular, ouve-se falar sobre estes assuntos nas novelas, estamos rodeados por alimentos e medicamentos transgênicos e por uma infinidade de outros produtos que são resultados de investigações científicas (BONZANINI; BASTOS, 2005). De acordo com esses autores, não se pode admitir que os cidadãos permaneçam alheios a essas descobertas científicas e as consequências das mesmas, o que traz a tona a necessidade da escola e do professor proporcionarem momentos de discussão e de reflexão a respeito desses assuntos, pois os estudantes fazem parte de uma sociedade onde as tecnologias genéticas ganham um espaço cada vez maior, e chegará o momento onde se exigirá deles decisões pessoais a respeito destes temas e suas respostas podem implicar em consequências pessoais e sociais. Concordando com esta ideia, Guimarães *et al.* (2010) afirmam que o ensino de Ciências, assim como o de outras disciplinas, tem uma importante função de levar para a sala de aula assuntos que possam ser discutidos pelos alunos com o objetivo de contribuir para o seu desenvolvimento ético, moral e intelectual, ou seja, preparar o estudante para o exercício da cidadania, para a tomada de decisões responsável quando for necessário.

Neste contexto, o trabalho de Bonzanini e Bastos (2005) mostrou que a simples leitura de reportagens que abordam temas socialmente relevantes podem não ser suficientes para auxiliar o indivíduo nas tomadas de decisões importantes relacionadas aos assuntos recentes de Biologia Celular e Molecular. Não basta também somente transmitir a matéria, é necessário proporcionar momentos onde os alunos possam discutir sobre os mesmos, com os colegas e com o professor, analisando as informações, expondo sua opinião (GUIMARÃES *et al.*, 2010).

Considerando estas ideias, a importância do ensino de Genética para o ensino médio e para a formação do cidadão crítico, os princípios

e a relevância da ACT para o entendimento de temas dessa área (como transgênicos, clonagem, células tronco, manipulação do DNA, aconselhamento genético, entre outros), que estão cada vez mais inseridos na sociedade, defino aqui o termo Genética Cidadã (GC) que irei usar ao longo do trabalho. A GC é uma forma reflexiva de tratar o conteúdo de Genética. Ela é uma abordagem que instiga o aluno a refletir criticamente sobre situações do cotidiano e sobre assuntos polêmicos, na qual ele utiliza conhecimentos científicos, no caso da Genética, para resolver problemas, pensar e tomar algum posicionamento frente a alguma problemática da sociedade.

1.3 O Livro didático e o ensino médio

Os LDs configuram-se em importantes recursos pedagógicos na maioria das escolas, sendo suporte ao processo de formação dos cidadãos, determinantes na construção curricular e base para o preparo de outros materiais didáticos (XAVIER *et al.*, 2006). Megid-Neto e Fracalanza (2003), através de uma pesquisa realizada com docentes de diversas cidades da região de Campinas – SP, classificaram o uso que os professores fazem dos livros em três grupos: 1) os que utilizam diversas coleções, de editoras e autores distintos, para elaborar o planejamento anual de suas aulas; 2) os que utilizam os LDs como apoio às atividades, seja para leitura de textos, tarefas extraclasse ou visualizações de imagens; 3) os que os utilizam como fonte bibliográfica, tanto para complementar o conhecimento docente, quanto para a aprendizagem discente. Nascimento e Carneiro (2005) também entrevistaram professores sobre o papel pedagógico do LD e estes afirmaram que o livro é um subsídio importante tanto para os alunos, quanto para os docentes. Quando se referem aos estudantes, o livro é uma fonte de pesquisa, tem exercícios e o objetivo é a aprendizagem. Em se tratando dos professores, o LD é um referencial, apresenta a sequência lógica dos conteúdos e os docentes são os responsáveis por dosarem o que vão abordar ou não em aula. Ainda de acordo com este trabalho, o LD pode ser observado como recurso que participa da formação continuada dos professores, principalmente na questão de atualização de conteúdo científico.

O LD é considerado um recurso didático impresso, o qual veicula saberes científicos ‘didatizados’ de determinadas disciplinas, estruturado para instrução individual ou em grupo, com o objetivo de formação do estudante em qualquer etapa da vida, independente da idade (NASCIMENTO; CARNEIRO, 2005). Devido à relevância deste material didático para o ensino brasileiro, desde a década de 1930 o governo federal, através do MEC, tem realizado programas para a melhoria da qualidade e da distribuição dos livros no país (MEGIDNETO; FRACALANZA, 2003).

A definição de LD aparece pela primeira vez na legislação brasileira pelo Decreto-Lei nº 1006 de 1938, Art. 2º: “Livros de leitura de classe são os livros usados para a leitura dos alunos em aula; tais livros também são chamados de texto, livro texto, compêndio escolar, livro escolar, manual, livro didático”. Também foi criado por este decreto a Comissão Nacional de Livros Didáticos (CNLD) que passou a exercer controle político-pedagógico sobre a produção, importação e utilização do LD (SILVA; TRIVELATO, 1999). Por esse decreto, também foram estabelecidas condições para autorização à edição de LDs, como correção de informação e linguagem (HOFLING, 2000). Em seu livro, Freitag *et al.* (1987) afirmam que o histórico do LD no Brasil se sobrepõe à política nacional do LD, em uma sequência de decretos, medidas governamentais e leis, que iniciam a partir de 1930.

O trabalho de Hofling (2000) traz uma retrospectiva dos programas do governo para o LD. De acordo com a autora, depois do surgimento da CNLD, em 1945, o Decreto-Lei nº 8460 reformulou as funções da comissão, e o estado passou a assumir o controle do processo de adoção de livros em todo o território brasileiro. Após esse período e até o surgimento do PNLN, em 1985, que é o vigente atualmente, houve o surgimento de diversos programas, coordenados por diversas instituições do governo, como pela Fundação Nacional de Material, pela Comissão do Livro Técnico e Didático, pelo Instituto Nacional do Livro, pela Fundação de Assistência ao Estudante (FAE), até chegar ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), criado em 1996, que hoje é o responsável pela organização do PNLN, tanto em sua coordenação administrativa, quanto no que diz respeito aos recursos

financeiros, provindos do governo e de recursos captados pelo próprio FNDE. Até o ano de 1996, o PNLD foi coordenado pela FAE.

O PNLD possuía inicialmente como objetivo a avaliação, a compra e a distribuição de LDs para alunos da 1ª a 8ª série do ensino fundamental das escolas públicas do Brasil, sendo priorizados componentes básicos de Português e Matemática (RODRIGUES, 2012). De acordo com esta autora, em 1996, começou-se um processo de avaliação pedagógica dos livros inscritos para o PNLD 1997 e esse procedimento continua sendo utilizando e vem sendo aperfeiçoado até hoje. Nos anos que seguiram, continuaram sendo avaliados e distribuídos apenas livros para ensino fundamental, porém já com maior abrangência em relação às disciplinas escolares.

Os LDs do ensino médio passaram a ser avaliados somente em 2004, com a implantação do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), o qual iniciou com obras de Matemática e Português, que foram distribuídas em 2005 para as 1ª séries da região Norte e Nordeste do Brasil. Em 2006, o MEC ampliou a distribuição destes livros para todo o país, em 2007, foram avaliadas e distribuídas obras de Biologia e, em 2008, o PNLEM realizou a distribuição de livros de Português, Matemática, História, Física, Química e Biologia (BRASIL, 2012b). Em 2010, o decreto 7.084 regulamentou a avaliação e a distribuição de materiais didáticos para toda a educação básica e garantiu periodicidade à análise e a distribuição dos livros, afirmando em seu artigo 6º, parágrafo 2º que:

“O processo de avaliação, escolha e aquisição das obras dar-se-á de forma periódica, de modo a garantir ciclos regulares trienais alternados, intercalando o atendimento aos seguintes níveis de ensino: I - 1º ao 5º ano do ensino fundamental; II - 6º ao 9º ano do ensino fundamental; e III - ensino médio” (BRASIL, 2010, p.2).

Por isto, a última edição do PNLD, de 2012, incorporou o antigo PNLEM e abrangeu a avaliação e distribuição de livros de uma ampla gama de disciplinas do ensino médio.

Dentro do atual PNLD, para garantir a qualidade dos livros que chegam às escolas, há um processo bastante minucioso que envolve: 1) publicação do edital, onde estão os critérios que serão analisados e onde as editoras devem se basear para inscrever seus LDs; 2) análise dos aspectos técnicos editoriais dos livros; 3) análise pedagógica feita por uma comissão de profissionais da área; 4) produção do Guia do Livro Didático; 5) escolha dos livros pelos professores; 6) aquisição e distribuição para as escolas (BRASIL, 2003b).

Para o edital do PNLD de 2012, foram submetidas à avaliação dezesseis coleções didáticas de Biologia (Brasil, 2012c). De acordo com este mesmo documento, destas, somente oito foram aprovadas após a análise dos aspectos técnicos editoriais e avaliação pedagógica. A avaliação pedagógica foi realizada por uma equipe de especialistas do campo do ensino de Biologia, composta por professores do ensino superior e por docentes que atuam no ensino médio, de diferentes regiões do país. Após a análise e avaliação dos LDs, foram elaboradas resenhas das obras aprovadas e pareceres daquelas excluídas. As oito coleções didáticas aprovadas para este edital tiveram suas resenhas publicadas no Guia do Livro Didático (GLD). O GLD é entregue nas instituições educacionais, podendo ser utilizado pelo professor, no caso pelos professores de Biologia, para conhecer melhor as coleções aprovadas pelo PNLD e assim, escolher o LD de forma mais bem fundamentada. O GLD abrange cada uma das disciplinas com a descrição das obras aprovadas. A seção do GLD destinada à disciplina de Biologia possui de cada coleção ali presente: uma visão geral, a descrição de cada volume, como é feita a divisão dos conteúdos, o que contém o manual do professor, uma análise geral da obra e como pode se dar o aproveitamento da mesma em sala de aula (BRASIL, 2012c).

Após os professores de Biologia escolherem a coleção que será utilizada pela escola, é feita a solicitação da compra ao FNDE, através de um sistema informatizado de internet, e cabe a este negociar com as editoras os valores, a aquisição e a distribuição dos livros. Às Secretarias de Educação cabe, entre outros, o monitoramento do

processo de escolha das obras didáticas junto às escolas, propondo e implementando ações que possam contribuir para a melhoria do PNLD. Quando as escolas, por algum motivo, não participam da escolha da coleção ou acabam pedindo um livro que não foi muito escolhido na região, a instituição pode receber o livro mais solicitado na região, pois quando este é comprado em grande quantidade nas editoras ele se torna mais barato aos cofres públicos (RODRIGUES, 2012). De acordo com esta autora, as instituições educacionais podem optar ainda por não participar do PNLD.

Para isto, existe um alto investimento do governo e do FNDE, o qual só em 2011 ultrapassou a cifra dos 1,3 bilhão de reais (BRASIL, 2011). Por isso, diversos trabalhos discutem a aproximação dos LDs com os documentos oficiais vigentes (SILVA; TRIVELATO, 1999; MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003; CASSAB; MARTINS, 2008).

Silva e Trivelato (1999) afirmam que a metodologia adotada nos LDs mostra uma maior preocupação com o processo de aprendizagem ao longo das décadas e que os livros acompanham as tendências de ensino de Ciências que o Brasil viveu, da formação dos futuros cientistas à profissionalização. Já Megid-Neto e Fracalanza (2003) mostram que durante a década de 1970, as coleções didáticas possuíam um relativo êxito quanto à aproximação com as diretrizes educacionais da época, porém, a partir dos anos de 1980, com a reformulação curricular dos estados e municípios e o estabelecimento de novas diretrizes, esta aproximação não mais se evidencia. Os autores alegam que os livros didáticos presentes hoje no mercado, e até aqueles recomendados pelos GLD, não alcançam a pretensão de contribuir para que o professor consiga perceber como as diretrizes e currículos oficiais podem tomar forma na escola.

Diante desta realidade, pesquisas como a de Cassab e Martins (2008) buscam debater sobre qual seria o papel das obras didáticas atualmente e de que forma seria possível elaborar coleções que sejam coerentes, tanto com o conhecimento científico, quanto com as orientações curriculares de hoje, e se o melhor caminho seria abandonar o modelo vigente do LD, reformá-lo ou investir em outras propostas. Cabe lembrar que o livro tem suas limitações e suas particularidades e caberá ao professor lançar mão de estratégias de utilização dos LDs, que

permitam aos alunos questionarem os problemas e discutirem de maneira crítica, orientando-os em exercícios onde se precisa pensar, argumentar, criticar e confrontar ideias (NASCIMENTO; CARNEIRO, 2005).

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos da investigação abrangeram quatro momentos principais: (1) revisão da literatura, (2) identificação das coleções didáticas que foram analisadas, (3) elaboração dos critérios de análise e (4) análise das coleções didáticas. Estas etapas são detalhadas na sequência do texto.

2.1 Revisão da literatura

A revisão da literatura visou identificar e analisar trabalhos que apresentam como foco LDs, o ensino de Genética e educação para a cidadania, publicados em importantes periódicos acadêmico-científicos brasileiros (a partir da avaliação do Qualis CAPES) e em atas de eventos tradicionais e relevantes para a área de Pesquisa e Ensino de Ciências e Biologia realizados no Brasil.

A revisão foi feita a partir da leitura do sumário de cada um dos números dos periódicos (disponíveis online na página de cada periódico) e das atas (disponíveis nos CDs de cada evento, localizados no acervo do Casulo - Grupo de Pesquisa e Educação em Ciências e Biologia da UFSC). Em seguida, os artigos encontrados que diziam respeito aos focos da investigação identificados no parágrafo anterior foram destacados e incluídos em um relatório de revisão da literatura. Foi realizado um relatório próprio para cada periódico e evento analisado. A etapa de revisão da literatura concluiu-se com a análise dos artigos, realizada através da leitura dos mesmos e elaboração da ficha de leitura de cada um. Esta ficha contém comentários críticos, citações de interesse que o trabalho faz, entre outros, que facilitam a organização do embasamento teórico.

Foram revisadas oito revistas e três atas de eventos onde foram encontrados 38 (Tabela 1) e 52 (Tabela 2) artigos, respectivamente.

Tabela 1. Principais periódicos brasileiros da área de educação em Ciências e Biologia, anos e volumes totalmente revisados e número de artigos considerados relevantes para o trabalho encontrados.

| PERIÓDICO | ANO | VOLUMES | Nº ARTIGOS ENCONTRADOS |
|-------------------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|
| Alexandria | 2008 - 2013 | v. 1 – 6 | 2 |
| Ciência & Educação ³ | 1998 - 2011 | v. 5 – 17 | 10 |
| Ciência & Ensino ⁴ | 1996 - 2008 | nº 1 - 12 v. 1 – 2 | 3 |
| Ensaio | 1999 - 2013 | v. 1 – 15 | 8 |
| Experiências em Ensino de Ciências | 2006 - 2013 | v. 1 - 8 | 2 |
| Genética na escola | 2006 - 2013 | v. 1 - 8 | 6 |
| Investigações em Ensino de Ciências | 1996 - 2013 | v. 1 - 18 | 7 |
| Total | | | 38 |

³ A revista Ciência & Educação foi criada em 1995, mas somente a partir do volume 5, em 1998, que o periódico passou a ser versão eletrônica e a partir de 2011 a revista mudou para a base de dados do Scielo (Fonte: <http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/index.php>)

⁴ A revista Ciência & Ensino foi criada pela Unicamp em 1996 e até o ano de 2004 publicou 12 números. Quando completou dez anos o periódico foi reestruturado e de 2006 a 2008 foram publicados dois volumes (quatro números) da revista. Sua versão online possui trabalhos até o ano de 2008 e somente em 2013 o corpo editorial conseguiu retomar as atividades, com apoio de diversas universidades. Ainda não há novas publicações, mas a revista já está aberta para a submissão de artigos (Fonte: <http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaensino>).

Tabela 2. Principais eventos de ensino de Biologia e Ciências, os anos e as atas totalmente revisadas e número de artigos considerados relevantes para o trabalho encontrados.

| EVENTO | ANO | Nº ENCONTROS | Nº DE TRABALHOS ENCONTRADOS |
|--|-------------|--------------|-----------------------------|
| Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) | 1997 - 2011 | I – VIII | 24 |
| Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBO) | 2005 - 2012 | I – IV | 20 |
| Encontro Regional de Ensino de Biologia da Região Sul (EREBIO) | 2005 - 2011 | I – V | 8 |
| Total | | | 52 |

Foram encontrados ainda mais nove artigos publicados em outros periódicos e eventos que não foram revisados, mas que haviam sido citados nos artigos lidos e fichados (referências cruzadas).

A seguir descrevo brevemente os trabalhos mais relacionados ao assunto desenvolvido nesta pesquisa. Maiores desenvolvimentos sobre estes artigos podem ser encontrados nos Capítulos 1 e 3.

De todos os trabalhos encontrados, apenas dez deles fazem referência à formação para a cidadania (SANTOS; SCHNETZLER, 1996; TIEDEMANN, 1998; KRASILCHIK, 2000; AULER; DELIZOICOV, 2001; ROSA; TERRAZZAN, 2001; SANTOS, 2007; PRAIA *et al.*, 2007; CORSINI; GALVÃO, 2009; TOTI *et al.*, 2009; VILANOVA, 2013).

O trabalho de Krasilchik (2000) faz um retrospecto sobre o ensino de Ciências, o qual acompanhou as mudanças socioeconômicas da sociedade, e aborda os aspectos em que ele encontra hoje. Já Santos e Schnetzler (1996) entrevistaram professores de Química para saber qual seria o papel do ensino de Química para formar o cidadão, como ele aconteceria e qual seu distanciamento do ensino de Ciências do passado.

Auler e Delizoicov (2001) propõem a ACT ampliada para formar cidadãos, unindo a proposta de Fourez *et al.* (1997) com a perspectiva de Paulo Freire, pensando na autonomia do indivíduo, em revelar as realidades sociais, defendendo a ideia de que a ACT reduzida, ou seja, o ensino dos conteúdos por si só, sem uma reflexão crítica, leva à tecnocracia.

Os trabalhos de Rosa e Terrazzan (2001) e Santos (2007) propõem atividades para a formação do cidadão. Já o segundo, insere um projeto de educação ambiental com o viés de educação para a cidadania, com metodologias, cronograma, planejamento das aulas. Já Praia *et al.* (2007) discorrem sobre a importância da ACT para a formação do cidadão, principalmente para a superação das visões distorcidas sobre natureza da ciência.

A pesquisa de Toti *et al.* (2009) mostraram as diferentes compreensões de cidadania apresentadas em trabalhos com abordagens de Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) de revistas de pesquisa em Ensino de Ciências e Biologia do Brasil.

Tiedemann (1996), Corsini e Galvão (2009) e Vilanova (2013) trabalharam a perspectiva da educação para a cidadania dos LDs. O primeiro autor analisou o conteúdo de Química e falou sobre a importância do ensino para a cidadania e da contextualização para o aprendizado do aluno. Corsini e Galvão (2009) procuraram observar se o conteúdo de alimentação humana estava inserido nos livros com uma abordagem cidadã, dando enfoque para a construção do conhecimento científico. Já Vilanova (2013) procurou observar os diferentes discursos de cidadania presentes nos LDs de Ciências e pode discutir a coexistência de diferentes ideias de cidadania.

Em relação ao ensino de Genética, dez artigos apresentaram aspectos que contribuem para o presente trabalho (FERREIRA; JUSTI, 2004; ALVES; CALDEIRA, 2005; BONZANINI; BASTOS, 2005; VILAS-BOAS, 2006; XAVIER *et al.*, 2006; CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007; MELO; CARMO, 2009; SARDINHA *et al.*, 2009; GUIMARÃES *et al.*, 2010; SOUZA; FARIAS, 2011).

Sardinha *et al.* (2009) realizaram uma revisão nas atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC) sobre o ensino de Genética. Já o trabalho de Camargo e Infante-Malachias (2007) refletiu sobre o ensino de Genética Humana no ensino médio, destacando algumas abordagens para subsidiar o professor em sala de aula.

A pesquisa de Alves e Cadeira (2005) desenvolveu um projeto com alunos do ensino médio a respeito da ética da manipulação do DNA. Já Bonzanini e Bastos (2005), Guimarães *et al.* (2010) e Souza e Farias (2011), entrevistaram alunos sobre temas da área de Genética, como melhoramento genético, transgênicos, clonagem e genoma, objetivando compreender a concepção dos estudantes a cerca destes assuntos.

Ferreira e Justi (2004), Vilas-Boas (2006) e Xavier *et al.* (2006) analisaram LDs a respeito dos conteúdos de Genética. O primeiro trabalho fez uma análise da abordagem do DNA nos livros de Biologia e Química do ensino médio. O segundo artigo aborda a atualização dos LDs frente a temas mais atuais da genética, aos quais eles chamaram de Nova Biologia. Já o terceiro trabalho tenta verificar como o avanço da Genética está sendo inserido nos LDs.

Melo e Carmo (2009) fizeram um levantamento em periódicos e em anais de eventos de publicações científicas sobre ensino de Genética e de Biologia Molecular do ano de 1999 ao ano de 2008.

Em se tratando do tema LD, foram encontrados somente sete trabalhos relacionados a esta pesquisa, dentre todos os artigos selecionados pela revisão da literatura (FREITAG *et al.*, 1987; SILVA; TRIVELATO, 1999; HOFLING, 2000; MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003; NASCIMENTO; CARNEIRO, 2005; CASSAB; MARTINS, 2008; RODRIGUES, 2012).

Freitag *et al.* (1987) escreveram um livro sobre “O Estado da Arte do Livro Didático no Brasil”, onde abordam aspectos históricos, políticos, econômicos, pedagógicos, didáticos e contextualização a utilização do LD no país. O trabalho de Silva e Trivelato (1999) buscou identificar a evolução da metodologia proposta nos LDs publicados durante o século de 1920.

Megid-Neto e Fracalanza (2003) abordam o LD de Ciências no Brasil, descrevem sobre a problemática dos projetos de compra, escolha pelo professor e distribuição, além de discutirem sobre sua aplicabilidade em sala de aula. Já o trabalho de Hofling (2000) trata do PNLD, o histórico e a tendência de descentralização deste programa.

Os trabalhos de Nascimento e Carneiro (2005) e Cassab e Martins (2008) se propuseram a entrevistar professores sobre a utilização e sobre os critérios de seleção do LD, respectivamente.

Já a pesquisa de Rodrigues (2012) buscou responder de que forma os experimentos didático-científicos estavam inseridos nos LDs de Biologia do PNLD 2012.

2.2 Identificação das coleções didáticas

Para o desenvolvimento desta etapa do trabalho, a presente pesquisa buscou identificar quais são as coleções didáticas de Biologia do PNLD de 2012 que foram distribuídas às escolas estaduais do município de Florianópolis e relacionou a presença de cada obra com o número de alunos das instituições educacionais, podendo-se assim identificar a abrangência dos livros na população de estudantes de ensino médio do município. Para tal, foram realizados três procedimentos. Primeiramente, conseguiu-se uma lista junto à Gerência Regional de Educação da Grande Florianópolis (GERED) com o nome e contato de todas as escolas estaduais de Florianópolis. Posteriormente, identificou-se as coleções didáticas recebidas por cada instituição educacional no PNLD de 2012, através do site de distribuição do Sistema do Material Didático (SIMAD - <https://www.fnde.gov.br/distribuicaoosimadnet/iniciarSistema.action>). Este endereço eletrônico é organizado pelo FNDE e possui informações como encomenda, distribuição, pedidos de LDs e censo do alunado. Nesta página eletrônica, há uma seleção simplificada de parâmetros de

consulta, como ano, programa, esfera, localização, unidade federativa e município. No presente trabalho, os parâmetros utilizados foram respectivamente: 2012, PNLD, estadual, urbana, Santa Catarina e Florianópolis. Finalmente, como não foi possível obter uma lista geral de alunos matriculados no ensino médio por escola na Secretaria de Educação, contornei este problema realizando contato telefônico com cada escola. Foi possível assim, obter, aproximadamente, o número de alunos matriculados no ensino médio em todas as escolas estaduais do município de Florianópolis.

Pode-se observar na Tabela 3, que há aproximadamente 10.400 alunos matriculados nas 25 instituições educacionais com ensino médio regular no município de Florianópolis, e que das oito coleções aprovadas pelo PNLD 2012, apenas seis foram pedidas e distribuídas para as escolas do município. Em relação à abrangência das obras didáticas por número de alunos, pode-se observar, também na Tabela 3, que 29% dos alunos possuem a coleção AM nas suas instituições de ensino, 33% possuem a SL, 11% possuem a SF, 10,05% possuem a PGM, 2,5% possuem a NB e 14% possuem a SP.

Desta forma, para decidir quantos livros seriam analisados, optou-se por fazer uma primeira caracterização das seis obras escolhidas no município, realizando uma análise exploratória através de uma leitura inicial das coleções didáticas. Desejou-se captar a riqueza e a diversidade presente nos LDs, pois de acordo com Minayo (2008) uma amostra qualitativa ideal reflete as múltiplas dimensões do objeto de estudo, sem se preocupar prioritariamente com a representatividade numérica. Esta mesma autora ainda afirma em seu trabalho que o número amostral pode ser definido pelo pesquisador de acordo com o critério de saturação, que é quando o autor consegue compreender a lógica do objeto de estudo, sendo mais importante observar o problema sob vários pontos de vista do que ter diversos números amostrais similares.

A caracterização das seis coleções didáticas mostrou que não há diferenças significativas entre as mesmas. Assim, optou-se pela análise com mais profundidade de três coleções, pois estas eram suficientes para a representação do todo. Elegeram-se então, aquelas coleções que abrangem o maior número de alunos matriculados no

ensino médio da rede estadual de Florianópolis: SL, AM e SP, respectivamente, que foram distribuídas à aproximadamente 76% dos estudantes.

Tabela 3: Coleções didáticas do PNLD 2012 escolhidas e distribuídas para as escolas estaduais do município de Florianópolis, número de alunos matriculados no ensino médio regular que receberam cada coleção e porcentagem deste ultimo.

| Nº coleções | Código ⁵ | Coleção | Nº escolas | Nº alunos | % alunos |
|--------------|---------------------|--|------------|-----------|----------|
| 1. | AM | AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues: (2010). <i>Biologia</i> . (3.ed.). São Paulo/Br: Moderna. | 8 | 2.992 | 29% |
| 2. | SL | ROSSO, Sérgio; LOPES, Sônia: (2010). <i>Bio</i> . São Paulo/Br: Saraiva. | 6 | 3.434 | 33% |
| 3. | SF | LINHARES, Sérgio de Vasconcellos; GEWANDSNAJDER, Fernando: (2010). <i>Biologia Hoje</i> . (1.ed.). São Paulo/Br: Ática. | 4 | 1.122 | 11% |
| 4. | PGM | PEZZI, Antônio; GOWDAK, Demétrio Ossowski; MATTOS, Neide Simões de: (2010). <i>Biologia</i> . (1.ed.). São Paulo/Br: FTD. | 4 | 1.072 | 10,50% |
| 5. | NB | BIZZO, Nélio: (2010). <i>Novas Bases da Biologia</i> . (1.ed.). São Paulo/Br: Ática. | 2 | 260 | 2,50% |
| 6. | SP | SANTOS, Fernando Santiago; AGUILAR, Jão Batista Vicentin; OLIVEIRA, Maria Martha Argel de: (2010). <i>Ser Protagonista - Biologia</i> . (1.ed.). São Paulo/Br: Edições SM. | 1 | 1.520 | 14% |
| 7. | ML | MENDONÇA, L.; LAURENCE, J.: (2010). <i>Biologia</i> . (1.ed.). São Paulo/Br: Nova Geração. | 0 | 0 | 0 |
| 8. | JJ | SILVA JÚNIOR, César da; SASSON, Sezar; JÚNIOR CALDINI, Nelson: (2010). <i>Biologia</i> . (10.ed.). São Paulo/Br: Saraiva. | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | | | 25 | 10.400 | 100% |

⁵ O código para cada coleção foi estabelecido pelo presente trabalho e não possui relação com aqueles apresentados pelo GLD, visando apenas facilitar a escrita e a leitura deste texto.

2.3 Elaboração dos critérios de análise

Pretendendo identificar, caracterizar e discutir a presença da GC nas coleções didáticas que abrangem o maior número de escolas estaduais do município de Florianópolis, foram elaborados critérios de análise, os quais estão reunidos em dois grandes aspectos. Estes critérios funcionam como instrumentos de avaliação, sistematização, que os direcionam a análise dos livros em direção ao objetivo do trabalho. A estrutura do trabalho, tendo em vista os aspectos e seus respectivos critérios, é a seguinte:

Aspecto I: Caracterização das coleções didáticas. Neste aspecto buscou-se caracterizar as coleções didáticas quanto aos critérios a seguir:

- a) **Número de páginas por volume e por coleção;**
- b) **Distribuição dos conteúdos por volume;**
- c) **Formação dos autores principais (organizadores das coleções);** Apresentar-se brevemente a formação acadêmica e a atuação profissional dos escritores dos LDs, uma vez que essas podem influenciar na forma pela qual a Genética é apresentada nos LDs o que é encontrado nos livros.
- d) **Seção de apresentação do livro didático⁶:** Tendo em vista que a seção de apresentação do LD, presente em cada obra traz o objetivo desta, optou-se por analisar as mesmas e avaliar o que seus autores defendem sobre a finalidade de cada LD. Pretende-se verificar ali se há propostas para a formação para a cidadania, como um dos objetivos do ensino, além de analisar se há convergência entre o que os autores propõem e o que pôde ser encontrado na análise de cada obra.

Aspecto II: Caracterização dos trechos de GC. Neste aspecto realizou-se leitura sistematizada, página a página, de toda a coleção, e

⁶Este critério será o último a ser apresentado e discutido no Capítulo 3, para uma melhor compreensão dos resultados e fechamento da seção.

buscou-se encontrar trechos que podem ser caracterizados como trechos de GC, os quais foram analisados de acordo com os critérios a seguir:

- a) **Assuntos de Genética presentes no trecho destacado no LD:** Caracterização de quais conteúdos da Genética estão sendo abordados pela GC trazida pelos LDs.
- b) **Inserção do trecho nos conteúdos do LD:** Caracterização de onde estão estes trechos, se estão somente dentro do capítulo de Genética, ou se eles existem dentro de outra área da Biologia, como a Ecologia, a Botânica, a Zoologia, a Microbiologia, etc.
- c) **Forma de apresentação do trecho no LD:** Caracterização de como os trechos estavam apresentados no LD: se constituindo o texto principal, na forma de figura, de exercício ou de caixa de texto.

2.4 Análise das coleções didáticas

A análise das coleções didáticas pode ser dividida em duas etapas: identificação dos trechos de GC e análise destes trechos a partir dos critérios elaborados.

Para identificar os trechos de GC, fiz uma leitura inicial das três coleções com o olhar influenciado pelo embasamento teórico já descrito anteriormente, ou seja, da formação para a cidadania, da ACT, e da GC, termo que defini para este trabalho. Nesta etapa da pesquisa, os trechos que identificava como de Genética com uma abordagem cidadã eram assinalados, para posterior análise. Os nove LDs foram lidos nesta etapa.

Uma vez identificados os trechos de interesse, utilizei os critérios estabelecidos no item 2.3 para analisar a GC nas três coleções selecionadas. Estas foram analisadas uma a uma, individualmente, do primeiro ao terceiro volume. Os comentários e análises foram anotados em fichas-resumo em uma planilha que sintetizaram, assim, cada coleção a partir de cada critério.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Número de páginas, distribuição dos conteúdos por volumes dos livros didáticos e formação dos autores principais

Pode-se observar na Tabela 4, que foram encontrados 34 trechos de GC nas três coleções didáticas analisadas, com certa uniformidade na distribuição dos trechos nos volumes e nas coleções. As particularidades serão destacadas e discutidas no decorrer deste trabalho.

Dos trechos analisados, verificou-se que a grande maioria possuía textos para debate, sendo estes de divulgação científica ou de discurso científico escolar⁷, seguidos de perguntas que direcionavam o aluno a refletir sobre os assuntos de Genética em meio à sociedade e, geralmente, a posicionar-se frente a algumas situações polêmicas. Observou-se ainda, trechos de GC de diferentes tamanhos, sendo o maior com três páginas e o menor com três linhas. A média do tamanho dos trechos é uma página, o que equivale a 34 de 3.736 páginas das três coleções (Tabelas 5 e 6), ou seja, aproximadamente 1% do tamanho total do livro. Se pensarmos que um dos objetivos da educação básica, de acordo com a LDBEN, é a formação para a cidadania, mesmo consciente de que o presente trabalho analisou apenas conteúdos de Genética, este resultado ainda demonstra que os LDs possuem outros focos, prioridades e abordagens, que podem se distanciar desta formação. Assim, o cumprimento dos objetivos legais repousa quase que exclusivamente na iniciativa e na prática pedagógica adotada pelo professor em sala de aula, independente dos textos presentes no LD. Pode-se verificar também, que o discurso científico escolar possui

⁷Segundo Dias (2003) o discurso científico escolar considera que o conhecimento científico da escola difere do conhecimento científico da área de Ciências Biológicas, pois além de haver uma seleção dos conteúdos que entram nas escolas em virtude da sua importância, nesta etapa, alguns temas clássicos se mantêm. No discurso científico escolar ainda ocorrem transformações no conteúdo, verdadeiras criações ao partir de um dado objeto, durante o processo ensino-aprendizagem.

destaque em todos os capítulos e, em torno dele, ficam os temas da mídia em caixas de texto, os assuntos para a discussão, os exercícios para refletir, onde geralmente encontrei os trechos de GC.

As Tabelas 5 e 6 apresentam o número de páginas por volume e por coleção, distribuição dos conteúdos e formação dos autores dos livros de Biologia analisados. As coleções didáticas serão chamadas no decorrer desta discussão de acordo com os códigos da Tabela 3, sendo AM a coleção Biologia de José Amabis e Gilberto Martho, SL a coleção Bio de Sérgio Rosso e Sônia Lopes e SP a coleção Ser Protagonista de Fernando Santos, João Aguilár e Maria Martha Oliveira.

Tabela 4: Número de trechos de GC encontrados nos volume das coleções didáticas.

| Coleções | | | |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| Volumes | AM | SL | SP |
| V1 | 6 | 2 | 3 |
| V2 | 1 | 6 | 3 |
| V3 | 4 | 1 | 8 |
| TOTAL | 11 | 9 | 14 |
| 34 | | | |

Pode-se observar que as coleções possuem tamanhos aproximados, sendo SL a maior, seguida por AM e por SP. A diferença de SL para AM é de 120 páginas, da SL para SP é de 224 e da AM para SP é de 104.

Em relação aos conteúdos distribuídos por volume, tanto AM quanto SP apresentam a mesma ordem: introdução à Biologia, origem da vida, bioquímica, biologia celular, citogenética, histologia, embriologia e reprodução, no primeiro ano (volume um – V1); sistemática e classificação e seres vivos, no segundo ano (volume dois – V2) e genética, evolução e ecologia no terceiro ano (volume três – V3).

Tabela 5: Número de páginas por volume e por coleção, distribuição dos conteúdos e formação dos autores dos livros de Biologia analisados em AM e SL.

| ASPECTO I | | | | |
|-----------|--------|---------------|--|---|
| Coleção | Volume | a) N° páginas | b) Distribuição do conteúdo | c) Formação dos autores |
| AM | V1 | 368 | história da ciência, origem da vida, bioquímica, biologia celular, citogenética, histologia celular, reprodução e embriologia | <i>José Amabis</i> - Licenciado em Ciências Biológicas, Doutor e Mestre em Ciências na área de Genética <i>Gilberto Martho</i> - Licenciado em Ciências Biológicas, lecionou em escolas de ensino médio e em cursos pré vestibulares |
| | V2 | 496 | Sistemática e Classificação, Vírus, Seres vivos (bactérias, protozoários, algas, fungos, plantas, invertebrados, vertebrados, anatomia e fisiologia da espécie humana) | |
| | V3 | 376 | Genética, Evolução e Ecologia | |
| TOTAL | | 1240 | | |
| SL | V1 | 400 | Bioquímica básica, ecologia, origem da vida, biologia celular, citogenética | <i>Sônia Lopes</i> - licenciada em Ciências Biológicas, possui Doutorado na área de Zoologia. <i>Sérgio Rosso</i> - Licenciado em Ciências Biológicas, Doutor em Zoologia, atua na área de Ecologia. |
| | V2 | 480 | Reprodução humana, Embriologia humana, Histologia humana, Fisiologia humana, Genética e Evolução | |
| | V3 | 480 | Classificação e Sistemática, Vírus e Seres Vivos (bactérias, protistas, plantas, fungos, invertebrados, vertebrados, início evolução humana) | |
| TOTAL | | 1360 | | |

Tabela 6: Número de páginas por volume e por coleção, distribuição dos conteúdos e formação dos autores dos livros de Biologia analisados em SP.

| ASPECTO I | | | | |
|------------------|---------------|----------------------|--|---|
| Coleção | Volume | a) N° páginas | b) Distribuição do conteúdo | c) Formação dos autores |
| SP | V1 | 368 | Bioquímica, origem da vida, biologia celular, citogenética, embriologia, histologia | <i>Fernando dos Santos</i> - Bacharel e licenciado em Ciências Biológicas, Mestre em História, Doutor em Educação |
| | V2 | 448 | Classificação e sistemática, vírus, seres vivos (bactérias, protistas, fungos, plantas, invertebrados, vertebrados), fisiologia humana | <i>João Aguilar</i> - Bacharel e licenciado em Ciências Biológicas, Mestre em Ecologia, Doutor em Ciências |
| | V3 | 320 | Genética, evolução e ecologia | <i>Martha de Oliveira</i> - Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas, Doutora em Ecologia |
| TOTAL | | 1136 | | |

Já SL mostrou uma ordem diferente. Bioquímica e ecologia iniciam o primeiro ano (V1), junto à origem da vida, citogenética e reprodução humana. No segundo ano (V2), o LD apresenta embriologia, histologia, fisiologia, genética e evolução, sendo que os três primeiros possuem apenas abordagem humana. O livro do terceiro ano (V3), possui classificação e sistemática e seres vivos, o que corresponde ao V2 das outras coleções.

Em 2002, o MEC publicou orientações complementares aos PCNs, que foram então chamados de PCN+, e tinham o objetivo de explicitar melhor diversos aspectos dos PCNEM (BRASIL, 2003a). Neste documento, na área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, há um tópico chamado “*organização do tratado escolar*”, onde há a sugestão de modelos de estruturação curricular dos temas de

Biologia ao longo dos anos do ensino médio. Há duas sequências propostas. Na primeira, o documento sugere: interação entre os seres vivos e qualidade de vida das populações humanas no primeiro ano, identidade dos seres vivos e diversidade da vida no segundo ano e transmissão da vida, manipulação gênica e ética, origem e evolução da vida no terceiro ano. A segunda sequência proposta é composta por: origem e evolução da vida e identidade dos seres vivos no primeiro ano, diversidade da vida, transmissão da vida e manipulação gênica e ética no segundo ano e interação entre os seres vivos e qualidade de vida das populações humanas no terceiro ano.

Pode-se observar uma aproximação de AM e SP da primeira proposta sugerida, iniciando com os constituintes e processos básicos da vida no primeiro ano, indo para seres vivos no segundo, passando para genética e evolução no terceiro. Já a coleção SL aproximou-se mais da segunda sugestão dos PCN+, onde a genética e a evolução são alocadas no segundo ano e seres vivos no terceiro. Pode-se concluir que os LDs baseiam-se nos documentos oficiais para distribuir seus conteúdos. Isto pode ter relação com um dos critérios comuns, de exclusão, de avaliação do PNLD, o qual procura nos livros:

“I- Respeito à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas ao ensino médio.”
(BRASIL, 2012c, p.31)

Relacionando o número de páginas dos volumes com a distribuição dos conteúdos pode-se observar que os livros que abordavam sistemática, classificação e seres vivos são os maiores nas coleções AM e SP. Em SL o V2 e o V3 possuem ambos 480 páginas, sendo que o V2 traz assuntos de fisiologia humana, genética e evolução e o V3 aborda também sistemática, classificação e seres vivos.

Foi possível relacionar a formação dos autores das coleções didáticas com as obras que possuem o maior número de páginas somente em SL e SP, pois seus autores possuem formação voltada à área da Zoologia ou Ecologia. Um dos autores de AM possui formação na área da Genética e, neste caso, não se encontrou relação. Isto pode ocorrer devido ao fato dos autores de capa do LD não serem todos os

escritores da obra. Ao ler a ficha catalográfica das três coleções, pode-se observar que havia muitos outros autores, preparadores de texto, revisores, que não as pessoas citadas na capa. Estes autores variavam ainda entre os volumes de cada coleção. Dependendo do livro que se estava analisando, os escritores observados na ficha catalográfica eram diferentes, os quais somente às vezes coincidiam com os autores principais.

3.2 Assuntos presentes nos trechos de genética cidadã nos livros didáticos

Como pode ser observado na Tabela 7, foram encontrados sete assuntos de Genética nos 34 trechos de GC que puderam ser descobertos nos LDs. Na sequência, há o detalhamento de alguns trechos, procurando fornecer amostras das múltiplas dimensões do objeto de estudo, sem se preocupar prioritariamente com a representatividade numérica (MINAYO, 2008). Considerou-se mais importante observar os resultados sob vários pontos de vista, do que detalhar suas repetições amostrais.

Tabela 7: Assuntos de Genética encontrados nos trechos de GC.

| Conteúdos de Genética | Nº total de trechos de GC encontrados |
|------------------------------|--|
| Genoma | 12 |
| Reprodução humana | 8 |
| Biotecnologia | 4 |
| Alterações cromossômicas | 4 |
| Transgênicos | 3 |
| Clonagem | 2 |
| Origem da espécie humana | 1 |
| TOTAL | 34 |

Em relação ao assunto genoma, pode-se observar um total de 12 trechos, sendo que dois deles estão no V2 e no V3 da AM, seis estão nos três volumes da SL e quatro estão no V2 e no V3 da SP. Na coleção AM, há um trecho que se encontra na caixa de texto “Ciência e Cidadania”, que se chama “*Receita para uma humanidade desracializada*” (V3, p.219, apêndice 1). Neste quadro, há parte de um artigo de duas páginas e meia que trata das semelhanças genéticas das ditas “raças humanas”. No texto, o autor busca mostrar o quanto somos todos parecidos em relação ao nosso DNA e traz estudos que afirmam que não existem raças humanas. Ao final da terceira página, há um “guia de leitura” que busca fazer o aluno refletir sobre o texto. Neste caso, há 12 itens para guia-lo. Dentre esses, em geral as questões pedem para o estudante voltar ao texto, repensar algum conteúdo ligado ao parágrafo que estão discutindo, escrever uma redação, discutir com os colegas ou apenas pensar. Este trecho foi considerado como GC, pois leva os alunos a pensarem as questões raciais, dentro do conteúdo de genoma humano, onde eles utilizam os conhecimentos de Genética aprendidos. Para se posicionarem dentro desta situação, por exemplo, no item 12 eles precisam escrever um pequeno texto de opinião a respeito do assunto e do artigo lido. Este tema ainda é, de acordo com os autores do LD, socialmente relevante, pois no enunciado do guia de leitura eles descrevem:

“(...) uma vez que a questão racial tem sido um dos motivos de perseguição e ódio entre seres humanos o artigo pode ajudar a refletir (...)” (AMABIS; MARTHO, 2010, p.221).

Na coleção SL, há dois trechos de GC dentro do assunto genoma que devem ser destacados. Um deles, no V2, p. 331, traz uma abordagem ética do projeto genoma humano, na caixa de texto “Tema para discussão” (apêndice 2), a qual pode ser considerada importante para formação do cidadão, à medida que discute as implicações sociais das ciências e das tecnologias. Neste texto, a geneticista Mayana Zatz fala sobre “*Os dilemas éticos do mapeamento genético*” explicando o projeto genoma humano e questionando se seremos capazes de lidar

com o fato de conhecermos muito a nosso respeito, como saber sobre predisposições a algumas doenças genéticas, sobre genes de risco para câncer, por exemplo, ou quais seriam as implicações se algum dia descobríssemos os “genes da inteligência”? Ou os “genes da neurose”? Ao final do texto há duas perguntas que levam o aluno a refletir e a posicionar-se. A primeira pergunta é qual é a opinião do aluno a respeito do assunto, baseado no artigo que ele leu e nos conhecimentos de Genética, e a segunda questiona se ele gostaria de saber que é portador de uma doença letal de manifestação tardia e o que ele faria com esta informação. Já o segundo trecho de GC em SL, dentro do assunto genoma, é um exercício (V1, p.376, apêndice 3). Este exercício trata de uma pesquisa sobre as aplicações do estudo do DNA para a melhoria da qualidade de vida. A proposta é recortar notícias de jornais, revistas e da internet sobre este tema, escolher uma aplicação do DNA e fazer um cartaz para apresentar para a turma. Esta atividade contrapõe o exemplo anterior, onde as implicações sociais da ciência tinham também aspectos negativos. Neste caso, procuram-se somente informações positivas da aplicação das tecnologias científicas.

Já em SP, o trecho de GC destacado dentro do assunto genoma possui um formato bastante comum ao que foi encontrado em toda esta coleção. Dentro da caixa de texto “Ciência, Tecnologia e Sociedade” encontra-se o conteúdo científico, que neste caso é um texto explicando “*Como as radiações provocam mutações?*” (V3, p.101, apêndice 4). Ao final do texto, há um espaço de questões “*para discutir*” onde são feitas perguntas aos alunos, as quais buscam refletir os conceitos e as ideias trazidas pelo quadro. Neste exemplo, estas questões trazem perguntas a respeito da exposição excessiva ao sol, surgimento do câncer de pele e sobre mulheres grávidas precisarem proteger o ventre ao fazerem exames radiológicos. Porém, neste caso, o LD não coloca o aluno explicitamente em uma problemática onde ele precise mobilizar seus conhecimentos de genética para resolver o problema, está implícito. São questões do dia-a-dia, sobre exposição solar, sobre exames radiológicos, se essas mutações são somáticas ou hereditárias, onde os alunos buscam os conceitos de Genética para responder aos questionamentos, a essas problemáticas, mas não são inseridos em meio ao problema, não perguntam sua opinião, como está sendo observado nos trechos de GC considerados explícitos.

O assunto reprodução humana foi encontrado em oito trechos de GC, sendo quatro no V1 e no V3 da coleção AM, um no V2 da SL e três no V3 da SP. Neste caso, há dois trechos que podem ser destacados, um no V1 da AM e outro no V3 da SP. Na AM, o trecho de GC traz a temática da fecundação *in vitro*, (p.296, apêndice 5). Na caixa de texto “Ciência e Cidadania” o texto possui informações sobre o primeiro bebê de proveta, sobre como funciona a reprodução *in vitro* e discute o que se pode fazer com os embriões não utilizados. No “guia de leitura”, cujos objetivos já foram descritos anteriormente, há questionamentos sobre a opinião dos alunos, há tentativas de mobilizar os conhecimentos do conteúdo de Embriologia e Genética (fecundação, desenvolvimento embrionário, hereditariedade, mitose, meiose) para refletir sobre esta problemática social. Já na coleção SP, o trecho de GC destacado é um exercício de aconselhamento genético (p.110, apêndice 6). Nesta atividade, os alunos precisam ler informações sobre o filme “*O óleo de Lorenzo*”, o qual aborda aspectos de uma doença hereditária, e precisam ler sobre a caracterização da doença e seu tratamento. Após estas leituras, eles devem simular uma situação de aconselhamento genético entre um grupo de especialistas e os pais de uma criança portadora da doença do filme, pensando os aspectos científicos e sociais da doença.

Em relação ao conteúdo de biotecnologia, podem-se observar quatro indicações deste tema em trechos de GC somente na coleção SP, V2 e V3. Dentre estas, pode-se destacar uma, um projeto de biotecnologia na mídia (V3, p.132, apêndice 7). Ao final de cada capítulo, neste caso, do capítulo de biotecnologia, após a sessão dos exercícios, há uma seção separada para o desenvolvimento de projetos. Neste projeto, os alunos devem montar uma exposição com reportagens sobre temas relacionados à biotecnologia. A ideia é que eles discutam os impactos da biotecnologia na sociedade, discutindo notícias sobre suas aplicações sociais positivas e negativas. O LD sugere que essa exposição seja feita para toda a escola.

Já o tema alterações cromossômicas pode ser visto em quatro trechos de GC encontrados, sendo dois no V1 da coleção AM, um no V1 da SL e um no V1 da SP. Todos eles possuem uma abordagem parecida, em caixa de texto, com textos seguidos de perguntas conduzindo o aluno à reflexão. Como um exemplo a ser destacado, pode-se detalhar o texto

“*Alterações cromossômicas na espécie humana*” em AM (p.161, apêndice 8), o qual traz as alterações estruturais e numéricas, síndromes e, no “guia de leitura”, discute com os alunos porque estaria errado utilizar jargões como aberrações cromossômicas e propõe reflexões sobre a inclusão de pessoas com síndrome de Down na sociedade atual.

O assunto transgênicos foi encontrado em três trechos de GC, dois no V1 e no V3 da coleção do AM e um no V2 da SL. Destes, dois são referentes a exercícios e um deles pode ser destacado, no volume três da AM, (p. 142, apêndice 9). O exercício está entre as questões discursivas do capítulo de “Aplicações do conhecimento genético” e pede para o aluno redigir um texto sobre a polêmica dos organismos transgênicos, utilizando argumentos contra e favor deste assunto.

Já o tema clonagem pode ser visto em dois trechos de GC, apenas no V1 da coleção SP. Destas, uma pode ser destacada na p.21, por se tratar de uma figura da ovelha Dolly clonada em 1997 (apêndice 10). É a única figura que pode ser considerada um trecho de GC nos LDs analisados. Em sua legenda, que contextualiza a clonagem, os autores questionam se na opinião dos alunos seria eticamente aceitável clonar seres humanos.

Em se tratando do assunto origem da espécie humana pode ser encontrado apenas um trecho de GC com este conteúdo, na coleção AM. Este é um exercício dentre as questões discursivas do capítulo da origem das espécies (V3, p.222, apêndice 11) e pede que os alunos entrevistem pessoas de diferentes formações, perguntando se elas conhecem a teoria da evolução, se elas têm alguma hipótese sobre o surgimento da espécie humana, há quanto tempo isso aconteceu, etc. Ao entrevistar cada pessoa, os estudantes precisam perguntar grau de escolaridade, profissão, religião e idade. A ideia é organizar os dados e trazê-los para discutir em sala com os colegas e o professor.

Pode-se observar que os trechos de GC proporcionam aos alunos momentos de reflexão dentro de uma problemática social, onde eles precisam mobilizar conhecimentos científicos adquiridos anteriormente ou precisam buscar estas informações no momento, com o professor, no LD nas caixas de texto, nos capítulos anteriores, nos exercícios que instigam a pesquisa, para posicionar-se a respeito de

questões importantes, que envolvem aspectos biológicos, psicológicos, econômicos, sociais, entre outros. Foi possível reconhecer também aspectos importantes da ACT defendida por Fourez *et. al.* (1997). Dentre os trechos de GC destacados acima, pode-se visualizar tentativas desta ACT nas quais se utiliza os conceitos científicos e valores sociais para o exercício de tomadas de decisões conscientes, reconhece-se que as ciências e as tecnologias possuem um limite e não têm somente aspectos positivos, aplica-se conceitos e teorias científicas, sendo importante saber os conteúdos para embasar as respostas e as discussões, e tenta-se compreender as implicações das tecnologias e as problemáticas de sua utilização.

Em relação à coleção SP, onde muitos trechos de GC aparecem implicitamente, observa-se que o LD não insere o aluno em meio à problemática, ele aborda os questionamentos sociais, embasa teoricamente e busca respostas, podendo desenvolver comunicação e ação, duas finalidades da ACT de acordo com Fourez *et. al.* 1997, mas pode não desenvolver a autonomia, outra finalidade, que está relacionada com os indivíduos poderem tomar decisões conscientes e responsáveis frente a situações problemáticas. Para Alves e Caldeira (2005), é imprescindível que os jovens sejam conduzidos à reflexão e ao posicionamento em sala de aula, pois esta etapa da vida é o início de uma conscientização de referências, que servirá como base para as suas reformulações futuras. Estes autores ainda afirmam que para tudo isso, o trabalho e a formação do professor são muito importantes, o qual deve estimular o aluno à autonomia, ao diálogo, ao debate de ideias, ao trabalho em equipe e à reflexão crítica.

Sobre os conteúdos de Genética encontrados, o trabalho de Sardinha *et al.* (2009) demonstrou, em uma revisão bibliográfica realizada nesta área, que os temas problematizadores e presentes no cotidiano dos alunos são em sua maioria da biologia molecular e da biotecnologia, como técnicas agrícolas, práticas de saúde pública, testes de paternidade, produção de insulina, alimentos transgênicos, organismos geneticamente modificados, técnicas de PCR, sequenciamento do genoma humano, terapia gênica, clonagem de animais, entre outros. Isto concorda com os assuntos encontrados nos trechos de GC, que em sua maioria estavam ligados a esta área. Alguns

autores ainda afirmam que a ACT não é possível, pois para sua efetivação há um número muito alto de conteúdos científicos que os alunos deveriam saber, os quais seriam uma utopia para o ensino básico, porém, mais que um nível elevado de conhecimento, vinculado a um número muito alto de saberes específicos, a educação para a cidadania e a ACT precisam de um número mínimo de conhecimentos, perfeitamente acessíveis, não utópicos (PRAIA *et al.*, 2007).

Observou-se ainda que os trechos de GC proporcionam momentos de ACT ampliada, onde se pode refletir sobre os impactos positivos da ciência e da tecnologia na sociedade, mas também se pode desmistificar sua perspectiva salvacionista e tecnocrática (AULER; DELIZOICOV, 2001).

3.3 Inserção dos trechos de genética cidadã nos livros didáticos

Em relação à localização dos trechos de GC nos LDs, pode-se verificar que tanto em SL, quanto em SP, a maioria deles foi encontrado no V2 e V3, respectivamente, os quais de acordo com as Tabelas 5 e 6 (seção 3.1), trazem o conteúdo de genética. Já em AM, o volume onde mais foram observados trechos de GC corresponde ao V1, onde, de acordo com a Tabela 5, estão os assuntos de história da ciência, origem da vida, bioquímica, biologia celular, citogenética, histologia, reprodução e embriologia.

No caso de AM, pode-se verificar no V3 que as caixas de texto de “Ciência e Cidadania”, onde em geral foram encontrados os trechos de GC, foram substituídas por “Resolvendo problemas de Genética”, os quais ensinam os alunos a resolver problemas de probabilidade. No apêndice 12, podem-se visualizar três exemplos destas caixas de texto. Elas foram encontradas durante todo o capítulo de genética, o que pode ter sido responsável pela diminuição dos trechos de GC encontrados, quando se esperava que eles aumentassem, por estarem na sessão reservada especificamente ao tema. Ao analisar esta substituição das caixas de texto, pode-se indagar sobre a intenção dos autores com o LD, pois os vestibulares em geral cobram do aluno raciocínios matemáticos do conteúdo de genética e observa-se que quase o volume inteiro se voltou à operacionalização deste assunto, o qual é considerado difícil

entre os estudantes e os vestibulandos (CANTIELLO; TRIVELATO, 2003).

Quanto à inserção dos trechos de GC em áreas da Biologia, pode-se verificar que em sua maioria eles estavam ligados à Biologia Celular, Citogenética, Embriologia, Histologia, temas onde conteúdos da Genética não só podem ser encontrados, como também são essenciais para o entendimento dos assuntos. Observaram-se ainda alguns trechos de GC inseridos em outras áreas da Biologia, como no capítulo de introdução à Biologia e no capítulo sobre seres vivos. Destes, alguns podem ser destacados. Por exemplo, em AM (V1, p.29), há uma caixa de texto de “Ciência e Cidadania” no capítulo que introduz a Biologia, as bases do pensamento científico e os procedimentos da ciência. Nesta caixa, há um texto chamado “*Ciência e Tecnologia*” (apêndice 13), o qual aborda diversos assuntos, dentre esses, a engenharia genética e os transgênicos. No “guia de leitura” (p. 31), os autores conduzem os alunos a refletir sobre a ciência, as tecnologias e sobre os organismos geneticamente modificados. Pode-se destacar ainda um exemplo em SP (V2, p.25), inserido no capítulo de Sistemática, na caixa de texto de “Ciência, Tecnologia e Sociedade” (apêndice 14). Na mesma, há uma reportagem que fala sobre a semelhança dos chimpanzés com os humanos e ao final, há uma sessão “*para discutir*”, que questiona se eles serem mais parecidos com nós mudariam questões de preservação ou de utilização destes animais como cobaia. Neste caso, a GC está implícita, pois como já foi descrito anteriormente, ela não insere o aluno em meio à problemática, não pergunta a sua opinião, mas acaba gerando uma reflexão do estudante a respeito do assunto.

Pode-se observar que a Genética está presente ao longo dos três volumes das coleções de Biologia, o que concorda com o trabalho de Sardinha *et al.* (2009). Em geral, no primeiro ano o LD aborda temas como DNA, biologia celular, citogenética e assuntos como hereditariedade, herança mendeliana, herança quantitativa, aplicações da biotecnologia, genética de populações são abordados no terceiro ano, no V3, ou no V2, no caso da coleção SL. Os autores citados anteriormente mostraram que os LDs apresentam estes conteúdos pouco relacionados, onde, por exemplo, a natureza química e estrutural do DNA, abordados no primeiro ano, exibem um considerável afastamento da genética do

terceiro ano. A pouca articulação entre os volumes das coleções podem ser consideradas marcas importantes de fragmentação no ensino de genética (SARDINHA *et al.*, 2009).

3.4 Forma de apresentação dos trechos de genética cidadã nos livros didáticos

Foram encontradas três diferentes formas de apresentação dos trechos de GC nas coleções didáticas: em caixa de texto, em exercício e em figura. Dos 34 trechos observados, 26 correspondem à primeira forma de apresentação (76%), sete correspondem à segunda forma, equivalendo a 21% e um corresponde a última forma de apresentação (3%).

Pode-se visualizar que as três coleções foram bastante homogêneas em relação ao formato da apresentação dos trechos de GC e que prevaleceram as caixas de texto chamadas de “Ciência e Cidadania” em AM, “Temas para a discussão” em SL e “Ciência, Tecnologia e Sociedade” em SP. Todas possuíam textos, de divulgação científica ou de discurso científico escolar, seguidos de perguntas que guiavam as reflexões em torno daquele tema, onde os alunos poderiam utilizar os conteúdos científicos para resolver problemas, se posicionar frente situações hipotéticas, debater com colegas e professores. No caso de SP, a maioria das caixas de texto não buscou explicitamente a opinião do estudante e sua argumentação diante de problemáticas e, desta forma, estes trechos foram considerados como uma GC implícita, pois proporcionam momentos de reflexão e debates, mesmo que não dialoguem diretamente.

Observou-se ainda a inserção de trechos de GC em exercícios e em uma figura. Em relação ao primeiro, viu-se que todos os sete exercícios correspondem ou a questões discursivas, referentes à produção de textos argumentativos, ou a projetos de pesquisa, onde em geral os alunos precisam desenvolver uma temática, fazer entrevistas, que abordam aspectos científicos e sociais relevantes à genética, e apresentar para a sala. Em se tratando da figura, pode-se observar apenas uma nas três coleções didáticas analisadas e a reflexão sobre a polêmica do assunto foi inserida na legenda da mesma.

O fato de ter encontrado a maioria dos trechos de GC em caixas de texto pode ser explicado por Nascimento e Martins (2005). Estas autoras observaram que por conta da mídia, a demanda da atualização dos conteúdos relacionados à Biotecnologia na escola vem aumentando expressivamente a cada dia e que o LD de Ciências, para incluir estes assuntos tipicamente midiáticos, polêmicos, incluiu caixas de texto. Isto concorda com o presente trabalho, pois a maioria dos trechos encontrados aborda assuntos sociais, que já estiveram presentes em jornais e revistas.

Não se pode inferir se é positivo ou negativo para a formação para a cidadania ter encontrado muitos trechos de GC em caixas de texto, pois ao mesmo tempo em que estas podem ser destaques, por suas cores, por sua abordagem textual diferenciada, geralmente com textos de divulgação científica, elas podem também ser consideradas anexos do texto principal, não contribuindo para a integração com os conteúdos curriculares relacionados (NASCIMENTO; MARTINS, 2005). Sendo assim, pode-se apenas observar que não foi encontrado nenhum trecho de GC ao longo do texto principal, o que enfatiza a importância da atividade docente, da formação dos professores inicial e continuada, pois estes são os responsáveis por guiar a atividade em sala de aula, o uso do LD e conduzir as reflexões necessárias à formação do aluno.

3.5 Análise da seção de apresentação dos livros didáticos

A seção de apresentação de cada LD está localizada antes do seu sumário e possui informações sobre as seções do livro, sobre os assuntos abordados em cada volume, sobre os capítulos e sobre os objetivos dos autores para com a obra. Em geral, ela é escrita em tom pessoal e dialoga com o leitor. Não podemos afirmar se os autores destas apresentações são os próprios autores principais ou aqueles que se encontram na ficha catalográfica, pois, normalmente, verificou-se nos LDs analisados que a apresentação é assinada com “*Os Autores*” (AM e SL). Esta seção na coleção SP não é assinada: há apenas, após o texto, a menção “*Bons Estudos*”.

Na seção de apresentação, pode-se observar que as coleções SL e SP possuem o mesmo texto para os três volumes. Já em AM, foram

visualizadas pequenas modificações textuais, as quais contextualizavam os assuntos que são abordados nos respectivos volumes. A seguir são mostrados recortes da apresentação de cada coleção.

Na apresentação dos três volumes de AM, pode-se encontrar as seguintes intenções:

“Conhecer natureza da vida é importante para o exercício pleno da cidadania (...). A Biologia é desafiadora, pois há muitos conceitos e processos a compreender, o que exige dedicação e paciência (...). O quadro ciência e cidadania ajuda na compreensão do poder da ciência e da maneira como ela está presente em nossas vidas (...). Faça as atividades propostas e teste os seus conhecimentos (...). Além de se sentir seguro e preparado para provas e exames, você passará a ter uma visão mais ampla da natureza (...).” (AMABIS; MARTHO, 2010).

Já no V3, pode-se observar considerações a respeito do conteúdo de Genética, no trecho que aborda:

“(...) No século XX, a Genética foi um dos campos que mais avançou: elucidou-se a natureza do material hereditário e decifrou-se o mecanismo de codificação genética (...).” (AMABIS; MARTHO, 2010).

A análise da seção de apresentação pode ajudar para o melhor entendimento dos resultados encontrados. Por exemplo, quando os autores definem o quadro “Ciência e Cidadania” como auxílio para

entender o poder da ciência e a forma como ela está presente no cotidiano, isto concorda com o que foi encontrado no presente trabalho e com a pesquisa de Nascimento e Martins (2005), destacada no item 3.4, onde os temas sociais e midiáticos foram observados nos LDs em caixas de texto, pois é nestas últimas que se encontra a ciência em meio às problemáticas sociais. Outro exemplo de como a apresentação dos LDs pode explicar os resultados encontrados, é que ao dizer que os alunos devem fazer as atividades propostas para testar os conhecimentos e que isto também vai fazer eles se sentirem seguros para provas e exames, os autores podem conferir um foco ao LD também para o vestibular e isto pode esclarecer a substituição do quadro de “Ciência e Cidadania”, pelo quadro “Resolvendo problemas de Genética” no V3 da coleção. Neste contexto, também se verificou no texto principal dos LDs, foco no discurso científico escolar, importantes atualmente para o vestibular, e outras abordagens, como a de GC, ficaram quase que restritas a caixas de texto, margeando os textos principais.

Já em SL encontrou-se a seguinte apresentação nas três coleções:

"(...) Cada vez mais avanços na área da Biologia têm permitido melhorar a qualidade do meio ambiente, aumentar a oferta de alimentos, aprimorar as condições de saúde humana, desvendar os mecanismos que regem a vida (...) Nossa proposta é introduzi-los no universo biológico, abrindo espaços para reflexão e desenvolvimento do espírito crítico e de valores voltados para a cidadania (...) Ao final de cada unidade, selecionamos alguns testes do ENEM para você se familiarizar com o estilo dessas provas e aproveitar para aprender ainda mais (...) Os capítulos

contêm diferentes tipos de atividades: os temas para discussão são textos seguidos de questões, para vocês aplicarem o que aprenderam solucionando problemas; aplicando e integrando conhecimentos são questões diversificadas para desenvolver as diferentes competências e habilidades do novo ENEM... Mesmo sendo um livro completo, ele não substituí os professores (...)" (ROSSO; LOPES, 2010).

Em relação a esta coleção, pode-se observar que a definição das caixas de texto “Temas para Discussão”, como sendo um espaço onde o aluno pode aplicar o que aprendeu solucionando problemas, pode corresponder à definição de GC e isto condiz com os resultados encontrados, pois foi neste local onde foi observada a maior parte dos trechos destacados nestes volumes. Foi possível visualizar também bastante ênfase no desenvolvimento das competências e habilidades do ENEM, o que pode ter influenciado nos resultados encontrados, pois alguns exercícios em torno desta intenção foram destacados como trechos de GC. Ou seja, as questões para o desenvolvimento de competências e habilidades do ENEM e as caixas de texto “Temas para Discussão” foram os principais locais onde foram encontrados trechos de GC e observaram-se nestes espaços, trechos que seriam de formação para a cidadania relacionados a outras áreas da Biologia, como Zoologia, Ecologia, Botânica, dentre outras. Assim como em AM, nos demais espaços do LD, principalmente no texto principal, o discurso científico escolar é o principal foco dos livros, o qual tem importante papel, pois só se consegue debater sobre questões científicas quando se tem conhecimento sobre elas e quando se entende seus funcionamentos (FOUREZ *et. al.*, 1997). Mas este tipo de discurso ainda é priorizado em detrimento aos demais e apresenta-se de forma isolada. Não se observou nenhuma relação no texto principal, entre os discursos científico escolar e a formação para a cidadania. Durante as análises da GC, por exemplo,

estes estavam sempre separados, como anexos, não haviam nem indicações de leituras para as caixas de texto no texto principal.

Na apresentação da coleção SP pode-se observar:

"Certamente você já ouviu falar em engenharia genética, na conservação do meio ambiente, nos avanços da medicina, na fertilização in vitro, nos alimentos transgênicos e na biodiversidade. Esses são alguns temas importantes da Biologia. Assim, conhecê-la significa entender melhor de assuntos que fazem parte da nossa vida e também poder refletir de modo mais qualificado sobre o mundo em que vivemos (...) as questões éticas, as interferências ambientais que afetam a sobrevivência do planeta, as novas possibilidades da tecnologia - tudo isso propõe questionamentos (...). Esperamos contribuir não somente para aquisição de conteúdos formais pelos estudantes, mas também para ajudá-los a serem cidadãos mais participativos e atuantes."
(SANTOS *et. al.*, 2010).

Primeiramente, podem-se destacar temas como engenharia genética, fertilização *in vitro* e transgênicos na apresentação dos três volumes da coleção, não somente no V3, livro onde se insere o conteúdo de genética efetivamente. Como segunda observação, visualiza-se que esta é a única apresentação que mostra preocupação também com aspectos negativos da ciência. Em SL, por exemplo, vê-se concepções de ciência em uma perspectiva salvacionista:

"(...) Cada vez mais avanços na área da Biologia têm permitido melhorar a qualidade do meio ambiente, aumentar a oferta de alimentos, aprimorar as condições de saúde humana, desvendar os mecanismos que regem a vida."
(ROSSO; LOPES, 2010).

De acordo com Auler e Delizoicov (2001), nesta perspectiva salvacionista tem-se a ideia que ciência e a tecnologia conduzem ao progresso e ao bem estar social, são criadas para tornar a vida mais fácil e para solucionar os problemas da sociedade, como se elas fossem um processo neutro, sem deixar impactos nas estruturas sociais onde atuam. Quando os autores da coleção SP falam sobre entender melhor os assuntos que fazem parte da nossa vida e refletir sobre o mundo em que vivemos, sobre as questões éticas, interferências ambientais que afetam o planeta, as novas possibilidades da tecnologia, e afirmam que tudo isto propõe questionamentos, pode-se inferir que eles estejam buscando também debater sobre as reflexões sobre ciência e tecnologia em uma perspectiva mais ampliada, relacionando seus impactos positivos com os negativos.

Pode-se observar que SP foi a coleção que mais apresentou trechos de GC, correspondendo a 41% do total dos trechos encontrados e que em sua maioria, os trechos buscam, assim como os autores declararam na apresentação dos LDs, debater sobre as questões sociais da ciência, seus aspectos positivos e negativos. Como exemplos, pode-se apontar o apêndice 4, que ao debater sobre os efeitos das radiações no DNA aborda os exames radiológicos e suas consequências para mulheres grávidas. Neste ponto de discussão, o LD abre espaço para a reflexão do avanço da ciência na área da saúde, sobre a importância dos exames radiológicos, mas também traz aspectos negativos, como a agressão das radiações destes exames, quem pode usá-los, seus impactos, dentre outros aspectos. Outro exemplo, é o projeto de "Biotecnologia na mídia" (apêndice 7): aqui, o exercício insere uma reflexão sobre a biotecnologia na vida das pessoas, através de notícias

da mídia, onde os próprios alunos são responsáveis por selecionar, explicar e debater sobre o assunto escolhido.

Outros exemplos estão relacionados no apêndice 6. Assim, podemos considerar que, mesmo que a coleção SP tenha apresentado trechos de GC de forma implícita (como já foi discutido anteriormente, onde os trechos muitas vezes não inserem o aluno em meio à discussão e não questionam a sua opinião), os LDs, através dos trechos de GC que analisei, fornecem abertura para uma discussão ampliada da ciência. Assim como AM e SL, nos textos principais também houve a priorização do discurso científico escolar isolado, com uma exceção: a figura da ovelha Dolly (apêndice 10). Ela está inserida em meio ao texto principal e há citação no mesmo para análise da figura.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve o objetivo de identificar, caracterizar e discutir a presença da GC em coleções didáticas de Biologia, com os seguintes objetivos específicos: identificar os LDs mais utilizados pelos estudantes de ensino médio da rede estadual de Florianópolis, identificar trechos de GC nos LDs, elaborar critérios para a caracterização e análise da GC nos LDs e analisar os LDs a partir dos critérios elaborados.

Em relação aos LDs de Biologia utilizados pelos estudantes da rede estadual de Florianópolis, pode-se observar que dos quase 10.400 alunos matriculados nas 25 instituições educacionais, 3.434 alunos possuem a coleção SL (33%), 2.992 alunos possuem a AM (29%), 1.520 alunos possuem a SP (14%), 1.122 alunos possuem a SF (11%), 1.072 alunos possuem a PGM (10,5%) e 260 alunos possuem a NB (2,5%). Em se tratando do segundo objetivo específico, foram identificados 34 trechos de GC. Estes foram analisados a partir dos critérios de análise, os quais foram reunidos em dois aspectos principais: 1) Caracterização das coleções didáticas e 2) Caracterização dos trechos de GC. O primeiro aspecto agrupou quatro critérios: a) Número de páginas por volume e por coleção, b) Distribuição de conteúdo por volume, c) Formação dos autores principais e d) Seção de apresentação do LD. Já o segundo aspecto reuniu três critérios de análise: a) Assuntos de Genética presentes no trecho destacado no LD, b) Inserção do trecho nos conteúdos do LD e c) Forma de apresentação do trecho no LD.

Procurou-se encontrar trechos de GC onde os alunos seriam conduzidos à reflexão sobre problemáticas da sociedade relacionadas à ciência e a tecnologia e à utilização dos conhecimentos científicos de Genética para o posicionamento e para discussão de temas socialmente relevantes, pensando a formação para a cidadania, sob o olhar da ACT. Neste contexto, foram encontrados trechos de GC explícitos e implícitos. Os explícitos possuíam indicadores das três finalidades da ACT proposta por Fourez *et. al.* (1997) que são a autonomia, a comunicação e a ação, já detalhadas anteriormente. Já os trechos de GC implícitos possuíam possibilidades de reflexão, abordagem da GC, discussão, porém não inseriam o aluno em meio à problemática, não perguntavam sua opinião, o que por si só, pode não levar a autonomia.

Mesmo assim, os trechos implícitos não perdem sua importância, pois fornecem ao professor bons subsídios para inserir assuntos sociais e polêmicos em sala de aula, os quais podem ser utilizados para debates, reflexões, discussões e o docente pode inserir o aluno naquele contexto, buscando que ele desenvolva sua opinião baseado em conteúdos e outros aspectos.

Os trechos de GC puderam ser encontrados ainda, em sua maioria, em caixas de texto, mas também foram vistos em exercícios e em figura. Isto pode ser explicado ao pensar-se que a maioria dos trechos de GC está vinculada aos conteúdos midiáticos, sociais e atuais da Genética e os LDs, como uma forma de atualização, frequentemente inserem estes temas em caixas de texto, como apêndices em destaque, sem necessariamente estabelecer vínculos com o texto principal (NASCIMENTO; MARTINS, 2005).

As três coleções didáticas analisadas mostraram ainda uma similaridade na distribuição dos trechos de GC, sendo quatorze em SP, onze encontrados em AM e nove em SL. Observou-se que os três volumes das coleções possuíam trechos de GC, principalmente aqueles que possuíam o capítulo do conteúdo de Genética, seguidos por aqueles que tinham os capítulos de Biologia Celular, Bioquímica, Embriologia, Histologia, Citogenética. A coleção AM foi uma exceção. Seu V3, onde se encontra o capítulo destinado ao assunto de Genética, possui menos trechos de GC que o V1, onde se encontram os capítulos de Biologia Celular, Bioquímica, Histologia e Citogenética. No último volume da coleção, houve a substituição das caixas de texto de “Ciência e Cidadania”, onde a maior parte dos trechos de GC era encontrada, por “Resolvendo Problemas de Genética” e isto pode ter influenciado na diminuição dos trechos visualizados. Observando este resultado e a apresentação da coleção AM, pode-se inferir uma preocupação em formar o estudante para o vestibular. Isto porque as questões encontradas nas caixas de texto “Resolvendo Problemas de Genética” são bastante relacionadas à operacionalização destes conteúdos, a questões de probabilidade, as quais são muito encontradas nos vestibulares (CANTIELLO; TRIVELATO, 2003) e quando os autores dizem na apresentação dos LDs que, ao resolver os exercícios e os

testes, os alunos estarão preparados para provas e exames, eles também destacam esta como uma das intenções da coleção.

Pode-se observar também que, em todas as apresentações das coleções didáticas, a expressão formação para a cidadania estava presente, porém somente em SP viu-se uma intencionalidade de perspectiva de ACT ampliada, objetivando debater ciência e tecnologia em seus diversos ângulos, podendo desconstruir a ideia salvacionista e tecnocrática que se pode ter das mesmas. Porém, cabe ressaltar que, mesmo SP sendo a coleção onde mais foram encontrados trechos de GC, e onde em sua maioria havia espaços para debater sobre ciência e tecnologia em uma perspectiva de ACT ampliada, nos trechos de GC das outras coleções, também foi possível verificar aberturas para estas reflexões, embora com menor frequência.

Destaca-se que somente aproximadamente 1% das páginas dos LDs analisados trazem a abordagem de GC, o que já poderia ser considerado pouco pensando que este trabalho procurou a mesma nos três volumes das coleções. Porém, o maior problema a ser assinalado não é a quantidade dos trechos; ainda mais considerando que foram analisados somente assuntos da área de Genética (e que, durante as análises, foram visualizados conteúdos de outras áreas em uma abordagem cidadã). O que se destaca como principal aspecto negativo é a falta de integração entre texto principal e caixas de texto, onde foram encontrados a maior parte dos trechos analisados. Em todos os LDs, observou-se que o texto principal prioriza o discurso científico escolar e em torno dele ficam soltas caixas de texto, sem quaisquer indicações para leitura. Estas caixas trazem abordagens diferenciadas de ensino, temas midiáticos, assuntos polêmicos, fugindo, assim, e um pouco, do conteúdo dito tradicional. Acredito que os trechos de GC encontrados abrem espaços para ótimas discussões em sala de aula, para desenvolvimento crítico a respeito da ciência e tecnologia, para uma ACT na perspectiva ampliada e para a reflexão a respeito dos conteúdos de Genética em meio as suas implicações sociais. Porém, isto poderia ser feito também no texto principal, refletindo naquele espaço sobre questões do discurso científico escolar, não deixando que isto fique restrito às caixas de texto, aos exercícios, que funcionam apenas como

anexos, pois, neste caso, não há indicações para que seja feita a leitura dos mesmos, ficando este a cargo do professor ou em função do acaso.

É importante destacar que o presente trabalho exemplificou alguns dos trechos de GC analisados, discutiu os principais conteúdos de Genética encontrados, onde estavam estes trechos, de que forma, qual era o objetivo das coleções didáticas. Porém, assim como expresso na coleção de SL, acredito que os LDs não substituem o trabalho do professor. Este deve possuir autonomia na sua prática pedagógica para selecionar os conteúdos nos LDs ou fora deles, para escolher a forma de utilização dos livros, para determinar o enfoque do conteúdo ou a metodologia utilizada, desde que, estes estejam de acordo com o Projeto Pedagógico da escola. Neste contexto, espero que a presente pesquisa possa contribuir para a utilização do LD em uma abordagem cidadã: a perspectiva aqui utilizada para a Genética pode ser generalizada a outros assuntos da área da Biologia. Talvez este trabalho possa auxiliar também na elaboração de critérios de análise dos LDs.

A análise realizada e os resultados obtidos geram outras questões de pesquisa, como, por exemplo, a influência do vestibular nos LDs e no currículo do ensino médio, ou ainda, sobre a efetividade da ACT em salas de aula para a formação para a cidadania.

REFERÊNCIAS

ALVES, S. B. F.; CALDEIRA, A. M. A. *Biologia e Ética: um estudo sobre a compreensão e atitudes de alunos do ensino médio frente ao tema genoma/DNA. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, n. 1, p. 19-32, 2005.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia**. 3 ed. São Paulo: Moderna, SP, 2010.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v.3, n. 1, p. 1-13, 2001.

BIZZO, N. **Novas Bases da Biologia**. 1 ed. São Paulo: Ática, 2010.

BONZANINI, T. K.; BASTOS, F. Concepções de alunos do ensino médio sobre clonagem, organismos transgênicos e projeto genoma humano. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru, SP. **Anais**. CD-ROM.

BRASIL. **Lei n. 5.692, Diretrizes e bases da educação nacional, de 11/08/1971**. São Paulo: Imesp, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/15692.htm>. Acesso em: 13 out. 2013.

BRASIL. **Lei n. 9.394, Diretrizes e bases da educação nacional, de 20/12/1996**. Brasília: Editora do Brasil, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm> Acesso em: 13 out 2013.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, de 26/06/1998**. Brasília: Editora do Brasil, 1996. Disponível em: <portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb03_98.pdf>. Acesso em: 26 out 2013.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio (PCNEM): Bases legais**. Brasília: Ministério da Educação, 2000a. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?id=12598:publicacoes&option=com_content&view=article>. Acesso em: 13 out. 2013.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio (PCNEM): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2000b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?id=12598:publicacoes&option=com_content&view=article>. Acesso em: 13 out. 2013.

BRASIL. PCN + Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2003a. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2013.

BRASIL. Resolução nº 38, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, de 15/10/2003. Brasília: Ministério da Educação, 2003b. Disponível em <<http://www.fnde.gov.br/index.php/pnld-legislacao>>. Acesso em: 13 out. 2013.

BRASIL. Decreto nº 7.084, programas de materiais didáticos, de 27/01/2010. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7084.htm>. Acesso em: 12 nov. 2013.

BRASIL. Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Brasília: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2011. Disponível em <<http://www.fnde.gov.br/index.php/pnld-apresentacao>>. Acesso em: 13 out. 2013.

BRASIL. Histórico do Ministério da Educação. Brasília: Ministério da Educação, 2012a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=1164>. Acesso em: 13 de out. de 2013.

BRASIL. Programa Nacional do Livro Didático - Ensino Médio (PNLD). Brasília: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2012b. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/index.php/pnld-consultas>>. Acesso em: 13 out. 2013.

BRASIL. **Guia do Livro Didático de Biologia do Programa Nacional do Livro Didático - Ensino Médio (PNLD)**. Brasília: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2012c. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/guia-do-livro/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-m%C3%A9dio>>. Acesso em: 22 set. 2013.

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. A genética humana no ensino médio: algumas propostas. **Genética na escola**, v.2, n.2, p. 14-16, 2007.

CANTIELLO, A. C.; TRIVELATO, S. L. F. Dificuldades de vestibulandos em questões de Genética. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 4, 2003, Bauru, SP. **Anais**. CD-ROM.

CASSAB, M.; MARTINS, I. Significações de professores de ciências a respeito do livro didático. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.10, n.1, p. 1-24, 2008.

COLINVAUX, D. Aprendizagem: as questões de sempre, a pesquisa e a docência. **Ciência em Tela**, v.1, n.1, p.1-11, 2008.

CORSINI, A. M. A.; GALVÃO, V. S. A perspectiva didática em livros de Ciências e a formação científica voltada para o exercício da cidadania. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis, SC. **Anais**. CD-ROM.

DIAS, S. Genética na escola tem ritmos próprios. **Com Ciência**, n. 41, 2003.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: Uma análise crítica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.6, n.1, p.1-12, 2004.

FOUREZ, G.; ENGLEBERT, L.; GROOTAERS, D.; MATHY, P.; TILMAN, F. **Alfabetización Científica y Tecnológica acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. 1 ed. Buenos Aires: Colihue, 1997.

FRACALANZA, H. Histórias do ensino de Biologia no Brasil. In: **Ensino de Biologia: histórias, saberes e práticas formativas**. Uberlândia: Editora Edufu, 2009.

FREITAG, B.; MOTTA, R.; COSTA, W. F. **O estado da arte do livro didático no Brasil**. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP). Brasília: Reduc, 1987.

GUIMARÃES, M. A.; CARVALHO, W. L. P.; OLIVEIRA, M. S. Raciocínio moral na tomada de decisões em relação à questões socio-científicas: o exemplo do melhoramento genético humano. **Ciência e Educação**, v.16, n.2, p.465-477, 2010.

HOFLING, H. M. Notas para a discussão quanto à implementação de programas de governo: em foco o Programa Nacional do Livro Didático. **Educação e Sociedade**, ano XXI, n.70, p.159-170, 2000.

KRASILCHIK, M. Reformas e Realidade: o caso do ensino de Ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v.14, n.1, p. 85-93, 2000.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: Editora Edusp, 2008.

LINHARES, S. V.; GEWANDSNAJDER, F. **Biologia Hoje**. 1 ed. São Paulo: Ática, 2010.

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

MELO J. R.; CARMO, E. M. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Ciência & Educação**, v.15, n.3, p.593-611, 2009.

MENDONÇA, L.; LAURENCE, J. **Biologia**. 1 ed. São Paulo: Nova Geração, 2010.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 11 ed. São Paulo: HUCITEC, 2008.

NASCIMENTO, G. G. O.; CARNEIRO, M. H. S. O Livro Didático e a Prática Pedagógica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru, SP. **Anais**. CD-ROM.

NASCIMENTO, T. G.; MARTINS, I. O Texto de Genética no livro didático: uma análise retórico crítica. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.10, n.2, p.255-278, 2005.

PEZZI, A.; GOWDAK, D. O.; MATTOS, N. S. **Biologia**. 1 ed. São Paulo: FTD, 2010.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da Ciência na educação para a cidadania. **Ciência e Educação**, v.13, n.2, p.141-156, 2007.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. Os parâmetros curriculares nacionais para as ciências do ensino médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores. **Investigação no Ensino de Ciências**, v.13, n.3, p.257-274, 2008.

RODRIGUES, L. Z. **A incidência de experimentos didático-científicos na estruturação de livros didáticos de Biologia do PNLD para o ensino médio**. Monografia (Iniciação Científica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2012.

ROSA, D. C.; TERRAZZAN, E. A. Ensinando Ciências Naturais numa perspectiva de alfabetização científico-tecnológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3, 2001, Atibaia, SP. **Anais**. CD-ROM.

ROSSO, S.; LOPES, S. **Bio**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

SANTOS, F. S.; AGUILAR, J. B. V.; OLIVEIRA, M. M. A. **Ser Protagonista - Biologia**. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2010.

SANTOS, M. E. V. M. Ciência Cidadã. Uma via para a educação cidadã. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis, SC. **Anais**. CD-ROM.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. Função social, o que significa ensino de química para formar o cidadão? **Pesquisa no Ensino de Química**, n.4, p.28-34, 1996.

SARDINHA, R.; FONSCCECA, R.; GOLDBACH, T. O que dizem os anais dos encontros nacionais de pesquisa em ensino de Ciências sobre o ensino de Genética. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis, SC. **Anais**. CD-ROM.

SILVA-JÚNIOR, C.; SASSON, S.; JÚNIOR-CALDINI, N. **Biologia**. 10 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

SILVA, R. M.; TRIVELATO, S. L. F. Os livros didáticos de Biologia do século XX. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2, 1999, Valinhos, SP. **Anais**. CD-ROM.

SOUZA, A. F.; FARIAS, G. B. Percepção do conhecimento dos alunos do ensino médio sobre transgênicos: concepções que influenciam na tomada de decisões. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.6, n.1, p.21-32, 2011.

THEODORO, M. E. C.; KASSEBOEHMER, A. C.; FERREIRA, L. H. Os aspectos sócio-culturais e teórico-metodológicos recomendados pelo PCNEM: as contribuições dos livros didáticos de Química para os objetivos do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.11, n.2, p. 161-182, 2011.

TIEDEMANN, P. W. Conteúdos de química em livros didáticos de ciências. **Ciências & Educação**, v.5, n.2, p.15-22, 1998.

TOTI, F. A.; PIERSON, A. H. C; SILVA, L. F. Diferentes perspectivas de cidadania presentes nas discussões atuais em defesa da abordagem CTS na educação científica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis, SC. **Anais**. CD-ROM.

VILAS-BOAS, A. Conceitos errôneos de Genética em livros didáticos do ensino médio. **Genética na Escola**, v.1, n.1, p.9-11, 2006.

VILANOVA, R. Discursos de cidadania e educação em Ciências nos Livros Didáticos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.15, n.2, p.141-154, 2013.

XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A. S.; MORAES, M. O. A nova (moderna) Biologia e a Genética nos livros didáticos de Biologia no Ensino Médio. **Ciências & Educação**, v.12, n.3, p.275-289, 2006.

APÊNDICES

Apêndice 1: Diversidade geográfica humana e “raças” (AM, V3, 1/3)

CIÊNCIA
E CIDADANIA

Receita para uma humanidade desracializada

Neste quadro reproduzimos parte do artigo do Prof. Sergio Danilo Pena, Professor Titular do Departamento de Bioquímica e Imunologia da Universidade Federal de Minas Gerais.

[...]

Diversidade geográfica humana e “raças”

- 1 Quando estudamos os seres humanos, também observamos uma grande diversidade morfológica, que pode ser descrita em dois níveis diferentes. O primeiro é o nível interpessoal, a diversidade que distingue uma pessoa da outra na mesma população e que está intimamente ligada à identidade individual. O segundo é o nível interpopulacional, ou seja, a diversidade morfológica que caracteriza populações, especialmente grupos de diferentes continentes.
- 2 A segunda diversidade é relevante, pois historicamente tem servido de base para a divisão da humanidade em “raças”. A mais influente proposta neste sentido foi a do antropólogo alemão Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840). Em seu livro *De generis humani varietate nativa* (“Das variedades naturais da humanidade”) propôs a existência de cinco principais “raças” humanas: a caucasóide, a mongolóide, a etiópica, a americana e a maláia.
- 3 A “raça” que incluía os nativos da Europa, Oriente Médio, Norte da África e Índia foi chamada “caucasóide”, porque Blumenbach achava que o “tipo” humano perfeito era encontrado nos habitantes das montanhas do Cáucaso. Essa classificação persistiu até o século XX, quando foi demonstrado, como veremos a seguir, que é impossível separar a humanidade em categorias raciais biologicamente significativas, independentemente do critério adotado.

Diversidade genômica humana

- 4 A descrição das variabilidades morfológicas interpessoal e interpopulacional pertence à esfera das aparências, ao mundo fenotípico. Se agora penetrarmos no mundo genômico, o quadro muda consideravelmente. Subjacente à individualidade morfológica das pessoas realmente existe uma individualidade genômica absoluta. Estudos em DNA demonstram que cada ser humano é genômica e geneticamente diferente de todos os outros, com exceção de gêmeos idênticos.
- 5 No entanto, a representação genômica da variabilidade entre os grupos humanos dos diferentes continentes – ou seja, as ditas “raças” humanas – é muito pequena. As características físicas desses grupos na realidade representam adaptações morfológicas ao meio ambiente, sendo assim produtos da seleção natural agindo sobre um pequeno número de genes.
- 6 Acredita-se, por exemplo, que dois fatores seletivos servem para adaptar a cor da pele aos níveis de radiação ultravioleta do ambiente geográfico: a destruição do ácido fólico quando é excessiva e a falta de síntese de vitamina D3 na pele quando ela é insuficiente. A cor da pele é determinada pela quantidade e tipo do pigmento melanina na derme, que são controlados por poucos genes (de quatro a seis), dos quais o mais importante parece ser o gene do receptor do hormônio melanotrófico.
- 7 Da mesma maneira que a cor da pele, outras características físicas externas como o formato da face, da fissura palpebral, dos lábios, do nariz e a cor e a textura do cabelo são traços literalmente superficiais. Embora não conheçamos os fatores geográficos locais responsáveis pela seleção dessas características, é razoável assumir que esses traços morfológicos espelhem adaptações ao clima e outras variáveis ambientais de diferentes partes da Terra.
- 8 Assim como a cor da pele, essas características físicas das porções expostas do corpo dependem da expressão de poucos genes. Resumo da ópera: as diferenças icônicas das chamadas “raças” humanas correlacionam-se bem com o continente de origem, mas dependem de uma porção ínfima dos cerca de 25.000 genes estimados do genoma humano. ▶

Capítulo B - Origem das espécies e dos grandes grupos de seres vivos



219

Apêndice 1: Diversidade geográfica humana e “raças” (AM, V3, 2/3)

⁹ Em outras palavras, pode parecer fácil distinguir fenotipicamente um europeu de um africano ou de um asiático, mas tal facilidade desaparece completamente quando procuramos evidências dessas diferenças “raciais” no genoma das pessoas. As diferenças entre os grupos humanos continentais – ou seja, o que se costumava chamar “raças” humanas – estão literalmente à flor da pele!

¹⁰ Em uma conferência proferida em 2004 na Universidade de Berkeley (EUA), o brilhante geneticista norte-americano Richard Lewontin (1929-) fez uma importante observação a respeito dos níveis de diversidade humana. Uma marca de preconceito é ver a humanidade em termos apenas interpopulacionais, ou seja, a inabilidade de reconhecer em outros grupos “raciais” a individualidade de cada pessoa. Isto é frequentemente expresso na frase: “eles parecem todos iguais, mas nós somos todos diferentes uns dos outros”. Ao ser negada a individualidade dos membros de outros grupos, eles são objetivados, desumanizados. É igual dizer: “eu sei a ‘raça’ a que ele(a) pertence, portanto já sei tudo que é possível saber a respeito dele(a)”.

A inexistência biológica de “raças” humanas

¹¹ É possível saber qual proporção da variabilidade genômica humana ocorre em nível interpessoal (dentro das populações) e qual proporção é interpopulacional (entre as populações)? A resposta é *sim*. Em 1972, Lewontin compilou da literatura científica as frequências alélicas de 17 polimorfismos genéticos clássicos disponíveis na época (incluindo grupos sanguíneos, proteínas séricas e isoenzimas) de diferentes populações. A partir desses dados, ele agrupou as diferentes populações em “grupos raciais” definidos de acordo com Blumenbach e calculou a diversidade dentro desses grupos e entre eles.

¹² O resultado foi que 85,4% da diversidade alélica ocorria dentro das próprias populações, 8,3% entre as populações de uma mesma “raça” e apenas 6,3% entre as chamadas “raças”!!! Recentemente, nosso grupo de pesquisa na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), trabalhando com 40 polimorfismos de inserção-deleção de DNA em 1064 indivíduos de todo o globo, confirmou amplamente os resultados de Lewontin (este estudo foi publicado no periódico *Annals of Human Genetics*).

¹³ A constatação de que uma parte muito pequena da variação genômica humana ocorre entre as supostas “raças” leva necessariamente à conclusão de que elas não são significativas do ponto de vista genético ou biológico. Duas outras linhas separadas de pesquisa dão suporte científico a essa inexistência de “raças” humanas. A primeira é a constatação de que a espécie humana é muito jovem e seus padrões migratórios demasiadamente amplos para permitir uma diferenciação e consequentemente separação em diferentes grupos biológicos que pudessem ser chamados de “raças”. A segunda é a observação de que uma proporção pequena de todos os alelos de polimorfismos humanos é vista em apenas um continente, ou seja, a vasta maioria da variabilidade genômica é compartilhada entre as chamadas “raças”.

Por uma humanidade desracializada

¹⁴ O fato assim cientificamente comprovado da inexistência das “raças” deve ser absorvido pela sociedade e incorporado às suas convicções e atitudes morais. Uma postura coerente e desejável seria a construção de uma sociedade desracializada, na qual a singularidade do indivíduo seja valorizada e celebrada. Temos de assimilar a noção de que a única divisão biologicamente coerente da espécie humana é em bilhões de indivíduos e não em um punhado de “raças”.

¹⁵ Há um poema atribuído ao romano Virgílio (70 a.C.-19 a.C.) no qual ele descreve a feitura do *moretum*, uma massa não fermentada, assada, recheada com vinagre e azeite, coberta com fatias de alho e cebola crua (há quem acredite que o *moretum* é um dos precursores da pizza). Na receita, Virgílio descreve como as várias cores dos diferentes ingredientes vão se mesclando e se unindo: *It manus in gyrum: paulatim singula vires deperdunt proprias; color est et pluribus unus*. (Minha tradução: Sua mão se move em círculos, até que um por um eles perdem seus próprios poderes, e, entre tantas cores, uma única emerge).



Apêndice 1: Diversidade geográfica humana e “raças” (AM, V3, 3/3)

¹⁶ Nesta época atual de conflitos de civilizações e recrudescimento de ódio étnico e racismo, precisamos esquecer as diferenças superficiais de cor entre os grupos continentais (vulgos “raças”) e por trás da enorme diversidade humana distinguir uma espécie única composta de indivíduos igualmente diferentes e irmãos. *Color est e pluribus unus.*

Fonte: PENA, S. D. Receita para uma humanidade desracionalizada. *Ciência Hoje*, 2009. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/receita-para-uma-humanidade-desracionalizada> (acesso em: mar. 2010)

GUIA DE LEITURA

No artigo, do qual omitimos os dois parágrafos introdutórios, o Prof. Pena discute a tese da inexistência das “raças” humanas. Uma vez que a questão racial tem sido um dos motivos de perseguições e ódio entre seres humanos, a leitura do artigo do Prof. Pena pode ajudar-nos a refletir sobre esse importante tema. A seguir, apresentamos um roteiro para orientar essa tarefa.

1. Leia o primeiro parágrafo e indique quais são os dois níveis de diversidade morfológica comentados. Para ajudar sua reflexão, pense nisto: você como indivíduo (nível interpessoal) e também como parte de um grupo populacional (nível interpopulacional).
2. No segundo e no terceiro parágrafos, o autor apresenta e comenta a divisão clássica da humanidade em “raças”. Informe-se sobre isso. Se você já ouviu alguma menção a algumas dessas “raças”, escreva um comentário. Note que o Prof. Pena sempre escreve o termo “raça” entre aspas, antecipando sua opinião sobre o assunto que será tratado no artigo.
3. Leia o quarto parágrafo que faz parte do item *Diversidade genômica humana*. Em sua opinião, qual é o argumento central? Resuma-o em uma frase.
4. No quinto parágrafo, o Prof. Pena comenta que a variedade genômica entre as ditas “raças” humanas é muito pequena. O que ele quer dizer com isso, no contexto do parágrafo e do texto? Eventualmente, você poderá rever esta resposta, se encontrar outras informações relevantes a respeito no texto a seguir.
5. Informe-se, no sexto parágrafo, sobre a relação adaptativa entre a cor da pele e o ambiente geográfico em que evoluíram e se adaptaram as populações humanas. Analise cuidadosamente o texto do autor. Note que a adaptação que previne a destruição do ácido fólico pelo excesso de UV, em regiões tropicais e subtropicais, consiste na produção de mais melanina na pele, originando pele mais escura; em regiões temperadas e com menor índice de radiação UV, o fator seletivo é a síntese de vitamina D na pele, que requer UV; a adaptação às regiões temperadas consistiu na produção de menor quantidade de melanina, resultando em pele mais clara.
6. Leia o sétimo e o oitavo parágrafos e responda: qual é o argumento central? Resuma-o em uma frase.
7. No nono parágrafo, o autor afirma que as “diferenças entre os grupos humanos continentais – ou seja, o que se costumava chamar “raças” humanas – estão literalmente à flor da pele!”. O que você acha que ele quer dizer com isso?
8. Leia o décimo parágrafo do artigo, que cita o geneticista Richard Lewontin e comenta como a divisão da humanidade em “raças” pode dar margem à preconceitos. Escreva um pequeno trecho sobre o que achou mais interessante no parágrafo.
9. Leia os parágrafos 11 e 12, no item *A inexistência biológica de “raças” humanas*. Neles, o autor apresenta os trabalhos de Lewontin e de seu grupo de pesquisadores brasileiros sobre o nível em que ocorre a variabilidade das chamadas “raças” humanas de acordo com a divisão de Blumenbach. A que conclusões eles chegaram?
10. Leia o parágrafo 13 e confirme as conclusões a que chegou no item anterior. Que outras linhas de argumentação, segundo o trecho, dão suporte à tese da inexistência de “raças” humanas?
11. Leia a seguir o parágrafo 14, no item *Por uma humanidade desracionalizada*. Qual é o seu argumento central? Resuma-o em uma frase.
12. Nos parágrafos 15 e 16 é citado o poeta romano Virgílio em uma alegoria sobre a importância de se modificar a divisão da humanidade em “raças”, em prol de uma espécie “composta de indivíduos igualmente diferentes e irmãos”. Certifique-se de ter compreendido a comparação do autor ao *moretum*. Escreva um pequeno texto que comente e opine sobre as propostas do autor em seu artigo.



Apêndice 2: Os dilemas éticos do mapeamento genético (SL, V2, 1/2)



Tema para discussão

331

Os dilemas éticos do mapeamento genético

O Projeto Genoma Humano propõe-se a mapear, na próxima década, os 50 mil a 100 mil genes responsáveis por nossas características normais e patológicas. As informações já existentes e que serão geradas por esse projeto têm sido objeto de inúmeras discussões éticas, em relação tanto às características normais como às doenças genéticas. A grande questão que se coloca é: seremos capazes de lidar com o conhecimento do nosso ser? Como veremos nos exemplos a seguir, a resposta a essa pergunta não é fácil, mas o assunto é fascinante.

Características normais

(...)

Genes da "inteligência"

Pesquisas com gêmeos sugerem que a "herdabilidade" ou o componente genético responsável pela inteligência ou pela habilidade cognitiva pode ser significativa, o que quer dizer que o ambiente teria pouca influência no desenvolvimento dessas características. Imagine-se que, em um futuro próximo, os genes responsáveis por nossa inteligência sejam localizados e que seja possível identificar, através da análise do DNA, qual será o potencial genético de um indivíduo quanto a essa característica. Como poderia ser usada essa informação? Seriam instituídos testes "genéticos" para os genes da inteligência" antes da admissão de crianças em escolas, jovens em universidades ou para seleção de candidatos a empregos? Haveria discriminação ou uma maior tolerância em relação aos menos dotados?

(...)

Genes "neuróticos"

Outras características da personalidade cuja influência de fatores genéticos pode chegar até 50% seriam a intelectualidade, a sofisticação, a simpatia, a amabilidade, a responsabilidade, o espírito de liderança, a extroversão, entre outras. Entretanto, características não tão favoráveis como a neurose, a irritabilidade e a ansiedade também fariam parte desse grupo. Os "geneticamente neuróticos", neste caso, teriam todo o direito de perguntar: "tenho culpa de ser assim?"

Doenças genéticas

Por outro lado, a localização de genes responsáveis por doenças genéticas é fundamental para o diagnóstico diferencial de doenças clinicamente semelhantes, identificação de portadores com risco de virem a ter filhos afetados, diagnóstico pré-natal e futuros tratamentos. (...)

Do ponto de vista ético, entretanto, a identificação de portadores de genes deletérios pode ter consequências totalmente diferentes. Isso porque distinguem-se basicamente dois grupos:

- os portadores assintomáticos, nos quais o risco de uma doença genética só existe para a prole, como no caso da herança autossômica recessiva ou recessiva ligada ao X;
- os portadores sintomáticos ou pré-sintomáticos nos quais existe risco tanto para a prole quanto para si mesmos, como no caso da herança autossômica dominante. (...)

(...)

Doenças dominantes de início tardio

Nesse caso, os portadores além de manifestar a patologia, têm um risco de 50% de vir a transmitir o gene defeituoso para a sua descendência. Nas doenças nas quais a característica manifesta-se desde o nascimento, como por exemplo a acondroplasia (um tipo de nanismo), o aconselhamento genético é geralmente menos problemático, porque o consultante, que enfrenta diariamente as dificuldades relacionadas com a sua patologia, pode decidir melhor que ninguém se ele quer transmiti-la ou não para a sua descendência.

A grande dificuldade reside nas condições nas quais o início dos sintomas ocorre tardiamente, como por exemplo a coreia de Huntington (CH) ou a distrofia miotônica de Steinert (DMS) (...)

A questão ética que se coloca é: se o seu pai tivesse morrido afetado pela coreia de Huntington, você gostaria de saber se herdou o gene que causa essa condição letal? Ou seja, vale a pena saber de antemão que vamos ter uma doença de manifestação tardia para a qual não existe cura?

Apêndice 2: Os dilemas éticos do mapeamento genético (SL, V2, 2/2)

332

Trabalhos realizados no Canadá, com indivíduos pertencentes a famílias de afetados, mostraram dados interessantes (...). Filhos de afetados, aos quais os testes de DNA confirmaram que eram portadores do gene, tiveram reações de depressão, angústia e desespero. Após um ano, a maioria tinha aprendido a conviver com essa informação e a valorizar mais o presente. Entretanto, cerca de 10% daqueles que tiveram o teste positivo nunca conseguiram se recuperar emocionalmente (...).

Por outro lado, dentre aqueles aos quais o teste de DNA revelou que não eram portadores do gene, a reação foi obviamente de alívio, diminuição da depressão e melhora na sua qualidade de vida. Entretanto, surpreendentemente, algumas pessoas também tiveram dificuldades emocionais em se ajustar à nova realidade pois já tinham planejado a sua vida futura na expectativa da doença, ou se sentiam "culpados" por não serem iguais aos irmãos (...).

Na DMS, a situação é um pouco diferente pois o quadro clínico é muito variável. Indivíduos portadores do gene podem ter como único sinal clínico uma calvície precoce ou carata em idade avançada, enquanto no outro extremo tem-se aqueles com quadro grave, de início na infância, que se manifesta com: retardo mental e de desenvolvimento, fraqueza e degeneração muscular, fenômeno miotônico (dificuldade de relaxar os músculos quando contraídos, principalmente os das mãos) e esterilidade no sexo masculino. A forma clássica, que é a mais comum, tem início em geral na idade adulta com presença de fenômeno miotônico, fraqueza muscular (que pode ser mais ou menos acentuada) e presença ou não de catarata (...).

Quais seriam os prós e contras de se testar crianças assintomáticas, filhas de afetados, e saber de antemão se elas são portadoras do gene da DMS? Os defensores do teste pré-sintomático argumentam que saber precocemente seria importante na escolha da futura profissão, isto é, poderiam ser evitadas aquelas que requerem habilidade manual, pois essa é a primeira a ser comprometida na forma clássica. Por outro lado, os argumentos desfavoráveis são os mesmos apresentados para a coreia de Huntington: vale a pena angustiar-se antecipadamente por saber que temos uma doença para a qual não existe cura?

Em relação a essa questão, centros de genética de diferentes países têm posições divergen-

tes. Por exemplo, enquanto nos Estados Unidos a maioria é favorável ao diagnóstico precoce, na Inglaterra a filosofia é de que não se deve testar crianças assintomáticas (...). Observações recentes de nosso laboratório sugerem que, para a população brasileira, a posição inglesa talvez seja mais adequada. Isso porque recentemente vários jovens adultos, filhos de afetados (e portanto com risco de 50% de serem portadores do gene deletério), foram contactados e informados de que já existia um teste de DNA para confirmar se eram ou não portadores do gene. Entretanto, nenhum deles quis se submeter ao teste, o que mostrou que "viver na incerteza" era talvez mais tolerável do que o risco de "ter certeza". Essas observações apóiam também a filosofia de não testar crianças assintomáticas, pois assim estaríamos negando-lhes o direito de decidir mais tarde se querem ou não saber.

Genes de risco para câncer

Outra questão ética interessante refere-se à detecção precoce de genes relacionados à maior suscetibilidade ao câncer. Merecem destaque duas formas de câncer relativamente comuns: o câncer de cólon de intestino e o câncer de mama.

Por exemplo, no câncer de cólon de intestino, indivíduos portadores do gene *MSH2* têm um risco de aproximadamente 80% de desenvolver esse tipo de câncer (...). Por outro lado, cerca de 5% das mulheres com câncer de mama são portadoras de um gene alterado (*BRCA1*) localizado no cromossomo 17 (...). Mulheres portadoras desse gene têm um alto risco de virem a desenvolver câncer de seio e de ovário. Não há dúvida de que a identificação de indivíduos portadores desse gene pode ser muito importante na detecção precoce do câncer, o que é fundamental para seu tratamento e cura. Entretanto, algumas pessoas poderiam tornar-se extremamente hipcondríacas se soubessem que são portadoras de tais genes. Outras, ao contrário, poderiam, ao invés de tomar medidas preventivas, ficar depressivas e fugir do controle médico (...).

Em resumo, os avanços na tecnologia da biologia molecular têm sido tão rápidos que o número de testes genéticos disponíveis tanto para características normais quanto para patológicas está aumentando dia a dia. A nível populacional o uso dessas informações tem que ser amplamente debatido e discutido do ponto de vista ético, médico,

UNIDADE 2 • Genética
333

de saúde e social. A nível pessoal, gostaria de repetir a questão inicial: estaremos preparados para o conhecimento do nosso ser?

(Trechos do artigo escrito pela Professora titular Mayana Zatz, geneticista do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, publicado na Revista USP, nº 24, 1989.)

- ▶ Com base no que você já leu neste livro e em outras fontes, qual é sua posição sobre os dilemas éticos que envolvem o conhecimento dos genes humanos?
- ▶ Você gostaria de saber se é portador de um gene para uma doença letal de manifestação tardia? O que você faria de posse dessa informação?

Apêndice 3: Descobrir o DNA foi importante (SL, V1, 1/2)



Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Descobrir o DNA foi importante Habilidades do Enem: H2, H13.

A estrutura da molécula de DNA foi descrita por Watson e Crick, em 1953. Porém, a descoberta de que essa molécula é a base da hereditariedade ocorreu anos antes, em 1944, por Avery, MacLeod e McCarty, pesquisadores da Universidade: Rockefeller, EUA.

Acompanhe, a seguir, trechos do texto *"When was DNA proved to be the chemical basis of heredity?"* ("Quando foi comprovado que o DNA é a base química da hereditariedade?"), que incluem os depoimentos de dois pesquisadores sobre a importância dessa descoberta. O texto está apresentado em inglês (língua original) e, na sequência, vem a tradução correspondente. Antes de ler a tradução, tente ler o texto original procurando encontrar palavras que você já conheça e que podem auxiliá-lo na compreensão dos trechos reproduzidos. Em seguida, responda às questões.

When was DNA proved to be the chemical basis of heredity?

(...)

The threadlike DNA fibers present in all cells were revealed to be the chemical basis of heredity in 1944, in research conducted at The Rockefeller University. (...) these studies laid the foundation for James Watson and Francis Crick's breathtaking 1953 discovery of the double-helical structure of the DNA molecule.

(...)

... It (this extraordinary discovery) has given to the world what they hoped for: the beginning of the understanding of the inner mysteries of life and disease." (1994)

David Rockefeller

Honorary Chairman of the Board of Trustees, The Rockefeller University

(...)

"The medical research work by Avery, McCarty and MacLeod conducted at Rockefeller University during World War II changed the course of the world, reduced suffering and contributed immeasurably to the quality of life as we know it." (1994)

Retired U.S. Senator Daniel P. Moynihan

(...)

Quando foi comprovado que o DNA é a base química da hereditariedade?

(...)

As fibras de DNA presentes em todas as células revelaram-se ser as bases químicas da hereditariedade em 1944, em uma pesquisa conduzida na Universidade Rockefeller. Esses estudos proporcionaram a base para a deslumbrante descoberta realizada em 1953 por James Watson e Francis Crick, sobre a estrutura de dupla hélice da molécula de DNA.

Competências estabelecidas pelos PCNEM

- Reconhecer e utilizar adequadamente, nas formas escrita e oral, símbolos, códigos e nomenclaturas da linguagem científica: atividades **1, 2, 5, 6, 7, 8 e 9**.
- Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas: atividades **2, 3, 4, 6 e 10**.
- Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios: atividades **1 e 5**.
- Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências: atividade **1**.
- Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia: atividades **1, 5, 6, 7, e 10**.
- Identificar fenômenos naturais de grandezas em dado domínio do conhecimento científico e estabelecer relações, identificar regularidades, invariantes e transformações: atividades **2, 6, e 10**.
- Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo: suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo e seus impactos na vida social: atividade **5**.
- Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania: atividades **2, 5, 6 e 7**.

Apêndice 3: Descobrir o DNA foi importante (SL, V1, 2/2)

(...)

... Ela (essa extraordinária descoberta) deu ao mundo o que eles esperavam: o início da compreensão dos mistérios secretos da vida e da doença." (1994)

David Rockefeller
Presidente honorário do Conselho Diretor, Universidade Rockefeller

(...)

... pesquisa médica de Avery, McCarty e MacLeod, realizada na Universidade Rockefeller durante a Segunda Guerra Mundial, mudou o curso do mundo, reduziu sofrimento e contribuiu significativamente para a qualidade de vida como a conhecemos." (1994)

Daniel P. Moynihan, senador estadunidense aposentado

Disponível em: <<http://www.rockefeller.edu/discovery/dna/index.php>>
Acesso em: out. 2009.
Tradução dos autores.

(...)

a) Os depoimentos apresentados mencionam a relação entre a estrutura responsável pela hereditariedade e o campo da Medicina. Pesquise em jornais, revistas e, se possível, na Internet e anote em seu caderno algumas aplicações do estudo do DNA que têm contribuído para a melhoria da qualidade de vida.

b) Escolha uma dessas aplicações de estudo do DNA e aprofunde sua pesquisa. Elabore um cartaz que contenha imagens (desenhos ou recortes) e um texto breve explicando a importância da aplicação selecionada. Em data combinada com seu professor, divulgue seus dados para a classe e promova um debate.

Apêndice 4: Como as radiações provocam mutações? (SP, V3)

Ciência, tecnologia e sociedade

Como as radiações provocam mutações?

Dois são os principais tipos de mecanismos pelos quais a radiação pode lesar uma molécula: o direto e o indireto. No mecanismo direto a radiação age diretamente sobre uma biomolécula importante, tal como a de ADN, danificando o material genético. No mecanismo indireto, as moléculas como a da água, que constituem cerca de 70% das células, são quebradas pela radiação. Seus produtos, o radical livre hidroxila OH e o produto oxidante peróxido de hidrogênio, comumente conhecido como água oxigenada, são muito eficientes em produzir dano biológico, ao atacar biomoléculas importantes para a célula. [...]

Em resumo, quando a radiação passa através do corpo humano, quatro tipos de eventos podem ocorrer:

- a radiação passa próximo ou através da célula sem produzir dano;
- a radiação danifica a célula, mas ela é reparada adequadamente;
- a radiação mata a célula ou a torna incapaz de reproduzir-se;
- o núcleo da célula é lesado, sem, no entanto, provocar morte celular. A célula sobrevive e se

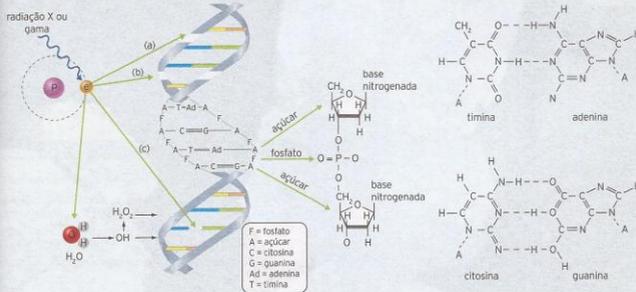
reproduz em sua forma modificada, podendo-se diagnosticar, anos mais tarde, células malignas nesse local.

Efeitos somáticos e hereditários

Os efeitos biológicos da radiação são comumente classificados em somáticos e hereditários. Os *efeitos somáticos* afetam a pessoa irradiada, enquanto os *efeitos hereditários*, os descendentes da pessoa irradiada. [...]

Os *efeitos hereditários* podem ocorrer quando as células do ovário ou dos testículos que formam respectivamente os óvulos e os espermatozoides forem irradiadas. Se o óvulo ou o espermatozide danificado for usado na concepção, todas as células do organismo novo conterão o defeito reproduzido, incluindo aquelas que mais tarde irão se transformar em óvulos e espermatozoides. Dessa forma, os efeitos resultantes da mutação original poderão passar para as gerações futuras. Algumas das mutações chegam a ser letais, causando a morte do feto antes do nascimento. Outras podem produzir defeitos físicos ou mentais ou simplesmente aumentam a suscetibilidade a determinadas doenças crônicas. [...]

ORINO, Emiko. *Radiação: efeitos, riscos e benefícios*. São Paulo: Harbra, 1998. p. 43-47.



▲ Um átomo de hidrogênio é ionizado pela radiação X ou gama. O elétron ejetado pode agir diretamente em uma molécula de ADN causando: (a) quebra simples da hélice; (b) quebra dupla da hélice; (c) deleção (ausência) de uma base. No efeito indireto, o elétron interage com a molécula de água produzindo o radical livre OH e o peróxido de hidrogênio, que danificam a molécula de ADN. Cores-fantasia.

Para discutir

1. A exposição excessiva à radiação solar está associada ao surgimento de câncer de pele. Que tipo de radiação está envolvida nesse caso? Como é possível evitar os efeitos nocivos dessa radiação? O câncer de pele é um efeito somático ou hereditário?
2. Por que mulheres grávidas devem proteger o ventre ao fazer um exame radiológico? Nesse caso, os efeitos nocivos da radiação podem causar dano somático ou hereditário?

Apêndice 5: A fecundação in vitro (AM, V1)

CIÊNCIA E CIDADANIA

A fecundação *in vitro*

1 Os conhecimentos sobre a reprodução humana têm permitido que muitos casais solucionem dificuldades biológicas para procriar. Os tratamentos podem variar desde injeções de hormônios e correção cirúrgica de órgãos genitais até a fecundação em laboratório e a implantação de embriões no útero.

2 Em julho de 1978, nasceu, em Londres, Louise Brown; ela foi o primeiro “bebê de proveta”, a primeira criança concebida *in vitro* com sucesso. A Sra. Brown, mãe de Louise, tinha tubas uterinas obstruídas e, por isso, não podia engravidar. Em um procedimento inédito, o ginecologista Dr. Patrick Steptoe primeiramente aplicou injeções de hormônios na Sra. Brown, o que induziu o amadurecimento de óvulos em seus ovários e preparou o útero para uma gravidez. Em seguida, o Dr. Steptoe retirou cirurgicamente alguns óvulos dos ovários da Sra. Brown, passando-os para um frasco com meio nutritivo, onde eles foram fecundados por espermatozoides do marido. Cerca de seis dias depois, cada óvulo fecundado tinha se transformado em um pequeno embrião. Alguns dos embriões foram implantados no útero da Sra. Brown, onde um deles se desenvolveu e gerou Louise.

3 O sucesso na concepção de Louise, atualmente uma senhora normal e saudável, tem levado milhares de mulheres com problemas de infertilidade a implantar embriões concebidos *in vitro*, isto é, fora do corpo. Crianças nascidas por esse método ficaram conhecidas popularmente como “bebês de proveta” para ressaltar o fato de terem sido concebidas em um recipiente de laboratório. (Fig. 14.8)

4 A fecundação *in vitro*, embora seja cada vez mais utilizada, ainda desperta polêmicas. Em cada tratamento, geralmente são fecundados de 10 a 15 óvulos, a maioria dos quais se desenvolve e origina embriões. Alguns dias depois, cerca de quatro embriões selecionados são implantados no útero da mulher, tendo em vista que a chance de sucesso nessa etapa é da ordem de 25%. Os demais embriões são congelados em nitrogênio (N_2) líquido, a uma temperatura aproximada de 196 °C negativos, para serem utilizados no caso de a primeira operação não ter sucesso ou se o casal desejar ter outros filhos mais tarde.

5 O que fazer com os embriões não utilizados? Eles devem permanecer congelados indefinidamente ou podem ser descartados? Podem ser doados ou vendidos a outra pessoa? Podem ser utilizados para a obtenção de células-tronco embrionárias? Afinal de contas, todos os embriões que se desenvolvem em um processo de fecundação *in vitro* são irmãos daquele que se desenvolveu. Descartá-los não seria equivalente a um aborto? Essas são apenas algumas das questões éticas que se apresentam quando o assunto é reprodução humana.

Figura 14.8 Equipamento de micromanipulação utilizado para injetar um espermatozoide (com uma microagulha) diretamente no citoplasma do óvulo. No detalhe, visualização, ao microscópio óptico, desse procedimento (aumento = 190X).



GUIA DE LEITURA

1. Leia o primeiro parágrafo do quadro. Você conhece alguma pessoa que utilizou algum tratamento médico para ter filhos? Se tiver oportunidade, converse com seus pais e amigos a esse respeito.
2. Leia o segundo parágrafo, que se refere ao primeiro caso bem-sucedido de fecundação *in vitro*. Sobre o texto responda: a) por que você acha que foi utilizada a expressão “bebê de proveta”? b) qual era o motivo da infertilidade da Sra. Brown, futura mãe de Louise? c) resuma o procedimento do Dr. Steptoe com a Sra. Brown.
3. Leia o terceiro parágrafo do quadro. Confira a explicação para a utilização do termo “bebê de proveta”. Observe a Figura 14.8, que mostra o equipamento de micromanipulação utilizado para promover um tipo particular de fecundação *in vitro*. Leia atentamente a legenda e certifique-se de ter compreendido as imagens no detalhe, acima.
4. No quarto e quinto parágrafos do quadro, comente-se sobre uma das polêmicas relativas à fecundação *in vitro*. Qual é ela? Em sua opinião, qual ou quais questionamentos e possibilidades lhe pareceram mais interessantes? Por quê?

Apêndice 6: Aconselhamento genético (SP, V3)

Práticas de Biologia

Aconselhamento genético

A Objetivo

Simular uma situação de aconselhamento genético.

B Procedimentos

1. Divididos em grupos de quatro ou cinco, os alunos devem ler as três fichas abaixo, as quais trazem informações sobre o filme *O óleo de Lorenzo* e sobre a doença hereditária que este aborda.

Sinopse. O filme é baseado em uma história real que teve seu início em 1983. Lorenzo levava uma vida normal até que, aos 6 anos, passou a ter diversos problemas de ordem mental que foram diagnosticados como adrenoleucodistrofia (ALD), uma doença hereditária rara e incurável que provoca degeneração no sistema nervoso, levando o paciente à morte em pouco tempo. Os pais não se conformaram com os prognósticos e começaram a estudar sobre a doença. Depois de muita pesquisa, desvendaram o mecanismo bioquímico da ALD e desenvolveram um tratamento à base de ácido oleico do azeite de oliva e de ácido erúrico, mistura que mais tarde ficou conhecida como óleo de Lorenzo. Os pais então começaram a tratar Lorenzo com o óleo. **Atualização:** Lorenzo morreu em maio de 2008, aos 30 anos, em consequência de uma pneumonia. Viveu vinte anos a mais do que previram os médicos com base nos conhecimentos que se tinha à época do diagnóstico de sua doença.

Caracterização da doença. A ALD é uma doença genética rara ligada ao sexo, de caráter recessivo, transmitida por mulheres e que afeta fundamentalmente homens. O gene associado à ALD está localizado na região não homóloga do cromossomo X e codifica a síntese da proteína ALDP, relacionada com o metabolismo lipídico. Na ausência ou deficiência da ALDP, uma pessoa fica incapaz de degradar e oxidar ácidos graxos de cadeia muito longa. O acúmulo de ácidos graxos nos tecidos corporais provoca a desestabilização da bainha de mielina (substância que recobre os axônios das células nervosas, essencial para uma transmissão eficiente dos impulsos nervosos). O atrofiamento dos neurônios e a perda da capacidade de transmissão de impulsos nervosos acabam por provocar uma falência generalizada do sistema nervoso.

Caracterização do tratamento. Não existe cura para essa doença. O primeiro tratamento proposto consistia em uma dieta com baixa ingestão de ácidos graxos de cadeia longa, mas não era muito eficiente. O óleo de Lorenzo mostrou-se eficaz para impedir a progressão dos sintomas neurológicos em muitos casos, mas não em outros. Embora não seja ainda a cura definitiva, o óleo tem se mostrado eficaz em retardar o desenvolvimento da doença.

2. Cada grupo deve simular uma situação de aconselhamento genético entre um grupo de especialistas e os pais de uma criança com ALD. Os especialistas devem conduzir a discussão esclarecendo os pais sobre as questões ao lado.



Se houver possibilidade, assista ao filme *O óleo de Lorenzo* (Lorenzo's oil, direção de George Milles, Universal Pictures, EUA, 1992, 129 min).

Discussão

1. Qual é o mecanismo de herança da doença?
2. Como identificar a possibilidade de ocorrência da doença em outros membros da família e qual sua importância?
3. Que orientações psicossociais podem ser fornecidas à família?

Apêndice 7: Biotecnologia na mídia (SP, V3, 1/2)

Biotecnologia na mídia

Exposição e análise de reportagens sobre biotecnologia

■ O que você vai fazer

Você e seus colegas vão montar uma exposição com reportagens sobre temas relacionados à biotecnologia. As reportagens são o ponto de partida para a elaboração de uma exposição sobre o impacto das descobertas da biotecnologia na sociedade.

A genética é uma das ciências que fazem parte de pesquisas biotecnológicas. Muitas dessas pesquisas suscitam questões polêmicas. Por exemplo, é lícito utilizar células de embriões humanos em pesquisas científicas? É perigoso modificar o genoma de outras espécies? Seria ético criar clones de seres humanos se fosse possível?

Decisões como essas afetam a vida de todas as pessoas e por isso devem ser discutidas por diversos setores da sociedade. Além de pesquisar, também cabe aos cientistas informar os riscos e os benefícios de cada nova técnica desenvolvida. É importante que as pesquisas sobre biotecnologia sejam noticiadas nos meios de comunicação. Mas não basta apenas divulgar, também é preciso que as implicações dessas técnicas sejam compreendidas e debatidas pelo maior número possível de pessoas. Esse é o objetivo deste projeto.

■ Preparação

A classe deve ser dividida em equipes de quatro ou cinco integrantes. Cada equipe vai pesquisar reportagens que abordem algum aspecto da biotecnologia ou alguma pesquisa em genética. O plantio e o consumo de alimentos transgênicos e a pesquisa com células-tronco embrionárias, por exemplo, são alguns assuntos frequentes nos meios de comunicação. Você pode selecionar outros relacionados ao que aprendeu nesta unidade.

Cada grupo deve escolher uma reportagem diferente, e os grupos devem conversar entre si para garantir que assuntos variados sejam abordados.

Procure textos publicados em jornais, revistas ou sites. Ao escolher as reportagens, busque selecionar aquelas que atendam aos critérios seguintes:

- O tema envolve processos biotecnológicos que são desconhecidos do público em geral?
- O tema envolve questões éticas ou legais?
- O tema é polêmico? Existem argumentos favoráveis e desfavoráveis em torno dele?

■ Desenvolvimento

Depois de escolher a reportagem, o grupo deve ler o texto cuidadosamente, buscando trechos que tragam informações sobre genética ou que tratem de questões éticas e polêmicas. Esses trechos podem ser destacados com um marca-texto; se preferir, tire fotocópias ampliadas da reportagem para facilitar esse trabalho.

Análise da reportagem

Em seguida, o grupo deve analisar cada trecho da reportagem e julgar se as informações apresentadas são suficientes para que o leitor compreenda os aspectos biológicos do texto. Muitas vezes, por limitação de espaço, as reportagens trazem informações muito curtas ou resumidas.

Lembre-se de que as notícias de jornais, revistas e sites são escritas para o público geral, que muitas vezes não conhece conceitos como células-tronco ou DNA.

Apêndice 7: Biotecnologia na mídia (SP, V3, 2/2)

Elaboração de comentários

O grupo vai redigir explicações ou comentários para tornar certos trechos da reportagem mais claros e compreensíveis para o público.

A intenção é expor os conhecimentos científicos de maneira acessível. Para isso, a linguagem deve ser clara e objetiva. Cuidado para não distorcer as informações nem as tornar excessivamente complexas ou simplificadas demais.

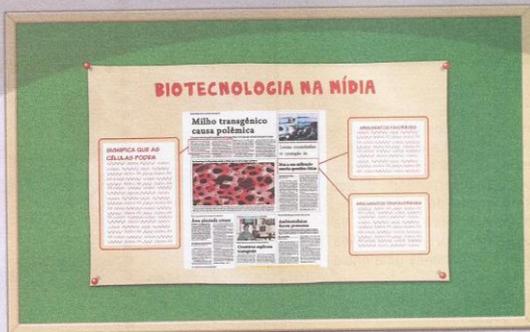
Como em geral esse tipo de artigo gera alguma polêmica sobre ética, o grupo também deve mostrar os pontos positivos e negativos do assunto tratado, a fim de ajudar o leitor a posicionar-se sobre a questão.

■ Apresentação

O grupo deve confeccionar um mural, que será exposto na escola. Colem a reportagem (ou uma fotocópia ampliada dela) em uma cartolina ou papel *kraft*. Ao lado da reportagem, cole as explicações ou os comentários que o grupo escreveu. Com uma caneta, liguem cada explicação ao trecho ao qual ela se refere, como mostrado na figura abaixo.

Os murais confeccionados pela classe devem ser expostos dentro da escola para alunos, funcionários e pais.

Se for possível, o professor pode marcar um dia para que os alunos apresentem seu trabalho. Nesse dia, cada grupo deve ficar ao lado do mural para responder às dúvidas do público. Procure anotar as perguntas feitas em um caderno para discuti-las depois.



■ Avaliação do projeto

Após a exposição, a classe vai discutir as principais dúvidas levantadas pelo público. Observe se, de modo geral, diferentes grupos receberam as mesmas perguntas ou se elas variaram; avalie se os grupos conseguiram responder à maioria das dúvidas e pense também se existiam dúvidas dos próprios alunos que tenham sido respondidas no decorrer do projeto.

Apêndice 8: Alterações cromossômicas na espécie humana (AM, V1,

1/2)

CIÊNCIA E CIDADANIA

Alterações cromossômicas na espécie humana

- 1 Em várias espécies, inclusive na nossa, podem nascer indivíduos com alterações cromossômicas em relação ao cariótipo normal. Geralmente as alterações cromossômicas causam grandes transtornos ao funcionamento celular, levando a doenças graves ou mesmo à morte.
- 2 Certas alterações afetam a estrutura de um ou mais cromossomos, sendo, por isso, chamadas de **alterações estruturais**; por exemplo, um cromossomo pode perder um pedaço, o que é chamado deleção; cromossomos não homólogos podem trocar pedaços, o que é chamado translocação. Outras alterações, decorrentes de erros no processo de divisão celular, afetam o número de cromossomos da célula, daí serem chamadas **alterações numéricas**.

Síndrome de Down

3 Uma das alterações cromossômicas numéricas bem estudadas na espécie humana é a **trissomia do cromossomo 21**, assim chamada porque as células da pessoa afetada têm três exemplares do cromossomo designado pelo número 21, em vez de possuírem apenas um par deles, como seria normal. Pessoas com essa alteração cromossômica podem apresentar uma série de características típicas – atraso no desenvolvimento mental, hipotonia (fraqueza) muscular, baixa estatura, anomalia cardíaca, olhos com fendas palpebrais oblíquas, o que lhes confere um aspecto amendoado (daí o termo mongolismo), prega única nas palmas das mãos etc.; essas características clínicas compõem a **síndrome de Down** (ou mongolismo). (Fig. 7.10)

4 Os avanços na compreensão da síndrome de Down têm possibilitado que seus portadores sejam cada vez mais incluídos e mais bem acolhidos na sociedade. Para isso, é fundamental que os pais de crianças com síndrome de Down procurem ajuda especializada tão logo o problema seja diagnosticado; sabe-se que a estimulação física e mental precoce melhora o desenvolvimento neuromuscular e a capacidade de comunicação de crianças Down.

Síndrome de Turner e síndrome de Klinefelter

5 Outros exemplos de alteração no número de cromossomos na espécie humana são a síndrome de Turner e a síndrome de Klinefelter.

6 A pessoa afetada pela **síndrome de Turner** tem apenas um cromossomo sexual (monossomia), o cromossomo X, e é do sexo feminino. As principais características dessa síndrome são baixa estatura, problemas no desenvolvimento dos órgãos genitais, infertilidade e, em alguns casos, atraso mental leve e desenvolvimento de pregas de pele nos lados do pescoço (pescoço alado). (Fig. 7.11)

CORTESIA DA PROF.ª ANGELA MORGANTE/IBSP

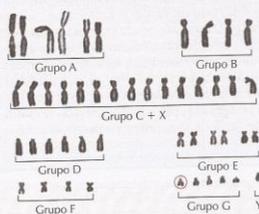


Figura 7.10 Cariograma de pessoa do sexo masculino com síndrome de Down. O cromossomo 21 extranumerário está destacado pelo círculo vermelho.

CORTESIA DA PROF.ª ANGELA MORGANTE/IBSP

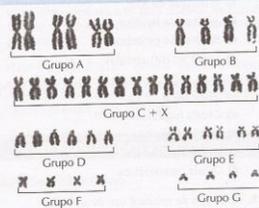


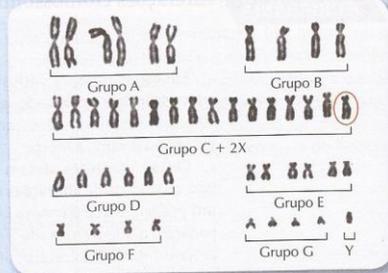
Figura 7.11 Cariograma de pessoa com síndrome de Turner, que é sempre do sexo feminino.

Apêndice 8: Alterações cromossômicas na espécie humana (AM, VI,

2/2)

7 A pessoa afetada pela **síndrome de Klinefelter** tem três cromossomos sexuais, sendo dois X e um Y, e é do sexo masculino. As principais características dessa síndrome são problemas no desenvolvimento dos órgãos genitais, geralmente acompanhados de infertilidade e retardo mental leve. (Fig. 7.12)

Figura 7.12 Cariograma de pessoa com síndrome de Klinefelter, que é sempre do sexo masculino. No círculo vermelho, o cromossomo X extranumerário.



GUIA DE LEITURA

1. Leia apenas o título do quadro. Há alguns anos, ele poderia ter sido: "Aberrações cromossômicas". Isso porque, no jargão da Genética, alterações do cariótipo são denominadas aberrações. Entretanto, dada à conotação depreciativa do termo, não convém utilizá-lo para se referir à espécie humana, como alertou um colega que havia sido professor de um aluno com síndrome de Down no Ensino Médio. Escreva um comentário a respeito desse assunto.
2. Leia agora o primeiro e o segundo parágrafos do quadro. Certifique-se de ter compreendido a distinção entre alterações cromossômicas estruturais e numéricas.
3. Leia o terceiro parágrafo, referente à síndrome de Down, e responda: o que caracteriza cromossomicamente a síndrome? Observe a Fig.7.10 e localize o cromossomo 21 extranumerário. Informe-se, no parágrafo, sobre as principais características físicas apresentadas pelos portadores da síndrome de Down.
4. Leia o quarto parágrafo do quadro, que aborda um importante aspecto de cidadania: a inclusão social de pessoas portadoras de características especiais, como as que estamos estudando. Você já teve algum contato com pessoas com síndrome de Down? Informe-se e escreva um texto opinativo sobre o assunto.
5. Nos parágrafos, 5, 6 e 7 são apresentadas duas outras síndromes cromossômicas humanas: a síndrome de Turner e a síndrome de Klinefelter. O que caracteriza cromossomicamente cada uma dessas síndromes? Observe as figuras correspondentes e localize os cromossomos em questão. Informe-se, nos parágrafos 6 e 7, sobre as principais características físicas apresentadas pelos portadores das síndromes de Turner e Klinefelter, respectivamente.

Apêndice 9: Exercício transgênicos (AM, V3)

ATIVIDADES

15. Amostras de DNA podem ser identificadas pelo conjunto de fragmentos obtidos pelo corte com enzimas de restrição e sua posterior separação por
- eletroforese.
 - melhoramento genético.
 - transcrição gênica.
 - origem de replicação.

Questões discursivas

16. Atualmente, é possível retirar genes de um organismo eucariótico, introduzi-los em células bacterianas e fazer com que esses genes sejam transcritos e traduzidos pela célula do microorganismo. Pelo que aprendeu sobre a estrutura dos genes eucarióticos, você acha que, por meio do transplante direto de genes humanos em bactérias, seria possível obter alguma proteína humana como, por exemplo, uma das cadeias da hemoglobina?
17. Informe-se sobre a polêmica que envolve a utilização de organismos transgênicos e redija um breve texto sobre o assunto. Quais são os principais argumentos contra e a favor da utilização desses organismos?

Apêndice 10: Figura clonagem ovelha Dolly (SP V1)

culo mais estreito entre o meio científico e os outros integrantes da sociedade.

■ **Biologia e bioética**

O estudo da Biologia envolve diversas questões éticas. A produção de alimentos geneticamente modificados, o uso de embriões para a obtenção de células-tronco (células que podem dar origem a células de diversos tipos) e a clonagem de seres vivos são apenas algumas delas.

À medida que se desenvolvem novas técnicas e se fazem novas descobertas, surgem também novos questionamentos éticos sobre a aplicação desses conhecimentos. Em determinados casos, as consequências negativas das conquistas científicas podem superar seus benefícios.

▼ A ovelha Dolly (cerca de 80 cm de comprimento), nascida em 1997, era um clone, um ser geneticamente igual a outro, obtido por técnicas especiais. Na sua opinião, seria eticamente aceitável clonar seres humanos?



Apêndice 11: Exercício origem da espécie humana (AM, V3)**Questões discursivas**

13. Duas populações oriundas da fragmentação de uma mesma população original ficaram isoladas geograficamente por um longo período de tempo. Descreva as diferentes situações que podem ocorrer, em relação ao isolamento reprodutivo, se essas populações voltarem a se juntar pelo desaparecimento da barreira geográfica entre elas.

14. Considere a possibilidade de realizar uma pesquisa, por conta própria ou com um grupo de colegas, sobre o que as pessoas pensam a respeito da origem da espécie humana. Entreviste pessoas de diversas formações e que exercem atividades diversas, como médicos, padres, empregadas domésticas, engenheiros etc. Elabore as perguntas com antecedência, abordando temas tais como: se a pessoa conhece a teoria da evolução; se ela tem alguma hipótese sobre a origem da espécie humana; se ela tem ideia de há quanto tempo surgiu a espécie humana etc.

Ao entrevistar cada pessoa lembre-se de perguntar seu grau de escolaridade, profissão, religião e idade. Organize os dados da entrevista em uma tabela e discuta-os com seus colegas.

Apêndice 12: Resolvendo problemas de Genética (AM, V3, 1/5)**RESOLVENDO PROBLEMAS
DE GENÉTICA****Probabilidade****O problema**

Como já vimos, o albinismo tipo I na espécie humana é condicionado por um alelo recessivo (*a*); pessoas com genótipo *aa* são albinas, com pele, cabelo e olhos muito claros, em virtude da ausência do pigmento melanina. Pessoas com pelo menos um alelo *A* no genótipo (*AA* e *Aa*) têm pigmentação normal.

Pedro tem pigmentação normal na pele, e seus pais também são normais. Sua avó materna e seu avô paterno, porém, são albinos.

Maria também tem pigmentação normal na pele e, por parte de mãe, nunca houve, nem na mais remota ancestralidade, algum caso de albinismo. O pai de Maria também é normal, mas seu avô paterno era albino. Pedro e Maria procuram um geneticista para pedir esclarecimentos e aconselhamento genético. O casal tinha as seguintes perguntas:

- a) Há alguma chance de termos um filho albino?
- b) Se tivermos um filho albino, qual é a probabilidade de um outro também ser albino?

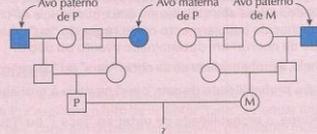
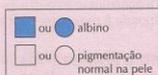
A solução

Resolver um problema com um enunciado longo como esse fica mais fácil se reescrevermos os dados de forma esquemática, para simplificá-los. Nesse caso particular, o melhor é construir um heredograma para representar as relações entre os familiares.

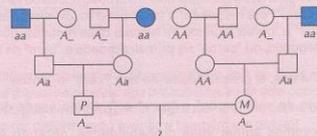


Apêndice 12: Resolvendo problemas de Genética (AM, V3, 2/5)

Construção do heredograma



Uma vez feito o heredograma, passamos a determinar os genótipos dos indivíduos.

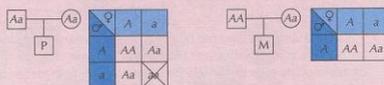


Agora vamos responder à primeira pergunta do problema: há chance de o casal ter uma criança albina? Qual é ela?

A resposta à primeira parte da pergunta é afirmativa, uma vez que Pedro e Maria podem ser heterozigóticos para o gene do albinismo. Passamos, então, a estimar as probabilidades de Pedro e Maria serem simultaneamente portadores do alelo para albinismo, pois somente nesse caso eles poderiam ter uma criança albina. Uma vez que ambos são normais, concluímos que eles são portadores de pelo menos um alelo A em seu genótipo.

A probabilidade de Pedro ser heterozigótico é $\frac{2}{3}$, pois ele pode ter recebido um alelo A do pai e um a da mãe, um alelo a do pai e um A da mãe, ou um alelo A do pai e um A da mãe. Lembre-se de que Pedro não é albino e, portanto, não recebeu o alelo a de ambos os pais.

A probabilidade de Maria ser portadora do alelo do albinismo é $\frac{1}{2}$. Isso porque assumimos que o alelo A de seu genótipo é proveniente da mãe, supostamente homozigótica AA, pois nunca houve em sua ancestralidade nenhum caso de albinismo. De seu pai, heterozigótico Aa, Maria pode ter recebido o alelo a com chance de $\frac{1}{2}$.



Um futuro filho de Pedro e Maria será albino se ocorrerem, simultaneamente, os seguintes eventos:

Evento 1: Pedro ser heterozigótico (probabilidade = $\frac{2}{3}$);

Evento 2: Maria ser heterozigótica (probabilidade = $\frac{1}{2}$);

Evento 3: Pedro e Maria transmitirem o alelo a ao filho (probabilidade = $\frac{1}{4}$).

A probabilidade de esses eventos ocorrerem simultaneamente é o produto de suas probabilidades: $\frac{2}{3} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{2}{24} = \frac{1}{12}$.

A segunda pergunta do casal acrescenta um dado interessante ao problema. Se Pedro e Maria tiverem efetivamente uma criança albina, as dúvidas sobre seus genótipos deixarão de existir, pois, nesse caso, eles certamente serão heterozigóticos. Assim, o risco de sua próxima criança filha do casal vir a ser albina é $\frac{1}{4}$, ou 25%.

Apêndice 12: Resolvendo problemas de Genética (AM, V3, 3/5)

RESOLVENDO PROBLEMAS DE GENÉTICA

Herança quantitativa

O problema

Em uma variedade de cevada, o tamanho médio dos entrenós do caule é de 3,2 centímetros. Em outra variedade, mais baixa, os entrenós têm, em média, 2,1 centímetros.

Um cruzamento entre essas duas variedades produziu uma geração F_1 , constituída por plantas de altura intermediária à das plantas parentais, com entrenós, em média, de 2,65 centímetros.

A autofecundação das plantas de F_1 produziu uma geração F_2 , constituída por plantas de diferentes alturas, das quais $\frac{1}{16}$ tinha entrenós de 3,2 centímetros, como um dos tipos parentais, e $\frac{1}{16}$ tinha entrenós de 2,1 centímetros, como o outro tipo parental.

Qual é o número provável de genes envolvidos no comprimento dos entrenós dessas duas linhagens de cevada e a contribuição de cada alelo para o fenótipo final?

A solução

A fração $\frac{1}{16}$ para os fenótipos extremos indica tratar-se de uma característica condicionada por dois pares de alelos com segregação independente. Se a diferença entre os tamanhos máximo e mínimo do entrenó é de 1,1 centímetro (3,2 - 2,1) e há 4 alelos envolvidos, pode-se admitir que cada alelo "dominante" acrescenta 0,275 centímetro ($1,1 \div 4$) ao tamanho básico do entrenó. (Tab. 3.1)

Tabela 3.1

| Genótipo de F_2 | Fenótipos (tamanho do entrenó em cm) |
|--------------------|--------------------------------------|
| AABB | 3,200 |
| AABb ou AaBB | 2,925 |
| AAbb, AaBb ou aaBB | 2,650 |
| Aabb ou aaBb | 2,375 |
| aabb | 2,100 |

O cruzamento pode ser sumarizado como na tabela a seguir. (Tab. 3.2)

Tabela 3.2

| | | | | | |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Geração | AABB | | | | aabb |
| P | (3,2 cm) | | | | (2,1 cm) |
| Geração | | | 100% AaBb | | |
| F_1 | | | (2,65 cm) | | |
| Geração | $\frac{1}{16}$ AABB | | | | |
| F_2 | | $\frac{2}{16}$ AABb | $\frac{1}{16}$ AAbb | | |
| | | $\frac{4}{16}$ AaBB | $\frac{4}{16}$ AaBb | $\frac{2}{16}$ Aabb | |
| | | | $\frac{1}{16}$ aaBB | $\frac{2}{16}$ aaBb | |
| | | | | | $\frac{1}{16}$ aabb |
| | $\frac{1}{16}$ | $\frac{4}{16}$ | $\frac{6}{16}$ | $\frac{4}{16}$ | $\frac{1}{16}$ |

Apêndice 12: Resolvendo problemas de Genética (AM, V3, 4/5)

RESOLVENDO PROBLEMAS DE GENÉTICA

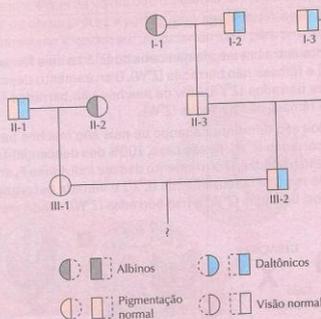
Herança autossômica e herança ligada ao cromossomo X

Genes com herança autossômica segregam-se independentemente de genes com herança ligada ao cromossomo X, pois encontram-se em cromossomos diferentes. Para exercitar essa compreensão, o problema a seguir considera, simultaneamente, um traço com herança autossômica e outro com herança ligada ao cromossomo X.

O problema

O albinismo tipo I na espécie humana tem herança autossômica, sendo condicionado por um alelo recessivo. O daltonismo tem herança ligada ao cromossomo X.

No heredograma a seguir, os indivíduos de uma família estão representados divididos em duas metades; a da esquerda indica o fenótipo para a pigmentação da pele (normal ou albino), e a da direita, o fenótipo para a visão em cores (normal ou daltônico).



Analise a genealogia e responda:

- Qual é a probabilidade de uma criança filha do casal III-1 \times III-2 vir a ter albinismo e não ser daltônica?
- Sabendo-se que o casal III-1 \times III-2 já tem um filho homem albino que não é daltônico, qual é a probabilidade de um próximo filho homem do casal ser albino e daltônico?

A solução

O primeiro passo consiste em determinar os genótipos possíveis dos indivíduos da genealogia. Indivíduos com pigmentação normal têm pelo menos um alelo dominante A , podendo ser homocigóticos AA ou heterocigóticos Aa . Se um indivíduo com pigmentação normal teve algum descendente albino, ou se um de seus genitores é albino, ele é certamente heterocigótico. Indivíduos albinos são homocigóticos recessivos aa .

Homens com visão normal têm genótipo X^NY , enquanto homens daltônicos são X^dY . Mulheres com visão normal têm pelo menos um alelo normal X^N , podendo ser homocigóticas X^NX^N ou heterocigóticas X^NX^d . Se uma mulher com visão normal teve um filho daltônico, ou se é filha de pai daltônico, será certamente heterocigótica. As mulheres daltônicas são homocigóticas recessivas X^dX^d .

Apêndice 12: Resolvendo problemas de Genética (AM, V3, 5/5)

Com base nessas premissas, os genótipos dos diversos indivíduos são:

| | | |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| I-1 = $aa X^d X^d$ | II-1 = $A_ X^d Y$ | III-1 = $Aa X^d X^d$ |
| I-2 = $A_ X^d Y$ | II-2 = $aa X^d X^d$ | III-2 = $A_ X^d Y$ |
| I-3 = $A_ X^d Y$ | II-3 = $Aa X^d Y$ | |
| I-4 = $aa X^d X^d$ | II-4 = $Aa X^d X^d$ | |

A primeira pergunta do problema refere-se à probabilidade de uma criança filha do casal III-1 \times III-2 ser albina e não apresentar daltonismo. O genótipo de III-1 foi determinado e é $Aa X^d X^d$. O homem III-2 é $X^d Y$, mas pode ser tanto homocigótico AA quanto heterocigótico Aa . Assim, uma criança filha desse casal só será albina se III-2 for heterocigótico Aa ; essa probabilidade é estimada em $\frac{2}{3}$, uma vez que seus pais (II-3 e II-4) são ambos heterocigóticos. No caso de III-2 ser heterocigótico, a chance de uma criança sua filha com III-1 vir a ser albina é $\frac{1}{4}$, como pode ser visto no esquema a seguir.

| | | | | |
|---------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Pais | $Aa \times Aa$ | | | |
| Gametas | $\frac{1}{2} A$ | $:\frac{1}{2} a$ | $\frac{1}{2} A$ | $:\frac{1}{2} a$ |
| Filhos | $\frac{1}{4} AA$ | $:\frac{1}{4} Aa$ | $:\frac{1}{4} aA$ | $:\frac{1}{4} aa$ |
| | 3 normais | | | : 1 albina |

A probabilidade de uma criança filha do casal III-1 \times III-2 ter visão normal é $\frac{1}{2}$, como pode ser visto no esquema a seguir.

| | | | | |
|---------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Pais | $X^d X^d \times X^d Y$ | | | |
| Gametas | $\frac{1}{2} X^d$ | $:\frac{1}{2} X^d$ | $\frac{1}{2} X^d$ | $:\frac{1}{2} Y$ |
| Filhos | $\frac{1}{4} X^d X^d$ | $:\frac{1}{4} X^d X^d$ | $:\frac{1}{4} X^d Y$ | $:\frac{1}{4} X^d Y$ |
| | Mulher normal | Mulher daltônica | Homem normal | Homem daltônico |

A probabilidade conjunta de uma criança ser albina e apresentar daltonismo é de $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$, isso assumindo-se que o indivíduo III-2 seja heterocigótico; como não temos certeza disso, estimamos essa probabilidade em $\frac{2}{3}$ e multiplicamos $\frac{1}{8} \times \frac{2}{3} = \frac{2}{24}$. A probabilidade calculada em resposta à primeira questão é, portanto, $\frac{1}{12}$.

Na segunda pergunta, admite-se que o casal já teve um primeiro filho albino que não apresentava daltonismo; portanto, temos certeza de que o genótipo de III-2 é $Aa X^d Y$. Calculamos, então, a probabilidade de um filho homem do casal $Aa X^d X^d \times Aa X^d Y$ ser albino e daltônico. Como o problema se refere a um filho homem, deve-se excluir a descendência feminina do cálculo. Assim, a probabilidade de um filho do referido casal vir a ser albino é $\frac{1}{4}$ e a probabilidade de ser daltônico é $\frac{1}{2}$. A probabilidade conjunta desses dois eventos é $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$.

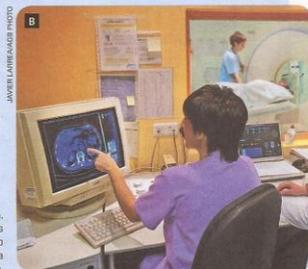
Apêndice 13: Ciência e Tecnologia (V1, AM, 1/3)

CIÊNCIA E CIDADANIA

Ciência e tecnologia

- 1 Vivemos em um mundo admirável, que se transforma a cada dia. As principais forças responsáveis por essa transformação são as tecnologias advindas do saber científico.
- 2 Ciência é um modo de obter conhecimento sobre a natureza; tecnologia, por sua vez, é a utilização de conhecimentos, científicos ou não, para a obtenção de resultados práticos. Por exemplo, a descoberta de que micróbios causadores de doenças presentes no leite morrem quando submetidos a temperaturas superiores a 65 °C — um conhecimento sobre a natureza — permitiu o desenvolvimento da técnica de pasteurização, uma tecnologia de tratamento por calor que livra o leite de eventuais germes patogênicos.
- 3 A tecnologia é quase tão antiga quanto a própria humanidade. O conhecimento de que objetos de borda afiada eram cortantes permitiu aos nossos antepassados lascar pedras e produzir diversas ferramentas primitivas, como pontas de flecha, facas e raspadores; essa tecnologia foi fundamental para a sobrevivência da espécie humana. A produção de objetos de pedra lascada, principal evidência do início da cultura humana, mostra que a capacidade tecnológica está presente desde os primórdios da humanidade. (Fig. 1.14A)
- 4 Veja um exemplo interessante de uma antiga tecnologia que algumas tribos indígenas do Brasil ainda utilizam para pescar. Conhecendo as propriedades anestésicas de certas plantas, os índios as esmagam e fazem com elas uma preparação, que é jogada no rio. Quando os peixes atordoados começam a flutuar, são capturados.
- 5 Ao longo da história, a tecnologia modelou a civilização e permitiu, entre outras coisas, a construção de uma infinidade de aparelhos mecânicos, elétricos e eletrônicos. No mundo contemporâneo, ciência e tecnologia estão fortemente ligadas: conhecimentos produzidos por cientistas são amplamente aplicados em diversas áreas, como a indústria, a agricultura, a medicina etc. Pense, por exemplo, na quantidade de conhecimento científico envolvido na tecnologia da tomografia computadorizada, que permite observar detalhes internos do corpo de uma pessoa e fazer apurados diagnósticos médicos. (Fig. 1.14B)
- 6 Por outro lado, a construção de armas como a bomba de nêutrons, capaz de eliminar populações inteiras sem danificar um só edifício, também exigiu o emprego de inúmeros conhecimentos científicos. Esse é um péssimo exemplo de aplicação de conhecimento científico.
- 7 Em princípio, a humanidade utiliza a tecnologia para construir um mundo melhor. Entretanto, os resultados do emprego do conhecimento tecnológico são complexos e nem sempre previsíveis. Apesar dos benefícios, também há custos e riscos. A poluição e os desequilíbrios ecológicos do mundo contemporâneo são os principais subprodutos negativos do desenvolvimento de sociedades tecnológicas.

Figura 1.14 Alguns exemplos de tecnologia. **A**, Ferramentas de pedra lascada utilizadas no paleolítico e neolítico. **B**, Aparelho médico computadorizado utilizado para observar detalhes internos do corpo.



Apêndice 13: Ciência e Tecnologia (V1, AM, 2/3)

Biologia, presente e futuro

- 8 Um dos maiores desafios enfrentados atualmente pela humanidade é a preservação do ambiente. O crescimento acelerado das populações humanas tem levado à destruição de ambientes naturais, à poluição e à extinção de inúmeras espécies. Isso afeta a qualidade dos ambientes e se reflete diretamente no bem-estar humano. Não é por acaso que a Ecologia, o ramo do conhecimento que estuda a interação dos seres vivos com o ambiente, vem se tornando cada vez mais popular.
- 9 O problema ambiental tem causas complexas, mas resulta, basicamente, do grande aumento da população humana e do mau uso dos recursos naturais. No início do século XXI, a população humana foi estimada em 6 bilhões de habitantes, e a tendência é que ela continue a crescer em ritmo acelerado. Os resíduos produzidos pela atividade humana vêm se acumulando e degradando o ambiente natural, fazendo com que os recursos se tornem mais escassos e mais caros. A discussão do problema ecológico envolve não apenas aspectos científicos, mas também questões econômicas, políticas, filosóficas e religiosas. A Biologia tem muito a oferecer nessas discussões; por exemplo, pode ajudar a controlar a explosão populacional, tanto pelo desenvolvimento de novos métodos anticoncepcionais como pela compreensão dos mecanismos que regulam o crescimento das populações humanas.
- 10 Juntamente com a Química e a Física, a Biologia também deve participar do controle da poluição ambiental. A conservação do solo, o manejo dos ambientes naturais e a preservação das espécies são pontos em que a participação das ciências biológicas tem se mostrado decisiva.
- 11 Você provavelmente já ouviu falar da Engenharia Genética, um campo de pesquisa biológica recente que consiste em um conjunto de técnicas e métodos para manipular o material genético e criar organismos antes inexistentes. Por exemplo, genes de uma espécie podem ser isolados e introduzidos em outras espécies, conferindo-lhes propriedades hereditárias novas, ausentes nos ancestrais. Organismos produzidos dessa forma são denominados transgênicos, ou organismos geneticamente modificados (OGM).
- 12 A primeira aplicação comercial dos organismos transgênicos começou em 1982, com a produção de insulina por bactérias geneticamente modificadas. Com essa tecnologia, genes humanos são implantados nas bactérias, que passam a produzir proteínas humanas de interesse médico. Desse modo, aproveita-se a capacidade de multiplicação das bactérias para transformá-las em verdadeiras fábricas de substâncias que nos interessam, como a insulina ou o hormônio do crescimento, entre outras.
- 13 As modernas tecnologias de Engenharia Genética têm permitido obter com relativa facilidade organismos geneticamente modificados, sobretudo plantas. O cultivo em larga escala de plantas transgênicas, no entanto, tem sido alvo de discussões acaloradas entre defensores e opositores dessa tecnologia, como você já deve ter acompanhado pela imprensa. Os defensores acreditam que a inovação tecnológica poderá causar uma verdadeira revolução na agricultura, com aumento da produção de alimentos e todas as consequências benéficas daí derivadas. Os que se opõem ao uso de organismos transgênicos reclamam contra os possíveis perigos para o ambiente e para a saúde humana (Fig. 1.15).
- 14 Em nossa opinião, por um lado é preciso ter certo grau de segurança quanto ao emprego dos organismos transgênicos, levando em conta seus potenciais riscos para o ambiente e para a saúde. Entretanto, também não se pode simplesmente abrir mão de uma tecnologia capaz de trazer melhorias substanciais à qualidade de vida das pessoas. Não deixe de acompanhar essas discussões e formar sua opinião a respeito. Exercite sua cidadania.



Apêndice 13: Ciência e Tecnologia (V1, AM, 3/3)



Figura 1.15
A. O melhoramento de plantas e animais, que atualmente já emprega recursos de Engenharia Genética, permite alterar características dos seres vivos, como o tamanho de frutos de tomate, por exemplo.
B. Bazeiro geneticamente modificado com o objetivo de produzir hormônio de crescimento humano.



GUIA DE LEITURA

1. Leia os dois primeiros parágrafos do quadro; certifique-se de que compreendeu claramente a diferença entre ciência e tecnologia. Responda: a tecnologia surgiu antes ou depois da ciência?
2. Leia o terceiro e quarto parágrafos, que comentam a antiguidade da capacidade tecnológica dos seres humanos. Com certeza, é possível encontrar outros exemplos de desenvolvimentos tecnológicos na cultura indígena brasileira. Pense nisso como uma possível pesquisa.
3. Leia o quinto parágrafo do quadro. Qual é a ideia central ou, em outras palavras, como o texto relaciona, contemporaneamente, ciência e tecnologia?
4. Nos parágrafos 6 e 7 afirma-se que as aplicações tecnológicas das ciências não são necessariamente boas. Além dos exemplos do texto, você conhece outras aplicações tecnológicas eventualmente perigosas? Considere esse outro bom tema de pesquisa.
5. No item do quadro – *Biologia, presente e futuro* – os parágrafos 8, 9 e 10 comentam os desafios e as possíveis contribuições da Biologia para o futuro da humanidade, o que mostra a importância de seu estudo. Em sua opinião, qual a ideia ou informação mais importante que pode ser sintetizada desses três parágrafos?
6. Os parágrafos 11 e 12 apresentam informações sobre os organismos geneticamente modificados, ou transgênicos. Em sua opinião, essas informações melhoraram sua compreensão sobre os transgênicos?
7. Os dois parágrafos finais (13 e 14) comentam as polêmicas sobre as modernas tecnologias de produção de organismos geneticamente modificados, ou transgênicos. Esse assunto tem sido muito veiculado na imprensa, envolvendo até mesmo a obrigatoriedade de identificar no rótulo que um produto (como o milho, por exemplo) é geneticamente modificado. O que você já conhece a respeito? Procure acompanhar esse assunto na próxima oportunidade que ele surgir.

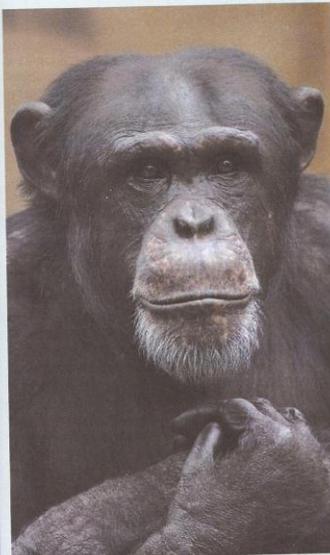
Apêndice 14: Chimpanzés pertencem ao gênero humano (SP, V2)

Ciência, tecnologia e sociedade

Chimpanzés pertencem ao gênero humano

Chimpanzés são humanos, concluíram cientistas dos EUA, após uma análise genética cujos resultados podem ter implicações sérias nos esforços de preservação desses animais e em seu uso como cobaias em pesquisas científicas.

Segundo o pesquisador Morris Goodman, da Universidade Estadual Wayne, em Detroit, que coordenou o estudo, a análise de 97 genes de seres humanos, chimpanzés, gorilas, orangotangos e macacos mostrou que,



O chimpanzé (*Pan troglodytes*; cerca de 90 cm de altura) tem 99,4% de semelhança genética com os seres humanos.

entre pessoas e chimpanzés, a semelhança é de 99,4%. Para Goodman e sua equipe, isso é tão pouco que não justifica classificar os chimpanzés em outra família que não aquela a que pertencem o homem e os homínidos que o precederam.

Pesquisas anteriores sugeriram que 95% do DNA humano são idênticos ao do chimpanzé. Goodman diz ter encontrado resultados diferentes por ter concentrado a comparação apenas em trechos do DNA que, se alterados, mudariam a "leitura" da instrução genética ali contida e, em consequência, a produção de proteínas.

Pela classificação em vigor, chimpanzés pertencem à família dos outros grandes macacos, a Pongidae, em que também se encaixam gorilas e orangotangos*. Os seres humanos são da família Hominidae, dividida, normalmente, em três gêneros: *Homo*, *Australopithecus* e *Ardipithecus*. Fora o *Homo sapiens* (o homem moderno), restam apenas fósseis da família Hominidae.

Goodman, porém, sugere não apenas que os chimpanzés sejam incluídos na família a que pertence o homem, como no gênero *Homo*. Ele não é o primeiro a propor que seres humanos e chimpanzés pertençam a um mesmo gênero, mas nunca antes isso havia sido dito com base em uma comparação genética tão clara.

Em entrevista à BBC, Derek Wildman, coautor do estudo divulgado pela revista científica americana *Proceedings of the National Academy of Sciences*, disse que o que os resultados mostram é que os chimpanzés são mais próximos do homem do que são de qualquer outro macaco.

Revista Época. Chimpanzés pertencem ao gênero humano, concluem pesquisadores após nova comparação genética. São Paulo, n. 261. 20 maio 2003.

Disponível em: <http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,EDG57604-6014,00-CHIMPANZES+PERTENECEM+AO+GENERO+HUMANO+CONCLUEM+PESQUISADORES+APOS+NOVA+COMP+html>. Acesso em: 23 abr. 2009.

* Posteriormente à publicação deste artigo, foi proposta outra classificação, segundo a qual a família Hominidae inclui, além de seres humanos, outros primatas, como orangotangos, gorilas e chimpanzés.

Para discutir

1. Por que o resultado das pesquisas anteriores sugeria que a semelhança entre o DNA humano e o do chimpanzé seria de 95% e a última pesquisa encontrou 99,4% de semelhança?
2. Por que a maior semelhança genética com o ser humano pode interferir nos esforços de preservação dos chimpanzés e em sua utilização como cobaias?