



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Química

Instituto de Física

Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado profissional em Ensino de Ciências

**O ENSINO DE GENÉTICA NA FORMAÇÃO SUPERIOR: UMA EXPERIÊNCIA DE
EDUCAÇÃO CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade)**

GABRIELA BARBOSA DE ANDRADE

Brasília - DF

2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Química

Instituto de Física

Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado profissional em Ensino de Ciências

**O ENSINO DE GENÉTICA NA FORMAÇÃO SUPERIOR: UMA EXPERIÊNCIA DE
EDUCAÇÃO CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade)**

GABRIELA BARBOSA DE ANDRADE

Dissertação Realizada sob orientação da Professora Doutora Maria de Nazaré Klautau – Guimarães e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração “Ensino de Biologia”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília

Brasília - DF

2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

GABRIELA BARBOSA DE ANDRADE

O ENSINO DE GENÉTICA NA FORMAÇÃO SUPERIOR: UMA EXPERIÊNCIA DE EDUCAÇÃO CTS

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Biologia”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 03 de março de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^(a) Dr.^(a) Maria da Nazaré Klautau-Guimarães (Presidente)

Prof.^(a) Dr.^(a) Mariana de Senzi Zancul (Membro externo – NECBIO/UnB)

Prof.^(a) Dr.^(a) Alice Melo Ribeiro (Membro interno – PPGEC/UnB)

Aos meus pais,

Ao meu esposo,

À minha orientadora, Maria de Nazaré Klautau-Guimarães,

A todos os professores empenhados em melhorar a educação brasileira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar a graça de poder aprimorar minha formação profissional e, assim, servi-lo e amá-lo cada vez mais.

Aos meus pais, Márcio e Yara, pelo amor incondicional e diário que nutrem por mim. Agradeço também por acreditarem nos meus sonhos e me incentivarem todos os dias a ser uma pessoa melhor.

Aos meus irmãos, Maíra e Pedro, obrigada por encherem minha vida de sorrisos e me ensinarem que a alegria reside nos momentos mais simples compartilhados no seio de uma família.

Ao meu esposo, Miguel, pelo incentivo constante, mesmo nos momentos de desânimo, e por me acompanhar, lado a lado, com todo carinho e atenção, neste caminho percorrido.

A minha orientadora, Maria de Nazaré Klautau – Guimarães, por toda a dedicação dispensada a este trabalho e por ser apoio sereno e seguro nos momentos de dificuldade e incertezas.

A todos os professores do PPGEC, que tanto contribuíram com a minha formação profissional e me ajudaram a construir um olhar mais humano sobre o ensino de Ciências.

Aos Professores Wildson Luiz Pereira dos Santos (em memória), Alice Melo Ribeiro, Mariana de Senzi Zancul e Aline Cabral Braga de Medeiros por participarem da Banca Examinadora, seja por ocasião do Exame de Qualificação do Projeto, seja pela Defesa da Dissertação, com preciosas sugestões, que colaboraram para a melhoria deste trabalho.

Ao grande mestre, professor João, por guiar meu caminho profissional desde os meus primeiros passos como aluna e como educadora e, acima de tudo, por me dar o exemplo de uma pessoa humana e comprometida.

A todos os amigos que de alguma forma me ajudaram nesta jornada. De maneira especial, agradeço à amiga Thay, pela ajuda na organização de metas e prazos, e ao amigo João Paulo, pela formatação e revisão deste trabalho.

Aos meus alunos, por serem meu grande incentivo na busca de uma educação crítica, inclusiva e libertadora.

RESUMO

O ensino de genética é considerado um tópico de grande relevância no ensino de ciências. Apesar de sua importância, esta subárea do ensino de Ciências é caracterizada como excessivamente descritiva e focada na memorização e repetição de conceitos, sem considerar os aspectos tecnológicos, sociais e culturais relacionados. O presente trabalho foi desenvolvido na tentativa de trazer propostas de atuação docente para o ensino de genética, desenvolvendo estratégias que visam a contextualização à luz da educação CTS. Este trabalho é norteado pela seguinte pergunta: como uma sequência didática CTS pode contribuir para solucionar o problema de contextualização no ensino de genética, na educação superior? A estratégia escolhida contou com duas etapas. A primeira delas foi a elaboração do panorama geral de uma disciplina de Genética ministrada para alunos de Ciências biológicas, na educação superior. Esta elaboração foi feita a partir de análise documental de dados arquivados e aplicação de questionários de avaliação para alunos que já haviam cursado a disciplina. O panorama geral revelou que o contexto local observado, de modo geral, possui a mesma caracterização descrita na literatura, predominando a falta de contextualização dos conteúdos científicos. A segunda etapa foi o desenvolvimento de uma proposta de intervenção constituída por uma sequência didática aplicável para alunos da educação superior que cursam a disciplina Genética em sua graduação. A sequência didática, estruturada à luz dos pressupostos da educação CTS, foi norteada pelo tema “identificação individual humana”. A avaliação desta experiência foi feita a partir de análise qualitativa e foram utilizados os seguintes instrumentos de coleta de dados: 1) Anotações no diário de campo; 2) Gravação de áudio das aulas; 3) Questionário de avaliação. A análise desta experiência mostrou que os alunos participantes passaram a enxergar o processo de ensino/aprendizagem de forma mais crítica e reflexiva, sendo capazes de associar o conhecimento científico estudado a outros fatores que enriqueceram a sua formação. A sequência didática também pareceu favorecer a reflexão e tomada de decisão a respeito de temas sociais importantes relacionados à genética. Os resultados deste trabalho revelam que a educação CTS pode trazer muitos benefícios ao ensino de genética, favorecendo a compreensão de conceitos e uma educação mais contextualizada, que possa tornar os alunos mais participativos tanto na construção do conhecimento quanto nas decisões que precisará tomar enquanto cidadão.

Palavras Chave: Ensino de Genética; Educação CTS; Contextualização.

ABSTRACT

Genetics is considered a topic of great relevance in Science teaching. Despite its importance, this subarea of Science teaching is characterized as excessively descriptive and focused on the memorization and repetition of concepts, which do not consider the technological, social and cultural aspects related to it. This study was developed in an attempt to present teaching proposals for genetics that develop strategies that aim at contextualizing through STS education. This work is oriented by the following question: how can an STS didactics contribute to solve the contextualizing problem in genetics teaching, in higher education? The chosen strategy had two stages. The first one was the elaboration of a general overview of a Genetics subject taught to Biological Science students, in higher education. This elaboration was made from document analysis of filed data and application of evaluation questionnaires for students who had already taken the subject. The general overview revealed that the local context observed, in general, has the same characterization described in the literature, where the lack of contextualization of scientific contents prevails. The second stage was the development of an intervention proposal, constituted of a didactics sequence applicable to higher education students who take the subject Genetics in their undergraduate course. The didactics sequence, which was structured under the concepts of STS education, was oriented by the theme “human individual identification”. The evaluation of this experience was carried out from qualitative analysis and the following data collection tools were used: 1) Notes in the field diary; 2) Audio recording of the classes; 3) Evaluation questionnaire. The analysis of this experience showed that the students started to see the teaching/learning process in a more critical and reflexive manner, being capable of associating the scientific knowledge studied to other factors that enhance their formation. The didactics sequence also seemed to favor the reflection and decision-making process regarding important social themes related to genetics. The outcomes of this work showed that STS education can bring many benefits to genetics teaching, favoring the understanding of concepts and a more contextualized education, which may make students become more involved in the knowledge construction as well as in the decisions they will have to make as a citizen.

Key Words: Genetics teaching; STS Education; Contextualization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - A essência da educação CTS..... | 32 |
| Figura 2 - Orientações curriculares do ensino CTS..... | 35 |
| Figura 3 - Organograma do percurso metodológico da investigação | 47 |
| Figura 4 - Menções obtidas por todos os alunos de genética do curso de Ciências Biológicas de 2010 a 2015..... | 52 |
| Figura 5 - Recursos didáticos utilizados pelos professores..... | 53 |
| Figura 6 - Temas sugeridos pelos alunos. | 55 |
| Figura 7 - Relação entre a menção dos alunos e sua auto avaliação..... | 56 |
| Figura 8 - Respostas dos alunos à pergunta: durante a disciplina Genética, o professor buscou contextualizar o conteúdo, trazendo aplicações práticas relacionadas com situações reais? ... | 57 |
| Figura 9 - Ênfase aos elementos da tríade CTS a cada encontro da SD | 75 |
| Figura 10 - Sequência para ensino de ciências CTS | 76 |
| Figura 11 - Avaliação dos recursos didáticos empregados na SD..... | 80 |
| Figura 12 - Categorias de resposta dos alunos às perguntas: Qual foi a relevância desta sequência didática para a sua formação profissional? De que maneira essa abordagem foi relevante para sua vida pessoal? | 84 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Principais problemas que compõem a problemática do ensino de genética, segundo levantamento bibliográfico..... | 18 |
| Quadro 2 - Categorias de ensino CTS..... | 38 |
| Quadro 3 - Descrição dos objetivos, temáticas, atividades desenvolvidas e estratégias didáticas em cada encontro da SD. | 60 |
| Quadro 4 - Principais aspectos da tríade CTS abordados em cada encontro | 74 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Menções obtidas pelos alunos de Genética a cada semestre..... | 51 |
| Tabela 2 – Número de aprovações e reprovações e índice de reprovação por semestre | 52 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|------|--|
| AC | Alfabetização Científica |
| CT | Ciência e Tecnologia |
| CTS | Ciência, Tecnologia e Sociedade |
| CTSA | Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente |
| DNA | Ácido Desoxirribonucleico |
| LC | Letramento Científico |
| LDB | Lei de Diretrizes e Bases |
| OGM | Organismo Geneticamente Modificado |
| PCN | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| PGH | Projeto Genoma Humano |
| PNLD | Programa Nacional do Livro Didático |
| SD | Sequência Didática |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2 | CARACTERIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA: O ENSINO DE GENÉTICA..... | 17 |
| 2.1 | Erros conceituais e desatualização..... | 19 |
| 2.2 | Excesso de conteúdo curricular | 22 |
| 2.3 | Falta de contextualização | 24 |
| 3 | O MOVIMENTO CTS..... | 28 |
| 3.1 | Reflexões sobre o ensino de ciências e seu papel na formação cidadã..... | 28 |
| 3.2 | Histórico do Movimento CTS | 33 |
| 3.3 | Educação científica CTS | 35 |
| 3.4 | A educação CTS como proposta para o ensino de genética..... | 41 |
| 4 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 46 |
| 4.1 | Caracterização da pesquisa..... | 46 |
| 4.2 | Contexto da pesquisa e coleta de dados | 47 |
| 4.2.1 | Gravação em áudio | 49 |
| 4.2.2 | Diário de campo..... | 49 |
| 4.2.3 | Questionário de avaliação | 49 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 51 |
| 5.1 | Panorama local da disciplina Genética | 51 |
| 5.2 | Estruturação e aplicação da Sequência Didática | 59 |
| | Encontro 1 | 61 |
| | Encontro 2 | 62 |
| | Encontro 3 | 64 |
| | Encontro 4 | 66 |
| | Encontro 5 | 67 |
| | Encontro 6 | 71 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.3 | Discussão das categorias de análise..... | 73 |
| 5.3.1 | Articulação da tríade CTS..... | 73 |
| 5.3.2 | Recursos didáticos empregados..... | 78 |
| 5.3.3 | Potencial de contextualização | 81 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 86 |
| | REFERÊNCIAS | 89 |
| | APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para avaliação da disciplina Genética..... | 95 |
| | APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participação na sequência didática | 96 |
| | APÊNDICE C - Questionário de avaliação da disciplina Genética (panorama local) | 97 |
| | APÊNDICE D - Questionário de avaliação da sequência didática estruturada..... | 99 |
| | APÊNDICE E - Roteiro de aula prática: atividade 1 – dados individuais | 101 |
| | APÊNDICE F - Roteiro de aula prática: atividade 2 – Coleta e análise de dados da classe.. | 104 |
| | APÊNDICE G - Questões sociocientíficas utilizadas no encontro 5 da sequência didática (REIS, 2003. Adaptado)..... | 106 |
| | ANEXO A - Resumo do Artigo: Estratégias para a identificação humana: do geral ao genoma | 108 |
| | ANEXO B - Resumo do Artigo: A importância da identificação humana nos desastres de massa naturais, acidentais ou provocados: uma abordagem multidisciplinar | 109 |
| | ANEXO C - Resumo do Artigo: A antropologia forense como triagem para as análises da genética forense | 110 |
| | ANEXO D - Resumo do Artigo: Conectando famílias de construções genéticas: testes de DNA na reunificação da família somali na Finlândia..... | 111 |

1 INTRODUÇÃO

Ao longo de minha carreira como professora de biologia, me deparei algumas vezes com questionamentos dos meus alunos acerca da necessidade de aprender sobre determinados conteúdos presentes no currículo escolar. Acredito que todo professor já tenha se deparado com tal questionamento. É inquietante observar, entretanto, que muitas vezes o próprio professor não possui respostas plausíveis para essa pergunta. Afinal, qual é o objetivo de se ensinar ciência nas escolas? O que queremos que nossos alunos construam ao longo de tantos anos de dedicação a sua formação? Acredito que, ao aprender ciência, o aluno precisa aprender sobre sua própria vida e sobre os aspectos sociocientíficos que o cercam. O professor possui a importante função de despertar nos alunos o interesse em investigar e conhecer o mundo que o cerca, confrontando ideias, negociando significados, na busca de introduzi-los no mundo das ideias científicas (SCHNETZLER, 2004 apud ABREU, 2014) e de suas aplicações na sociedade em que vivem. Simon e colegas (2006) citados por Dawson e Venville (2010) mostraram, em seu estudo, o importante papel do professor em auxiliar seus alunos a entender a importância de argumentar, ouvir, refletir e tomar uma posição frente a questões sociocientíficas abordadas no contexto escolar. Ao ensinar ciência, o professor precisa se questionar permanentemente por que ensina, o que ensina e como ensina. É uma reflexão constante de sua própria prática.

Tratando especificamente do ensino de biologia, ciência que se dedica a estudar a vida e os organismos vivos, me parece especialmente preocupante a descontinuidade existente entre os conteúdos escolares e a realidade dos alunos. Pertencemos à espécie humana, uma entre tantas outras que adquiriu, no percurso da evolução, complexidade tal que nos tornou capazes de formar sociedades organizadas e interagir com outras espécies visando a nosso benefício. Dessa forma, estudantes de biologia de todo o mundo deveriam compreender a relevância dos conhecimentos acerca dessa ciência para suas vidas, sua saúde, seus valores, sua relação com a natureza, etc.

Como subárea do ensino de biologia, o ensino de genética merece destaque nesta reflexão. A genética é uma vertente da ciência que possui estreitas relações com a humanidade, abarcando desde estudos celulares até populacionais e envolvendo questões sociais, éticas e tecnológicas que afetam as relações humanas e a qualidade de vida da população em geral. Ao dialogar com tópicos como clonagem, uso de organismos

geneticamente modificados (OGM), terapia gênica, criminalística, entre muitos outros, o estudo de estruturas e mecanismos genéticos é capaz de dotar um indivíduo de ferramentas para formar valores morais e tomar decisões importantes que se relacionem com todas essas temáticas. (AYUSO e BANET, 2002). Portanto, espera-se que o ensino de genética seja desenvolvido de maneira a levar em conta todos os aspectos sociais, éticos, políticos, ambientais, culturais e econômicos envolvidos, favorecendo uma compreensão global da vida e do mundo. Para dotar alunos de tais habilidades, é importante que, na prática, o ensino de genética desenvolva pesquisas e debates no espaço educativo, de forma que os alunos se sintam participantes e sejam estimulados a formular e discutir suas opiniões e conceitos.

Entretanto, esse não é um retrato fiel da situação atual. O ensino de genética é tradicionalmente caracterizado por seu caráter descritivo, livresco, focado em memorização, repetição de conceitos e problemas matemáticos e, acima de tudo, descontextualizado com a realidade do aluno. As aulas, exercícios e avaliações versam sobre temas desvinculados de aspectos tecnológicos, sociais e culturais

A falta de contextualização é um problema enfrentado por várias outras áreas, disciplinas e contextos educativos e tem destaque importante no ensino de genética. Na educação superior, esse desafio é ainda mais preocupante, uma vez que esse nível de ensino abarca a formação de profissionais que atuam diretamente na sociedade, entre os quais os professores. Muitos professores, por não assimilarem tais conhecimentos como parte de sua formação cidadã, acabam por não enfatizarem esses aspectos em sua prática pedagógica, gerando o ciclo de transmissão de informações desatualizadas e descontextualizadas que se configura atualmente. Além disso, muitos outros cursos de educação superior também possuem disciplinas de genética em sua grade curricular, o que caracteriza a importância dessa área de ensino para a formação de profissionais críticos e capacitados para trabalhar nas mais diversas áreas de atuação na sociedade.

A qualidade do ensino de genética pode ser aprimorada, à medida que se tracem eixos norteadores e se alcancem mudanças profundas. Uma estratégia na solução dessa problemática é a utilização da educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no ensino de genética. Esse tipo de enfoque surge como possibilidade frente à necessidade de tornar o ensino de genética mais contextualizado, favorecendo uma formação mais crítica e participativa na sociedade. Essa estratégia é utilizada no ensino de ciências para promover uma proposta de diálogo e, por ter relação direta entre os conteúdos científicos e o contexto

social e tecnológico, promove, dessa maneira, uma relação profunda, integrada e codependente entre ciência, tecnologia e sociedade (AIKENHEAD, 2009; SANTOS, 2007; SANTOS e MORTIMER, 2000).

Diante de tantas dificuldades encontradas no ensino de genética atual, acredito que a educação CTS pode favorecer a resolução de parte desses desafios. Por seu caráter global, que busca compreender relações complexas entre diversos aspectos da vida humana, a educação CTS pode ser aplicada ao ensino de genética na tentativa de resgatar o papel da ciência e das tecnologias associadas na sociedade e, particularmente, na vida de cada aluno envolvido.

Frente a todas essas situações, este trabalho se propõe a analisar a realidade local de uma disciplina de Genética na educação superior, no curso de Ciências Biológicas de uma universidade federal, comparando-a com os relatos encontrados na literatura científica, além de estruturar e aplicar uma sequência didática baseada nos princípios da educação CTS em uma turma de Genética na educação superior. Este trabalho é norteado pela seguinte pergunta: Como uma sequência didática CTS pode contribuir para solucionar o problema de contextualização no ensino de genética, na educação superior? A partir desse eixo de orientação, foram traçados os seguintes objetivos:

a) traçar o panorama local de uma disciplina de Genética oferecida ao curso superior de Ciências Biológicas em uma universidade federal, por meio de análise documental e questionários.

b) estruturar uma sequência didática à luz da educação CTS voltada para o ensino superior;

c) aplicar a sequência didática em um contexto de ensino superior e avaliar os resultados dessa experiência; e

d) estruturar, como proposição final, uma sequência didática que sirva como material para o ensino e a aprendizagem de Genética no ensino superior.

O panorama local da disciplina de Genética foi traçado a partir de uma análise documental e aplicação de questionários a graduandos em ciências biológicas que já cursaram a disciplina de Genética, visando a avaliar os resultados de desempenho dos alunos que já cursaram a disciplina ao longo dos últimos 10 anos e identificar as opiniões desses alunos a respeito do tipo de metodologias e abordagens utilizadas pelos professores regentes, bem como as avaliações sobre como o ensino de genética foi abordado, se de maneira

contextualizada. A partir dessa análise, ocorreu a estruturação, aplicação e avaliação de uma sequência didática baseada nos princípios da educação CTS voltada para alunos de diversos cursos da educação superior que tenham a disciplina Genética em sua grade curricular. Essa sequência didática tem como temática principal a “**Identificação humana**”, abordando aspectos históricos e científicos da identificação de indivíduos, assim como as diversas tecnologias associadas, desde a utilização das impressões digitais até marcadores genéticos de DNA, além das implicações éticas e sociais envolvidas. A sequência didática foi aplicada em versão piloto em uma disciplina optativa ofertada para alunos de Ciências Biológicas e outros cursos da educação superior, com a finalidade de avaliar os efeitos positivos e as limitações desse material como um potencial instrumento de contextualização dos conteúdos científicos de genética.

Como justificativas à realização deste trabalho, pode-se salientar: a) o interesse pessoal pela área de ensino de genética, visto que essa é uma temática que envolveu toda a minha formação desde a educação básica e pela qual desenvolvi particular atenção ao longo de minha carreira; b) a necessidade de transformações profundas no ensino de genética, de forma que se torne mais contextualizado à situação social dos alunos envolvidos; e c) a necessidade de implementação de um ensino de ciências para a cidadania nos diversos níveis de educação.

Além da presente introdução, este trabalho é sustentado por uma revisão de bibliografia sobre o ensino de genética, que busca caracterizar a problemática, levantando os principais desafios enfrentados por essa área de ensino, no primeiro capítulo. O capítulo 3 traz um breve levantamento histórico sobre o movimento CTS e sua aplicação no ensino de ciências e no ensino de genética. O capítulo quatro apresenta a descrição dos procedimentos metodológicos e o capítulo cinco trata dos resultados encontrados nesta investigação.

2 CARACTERIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA: O ENSINO DE GENÉTICA

O ensino de genética é considerado, por muitos autores e professores, um tópico de grande relevância no ensino de ciências (ver, por exemplo, AYUSO e BANET, 2002; FINLEY et. al, 1982; GOLDBACH e MACEDO, 2008; LEWIS e WOOD-ROBINSON, 2000). Entre as justificativas apontadas para tal opinião, consta a argumentação de que o conhecimento sobre as bases da hereditariedade e suas implicações pode dotar os alunos de uma série de habilidades, tais como: a) compreender o significado de fenômenos biológicos importantes; b) compreender e se interessar sobre as investigações científicas que ocorrem nesse âmbito; e c) ser capaz de se posicionar frente a questões sociais e científicas que se referem à genética, tais como clonagem, OGM's, testes de paternidade, genética forense, genética médica, reprodução assistida, entre muitos outros. Voltando a atenção para esta última habilidade, nota-se o diálogo com um dos objetivos centrais do ensino de ciências: o de favorecer uma transformação social que passa pelo indivíduo que aprende e torna-se capaz de conhecer, interpretar, avaliar e modificar de maneira positiva a sua esfera social (ACEVEDO DÍAZ, 2005; AIKENHEAD, 2003). Os recentes avanços na área da genética e da biologia trouxeram à tona inúmeras temáticas que passaram a permear a sociedade. Um cidadão inteirado do conhecimento científico, que se baseia em tais informações, é capaz de interpretá-las e discerni-las, bem como de tomar decisões acertadas acerca das questões sócio-científicas relacionadas. (BONZANINI e BASTOS, 2005). Por questões sócio-científicas, entende-se questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e tecnologia (SANTOS, 2002 apud SANTOS, 2007).

Diante do exposto, nota-se a relevância concedida por muitos autores ao ensino de genética. Apesar disso, essa subárea do ensino de ciências apresenta desafios a serem vencidos. Em muitos contextos educacionais, o ensino de genética vem sendo praticado sob abordagens que não condizem com a sua importância prática. Tradicionalmente, o ensino de genética é caracterizado por possuir um caráter excessivamente descritivo, onde os professores se preocupam em delimitar conceitos específicos sem realizar qualquer contextualização à realidade dos alunos. A prática pedagógica muitas vezes é dominada por aulas expositivas e avaliações focadas na memorização e repetição de conceitos, desconsiderando fatores tecnológicos, sociais, culturais, científicos ou locais. (LIMA E TEIXEIRA, 2011; SOUSA e TEIXEIRA, 2014). Além disso, os materiais didáticos carecem de atualização. As recentes descobertas advindas do Projeto Genoma Humano (PGH), bem como as aplicações na área da biotecnologia, não constam na maioria dos livros didáticos, um

aspecto preocupante se entendermos a ciência como um produto em contínua transformação. (PEDRANCINI et. al, 2008; XAVIER et. al, 2006). A atualização de informações, tão prezada pela ciência, deve constar também no ambiente escolar. As descobertas científicas trazem novas demandas ao ensino de genética. Com tantos temas trazidos à tona, não é mais viável que se exerça o ensino de genética apenas com a resolução de cálculos matemáticos e exercícios de herança mendeliana sem contextualização. Os alunos precisam posicionar-se frente a situações problema, entender os desdobramentos decorrentes de determinadas tomadas de decisão, etc. Em resumo, os alunos precisam pensar sobre os aspectos genéticos e suas aplicações, e não apenas memorizar seus conceitos e processos.

Todos esses desafios trazem, como consequência, a dificuldade de aprendizagem que também caracteriza o ensino de genética. Estudos que objetivaram realizar um levantamento de conhecimentos dos alunos e sua compreensão a respeito de temas relativos à genética mostraram que, em muitos casos, os alunos não possuíam clareza no entendimento de conceitos básicos, tais como a relação entre gene e cromossomo (LEWIS e WOOD-ROBINSON, 2000; OLIVEIRA et. al, 2011). A simples memorização de terminologias científicas, tão incentivada nesse campo, pode dificultar a verdadeira compreensão dos alunos. Além de serem prejudiciais à formação cidadã, esses desafios tornam o ensino desestimulante e cansativo. O desinteresse dos jovens pela aprendizagem científica e tecnológica é uma preocupação real em diversos países e tem sido abarcada pelas investigações em educação científica. (SOUTO et. al, 2016).

A pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho revelou que os principais problemas que compõem a problemática do ensino de genética destacados na literatura podem ser resumidos a três: erros conceituais nos livros didáticos e na prática pedagógica dos professores, excesso de conteúdo curricular e falta de contextualização, conforme o Quadro 1. Esses tópicos serão analisados a seguir.

Quadro 1 - Principais problemas que compõem a problemática do ensino de genética, segundo levantamento bibliográfico.

| Problemas relacionados | Algumas referências |
|---------------------------------------|--|
| Erros conceituais | Bonzanini e Bastos (2005); Camargo e Infante-Malchia (2007); Franzolin e Bizzo (2012); Franzolin e Bizzo (2014); Oliveira et al (2011); Xavier et al (2006); |
| Excesso de conteúdo curricular | Ayuso e Banet (2002); Franzolin e Bizzo (2012); Sousa e Teixeira (2014) |

| | |
|----------------------------------|--|
| Falta de contextualização | Bonzanini e Bastos (2008); Oliveira et al (2011); Oliveira e Silveira (2010); Santos e El-Hani (2009); Sousa e Teixeira (2014); Xavier et al (2006); |
|----------------------------------|--|

2.1 Erros conceituais e desatualização

Em um levantamento realizado por Oliveira et. al (2011), foram analisadas publicações de quatro periódicos nacionais de ensino de ciências entre 2004 e 2010 e observou-se que a maior parte das produções científicas relacionadas ao ensino de genética se dedicaram à avaliação dos conceitos apresentados tanto por professores e alunos quanto por livros didáticos. Segundo esse levantamento bibliográfico, os alunos apresentam uma visão reducionista e ingênua da ciência, o que pode advir de uma abordagem excessivamente simplificada por parte do professor. Isso acontece nos exemplos clássicos de genética humana, quando se extrapolam as leis mendelianas para a herança de fenótipos complexos, como a cor da pele e suscetibilidade a doenças, por exemplo, sem considerar fenômenos como interação gênica e influências ambientais. Esse entendimento superficial acerca de alguns fenômenos biológicos pode comprometer o processo de aprendizagem do aluno. De acordo com Camargo e Infante-Malachia (2007), a abordagem de conceitos demasiadamente simplificados ou desatualizados, como os referentes a genes, padrões de herança, mitose e meiose, entre outros, pode reforçar uma visão positivista e ingênua da ciência, além de dificultar ou fornecer uma compreensão errônea de como esses temas afetam os seres vivos e a sociedade.

Um outro problema, levantado a partir do trabalho de Oliveira, et. al (2011), é a desatualização de conceitos e descobertas científicas nos livros didáticos, também discutido por Xavier, et. al (2006). Essa desatualização contribui para a formação de conceitos empíricos e delimitados, uma visão que dificulta o entendimento da ciência em contínua transformação. Apesar de a literatura entrar em consenso quanto a necessidade de o material educativo ser continuamente avaliado, revisado e atualizado, muitos problemas graves são apontados nos livros didáticos, sendo a desatualização dos conteúdos um dos fatores que mais prejudica o ensino de genética.

A literatura científica relacionada ao ensino de genética se dedica enfaticamente ao estudo e à avaliação de materiais didáticos, como livros e apostilas (OLIVEIRA et. al, 2011; XAVIER et. al, 2006). No âmbito escolar brasileiro, o livro didático constitui importante

ferramenta para a educação básica, sendo avaliado e distribuído gratuitamente pelo Governo Federal às escolas públicas pelos Programas Nacionais do Livro Didático (PNLD). O livro didático é um material utilizado tanto por professores quanto por alunos no processo de ensino e aprendizagem, sendo uma opção complementar de estudos e fixação por meio de exercícios, além de um auxílio para professor e escola como um todo em seu planejamento curricular e pedagógico (FRANZOLIN E BIZZO, 2014). Apesar de ser considerado um elemento central nesse cenário, o livro didático não deve ser o único material de apoio a ser utilizado na escola e nas universidades. Em alguns contextos, ele é utilizado como um rígido manual, que limita a prática do professor e subjugua os alunos a um aprendizado superficial, de memorização e reprodução de conceitos findados (FREITAG et al., 1997).

A principal causa apontada para a alta incidência de erros conceituais nos livros didáticos e na escola é a constante atualização dos conhecimentos científicos, mais notadamente após o PGH, que contribuiu para uma grande revisão do entendimento de processos genéticos (DOUGHERTY, 2009). Essa atualização foi descontinuada no ambiente escolar, tanto no que diz respeito aos livros didáticos e apostilas quanto em relação à formação inicial e continuada de professores. A literatura aponta que as recentes tecnologias do DNA e aplicações modernas da genética ainda são pouco tratadas nas salas de aulas e nos livros didáticos (BONZANINI e BASTOS, 2005; FRANZOLIN e BIZZO, 2012, XAVIER et. al, 2006). Quando mencionados, esses assuntos não são relacionados ao contexto social dos alunos, o que dificulta a compreensão e o entendimento da utilidade desses conhecimentos científicos. (FRANZOLIN e BIZZO, 2012). Um exemplo clássico desse lapso na assimilação de novos conhecimentos científicos na escola é o conceito de gene. Sendo um conceito chave para a compreensão de grande parte do universo da genética, o gene passou por contínuas alterações em sua definição desde a criação do conceito. (FLODIN, 2009; JOAQUIM e EL-HANI, 2010). No entanto, esse termo ainda é abordado, tanto na educação básica quanto na superior, junto à definição molecular clássica, desconsiderando-se todo o conhecimento acumulado posteriormente. Como subárea da ciência, a genética acompanha o desenvolvimento científico e está sujeita a rápidas e profundas mudanças. Portanto, a atualização de conceitos nos livros didáticos e nos discursos dos professores se faz necessária e carece de ser constante. No que diz respeito aos professores, essa atualização ainda pode ser impedida pela frequente dificuldade de realizar uma transposição didática eficiente entre o saber científico que aprendem em sua formação inicial e os saberes apropriados à formação de seus alunos na educação básica.

A atualização dos livros didáticos também deve passar pela abordagem histórica da Genética em seus diversos contextos temporais. Uma visão crítica de ciência é construída a partir da compreensão de que ela perpassa diversos contextos históricos e está em constante transformação. Essa visão se faz necessária na oposição à neutralidade científica e ao cientificismo, mitos que devem ser discutidos no ambiente escolar. (RANDO e PORRO, 2016). Essa noção histórica da Genética deveria ser explorada de maneira mais contundente nos livros didáticos, já que o viés histórico que acompanha as descobertas científicas não é enfatizado nos materiais de ensino (FABRICIO et. al, 2014).

Franzolin e Bizzo (2014) buscaram investigar as aproximações e distanciamentos existentes entre os conhecimentos de genética presentes nos livros didáticos e o conhecimento científico tido como referência na formação de professores. Por conhecimento de referência, os autores entendem aquele conhecimento que, embora de maneira alguma constitua uma verdade científica absoluta, possui confiabilidade, na medida em que foi validado por uma comunidade científica. Essa pesquisa revelou que livros didáticos brasileiros contêm generalizações a respeito de processos e conceitos relativos à genética e que, por vezes, essas generalizações podem ser consideradas distanciamentos em relação ao conhecimento científico de referência. Os autores, entretanto, não consideram esses distanciamentos como erros conceituais nos livros didáticos analisados, já que não atendem aos critérios oficiais de análise de livros didáticos para detecção de erros conceituais. Apesar disso, refletem sobre a pertinência dessas generalizações em materiais didáticos que são utilizados diretamente por professores e alunos da educação básica.

Hoje, sabemos que o material genético está envolvido em diversos processos, sendo influenciado por alterações como os transposons, a presença de pseudogenes, além de diferentes proteínas e sinais externos à própria célula. Todos esses novos conhecimentos geram repercussões que vão além das fronteiras da genética, dialogando com outras áreas da biologia (FRANZOLIN & BIZZO, 2012) e, portanto, não podem estar distantes do ambiente escolar, embora necessitem estar coerentemente adaptados à realidade da educação básica. A genética tem a função de engendrar todas as áreas de conhecimento das ciências biológicas, dialogando com cada uma delas e permitindo uma compreensão sistêmica da vida. Um ensino fragmentado e reduzido dificulta este diálogo e torna o conhecimento estanque. (GOLBACH e EL-HANI; 2008).

2.2 Excesso de conteúdo curricular

A constante atualização do conhecimento científico demanda concomitante atualização de materiais didáticos e programas de formação de professores. Marandino (2004) disserta sobre a necessidade de renovação dos currículos e implementação de novas descobertas científicas no ambiente escolar. Segundo esse trabalho, a avaliação constante se faz necessária porque o que é ensinado envelhece biologicamente e moralmente, aproximando-se do senso comum, sendo, conseqüentemente, banalizado e deslegitimado. A renovação de conhecimentos científicos no ambiente escolar visa a manter a estrutura do sistema educacional sempre renovada para garantir o cumprimento de sua função: uma educação atual, que seja condizente com as inovações tecnológicas e científicas de todas as áreas do conhecimento e que seja legitimada pela sociedade.

Em contrapartida, se o processo de atualização constante de conceitos não for realizado de maneira coerente com a realidade prática, pode acarretar em um currículo escolar sobrecarregado. O excesso de conteúdos ao qual os alunos são submetidos nas escolas é, segundo Milar (2003), uma das causas para a redução da eficiência do ensino de ciências. Como uma vertente englobada nesse processo, o ensino de genética enfrenta o mesmo desafio: como planejar e desenvolver práticas capazes de abordar todos os fenômenos, conceitos e descobertas recentes sem prejudicar o rendimento escolar? Como despertar nos alunos a consciência para a importância do ensino de genética, se os currículos estão preenchidos por conhecimentos acumulados ao longo de tantos anos de descobertas científicas?

O currículo extenso não é um fator isolado, mas apenas uma das pontas de uma rede de dificultadores. Esse problema vem acompanhado de prazos curtos, necessidade de cumprir com todos os conteúdos trabalhados nos livros didáticos, etc. Normalmente, para lidar com essas dificuldades, os professores adotam posturas práticas que acabam por tornar o ensino homogêneo e inflexível. As conseqüências são potencialmente prejudiciais. O ritmo das aulas é acelerado, o que não abre espaço para diálogos, perguntas e discussões. Os alunos não possuem tempo para compreender e produzir um novo conhecimento, já que, a todo momento, novos conceitos são introduzidos, numa luta incessante contra o tempo. Em todo esse percurso, é provável que as competências e habilidades mais importantes, que deveriam ser adquiridas na escola, se percam no meio de tanta informação e detalhes desnecessários (MILAR, 2003). Essa é uma reflexão feita pelos próprios professores, que embora se sintam

responsáveis por trazer novas abordagens de ensino e promover atividades integrativas e que desenvolvam capacidade crítica dos alunos, se veem obrigados a abandonar tais ideias para cumprir com o currículo proposto no prazo estabelecido, estagnando sua prática pedagógica em moldes tradicionais ineficientes. (SOUSA E TEIXEIRA, 2014).

Ayuso e Banet (2002) apontam alternativas para o ensino de genética em relação a seleção de conhecimentos científicos a serem adotados nas salas de aula. A proposta consiste em considerar o conhecimento prévio dos alunos para a seleção das etapas posteriores, baseando-se na prerrogativa da aprendizagem significativa de que um indivíduo aprende a partir daquilo que já conhece. Essa pode ser uma estratégia interessante, pois considera o contexto local para a formulação de currículos e planejamentos, sem uniformizá-los e sobrecarregá-los. A seleção de conteúdos e abordagens deve ser realizada de forma sensata, levando-se em conta sua utilidade formativa, para que o ensino não deixe de cumprir seus objetivos. A constante expansão do conhecimento científico deve gerar, de maneira concomitante, uma constante reflexão sobre o que ensinar. (AYUSO E BANET, 2002; FRANZOLIN & BIZZO, 2012). É, portanto, responsabilidade da escola e de seus profissionais, avaliar quais são os conhecimentos mais basilares e contextualizados a cada realidade escolar, para que os alunos sejam capazes de construí-los, interpretá-los e aplicá-los em seu contexto específico. Franzolin e Bizzo (2012) realizaram levantamento junto a professores e docentes sobre os conteúdos de genética básicos para a formação de cidadãos críticos. Segundo esse levantamento, os conteúdos basilares para o ensino de genética são padrões de herança, divisão celular, genética molecular (DNA e expressão gênica), aplicações da genética, biotecnologia e novas concepções de gene e de hereditariedade. Porém, para que os alunos consigam aplicar esses conhecimentos, o ensino precisa se voltar para o desenvolvimento de habilidades.

Adotar práticas que abordem menos conteúdos e mais habilidades pode parecer, à primeira vista, um contrassenso, se pensarmos a ciência como um produto mutável e que, portanto, acumula novos conhecimentos que precisam ser difundidos. Porém, voltando às discussões de Millar (2003) a respeito dos objetivos da educação em ciência, o entendimento de todos os fenômenos, novos conceitos e processos relacionados à genética, além de utópico, não contribuirá diretamente para a construção das concepções de mundo de um aluno, tampouco dotará o mesmo de habilidades e competências para atuar de forma ativa na sociedade.

2.3 Falta de contextualização

Em relação à contextualização do ensino de genética, a literatura destaca uma constatação preocupante: a maioria dos livros didáticos não contempla ou discute as implicações das descobertas recentes da biologia e as tecnologias a ela associadas. (FRANZOLIN e BIZZO, 2012; LORETO e SEPEL, 2003; XAVIER et. al, 2006). A “nova biologia”, que abarca as recentes tecnologias do DNA e aplicações modernas da genética, é um dos temas mais recorrentes na mídia desde o final dos anos 1960 e ainda é muito pouco tratada no ambiente escolar (BONZANINI e BASTOS, 2005) e nos livros didáticos. Esses materiais de apoio comumente tratam das aplicações da genética moderna ao final de cada capítulo, como tópicos de “curiosidades” que muitas vezes não são sequer abordados pelos professores. Ao lançar um olhar crítico sobre os materiais didáticos disponibilizados no mercado, tanto para o ensino básico quanto para o superior, fica clara a necessidade de modificações profundas e maior enfoque nas aplicações e tecnologias relacionadas ao DNA, bem como nos aspectos sociais, éticos, políticos e legais que permeiam a ciência e, mais especificamente, a genética (OLIVEIRA et. al, 2011; XAVIER et. al, 2006). Faz-se necessária uma reversão de lógica: as aplicações práticas não devem ser um adendo ao conhecimento teórico, mas sim o eixo norteador de todo o processo de aprendizagem.

Organismos transgênicos, terapia gênica, clonagem, células-tronco, teste de paternidade, análises criminais, entre outros, são temáticas que estão continuamente em exposição na mídia por seu apelo social e influenciam diretamente na qualidade de vida da população em geral. No entanto, na escola, a abordagem do ensino de genética tradicionalmente enfatiza informações teóricas descontextualizadas e resolução de problemas matemáticos, sem discutir os aspectos sócio-científicos relacionados. Esse tipo de metodologia dificulta a compreensão da utilidade dos conhecimentos genéticos e dos fenômenos biológicos que os cercam. (FRANZOLIN e BIZZO, 2012).

Santos (2007) destaca, em seu trabalho, os três objetivos primordiais de um ensino de ciências contextualizado, a saber: a) desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística diante das questões sociais relativas à ciência e à tecnologia; b) auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relativos à natureza da ciência; e c) encorajar os alunos a relacionar suas experiências escolares em ciências com problemas do cotidiano. Portanto, mais do que serem mencionadas nos livros didáticos ou em sala de aula, a “nova biologia” e seus desdobramentos devem estimular debates e formulação de opiniões

por parte dos alunos. O trabalho educativo, nessa perspectiva, precisa aproximar as descobertas científicas e os debates sociais, provocando o aluno a ser um agente participante no processo de transformação positiva da sociedade. (SANTOS e EL-HANI, 2009).

As instituições de ensino, em seus mais variados níveis, possuem a capacidade de abrir as portas do diálogo entre a ciência e a sociedade, tornando o indivíduo que aprende ciências um verdadeiro agente de transformação social (MILLAR, 2003). Esse diálogo não pode ser menosprezado. A escola não pode se eximir de cumprir essa função tão primordial na educação de cidadãos do mundo. Aliar conhecimentos científicos à sociedade é, verdadeiramente, a maneira mais eficiente de aprimorá-la. Sobre todas essas realidades, uma reflexão importante se faz necessária: que tipo de competências, relacionadas aos conhecimentos de genética, atinge um aluno ao concluir a educação básica ou superior? Esse aluno possui bases teóricas e habilidades para compreender as temáticas relacionadas à genética quando as mesmas forem tratadas na mídia? Conseguirão avaliar propostas, formar opiniões ou se sentir seguros para emitir julgamentos frente a questões como doenças genéticas, análise genética na área criminal, exploração comercial de OGM's, etc? Indo além, o aluno, em sua formação, se apropria de conhecimentos e ferramentas úteis para perceber e modificar positivamente o mundo a seu redor? Se a resposta a essas perguntas for negativa, a abordagem educacional do ensino de genética carece de mudanças profundas no que diz respeito à contextualização.

A educação deve capacitar o cidadão a interagir com o mundo que o cerca, interpretando-o, aplicando conhecimentos nas situações do seu cotidiano, tomando decisões e atuando de forma consciente, justa e ética. No planejamento pedagógico, atividades como ensino por investigação, resolução de situações-problema, elaboração de hipóteses, argumentação, discussões e trabalho em equipe são algumas propostas que podem ajudar a desenvolver as habilidades desejadas. Especificamente para o ensino de genética, algumas propostas podem trazer resultados positivos, como o estudo de casos reais, debates sobre temáticas relacionadas ao contexto social dos alunos, análise crítica de artigos de divulgação científica, discussões de questões sociocientíficas relacionadas à genética, entre outros. As questões sócio-científicas são controvérsias sociais em que a ciência e o conhecimento científico ocupam um papel fundamental e nas quais existem diversos atores sociais com interesses contraditórios (RANDO e PORRO, 2016). Essas questões favorecem o exercício de uma cidadania plena, pautada na participação social em discussões sobre questões científicas que se apresentam na sociedade. Portanto, a prática dessa atividade em ambiente escolar

estimula a construção de aspectos cognitivos e afetivos que estimulam a tomada de decisão (SILVA et. al, 2016).

A resolução de problemas é uma tarefa emblemática no ensino de genética. Porém, deve estar sempre associada à solução de uma situação problema real, em que os alunos possam atuar como investigadores, desempenhando um papel ativo e curioso no ato de aprender. Atividades vinculadas apenas ao papel e à caneta tornam o ensino monótono, e os alunos não necessariamente compreendem a relação daquele exercício com sua realidade cotidiana. (AYUSO E BANET 2002). Além disso, para o desenvolvimento de atividades que busquem ampliar a visão de mundo, bem como para capacitar os alunos para discernirem naturalmente sobre as relações entre ciência e sociedade, é necessária uma proposta de ensino integrada com outras áreas do conhecimento, tais como a sociologia e a história, o que demonstra um apelo à necessidade de uma educação menos fragmentada. (GOLDBACH e EL-HANI, 2008; SOUSA E TEIXEIRA, 2014).

Analisando o ensino de genética como uma problemática ampla e considerando todas as dificuldades aqui relatadas, pode-se especular a possível necessidade de atualização dos cursos de formação inicial e continuada de professores. Sem desconsiderar problemas que não pertencem a esse escopo, parece razoável admitir que grande parte das dificuldades encontradas seriam solucionadas, ou ao menos atenuadas, se os professores, profissionais que atuam diretamente no processo educativo, se sentissem seguros e preparados para lidar com tantos desafios.

De fato, a literatura científica vai ao encontro dessa opinião. Os cursos de formação inicial e continuada carecem de mudanças importantes. Santos (2005) e Oliveira et. al (2011) reconhecem, por exemplo, que os tópicos referentes aos avanços na biologia molecular e genética e suas aplicações não são abordados durante a formação da maioria dos professores. Também não são frequentes as discussões sobre como os aspectos genéticos se relacionam com a cultura, a política e a ética. Como esperar que alunos da educação básica assimilem a conexão entre o conhecimento teórico, as tecnologias e suas aplicações na sociedade se seus próprios professores não são capazes de o fazer? Como esperar que um professor tenha a capacidade de reconhecer a desatualização de conceitos no material didático que utiliza, se sua formação não o dotou de ferramentas para tal? A falha na formação dificulta aos professores promover uma aproximação entre os conteúdos e o cotidiano dos seus alunos, incorporar novas descobertas ao ensino e abordar os conteúdos de uma forma mais atraente e estimulante (OLIVEIRA e SILVEIRA, 2010; OLIVEIRA et. al, 2011). Portanto, é importante

que, nos cursos de formação inicial e continuada de profissionais, se prezem não só as técnicas e procedimentos pedagógicos e didáticos, mas igualmente as questões tocantes ao conhecimento científico e suas relações com a sociedade contemporânea. (GOLDBACH, 2006)

De maneira consoante com outros autores, defendemos a ideia de que as mudanças na maneira de ensinar ciências, e mais propriamente a genética, devem ser graduais e focadas nos principais pontos aqui discutidos. (AULER, 2002; LIMA e TEIXEIRA, 2011; SOUSA & TEIXEIRA, 2014; STRIEDER, 2008;). Frente a tantos desafios que envolvem essa problemática, a qualidade do ensino de genética pode melhorar e superar expectativas, à medida que se traçam linhas de ação práticas e coerentes, alcançando mudanças profundas. Entre os desafios aqui abordados, este trabalho procurou focar em uma compreensão mais profunda e minuciosa a respeito da falta de contextualização. Não sendo nossa pretensão propor soluções para todos os problemas que envolvem essa problemática, acreditamos que a falta de contextualização das aulas de genética é uma dificuldade que pode ser vencida, total ou parcialmente, a partir da utilização de metodologias CTS.

3 O MOVIMENTO CTS

Este capítulo apresenta, inicialmente, breves reflexões sobre o ensino de ciências e seu papel na formação cidadã. A seguir, o capítulo se propõe a resgatar o histórico do surgimento do movimento CTS e o contexto que motivou esse surgimento. O capítulo ainda apresenta uma caracterização da educação científica CTS e sugere de que maneira esse enfoque pode ser utilizado para contribuir com a solução de parte dos problemas relacionados ao ensino de genética, mencionados no capítulo anterior.

3.1 Reflexões sobre o ensino de ciências e seu papel na formação cidadã

O ensino de ciências constitui um componente dos principais currículos de educação básica no Brasil. De certo modo, todos os indivíduos, em determinado grau, se deparam com o estudo de aspectos científicos ao longo de sua formação escolar, seja ela básica ou superior. Diante disso, se entendermos o ensino de ciências como um aspecto global e relevante para todos os cidadãos, surgem perguntas importantes, apontadas por Santos (2011): por que todos precisam aprender ciência? Seria para tomarem decisões no cotidiano? Para agirem no seu dia a dia como se fossem cientistas? A ciência para cidadania objetiva promover a participação na sociedade ou simplesmente o uso de novas tecnologias? Indo além, podemos questionar-nos: que tipo de ciência queremos ensinar para a sociedade? O quê e como ensinar?

Desde os primórdios do ensino de ciências, os propósitos da educação nessa área sempre foram discutidos no meio acadêmico. A ênfase dada ao ensino de ciências, manifestada principalmente na formação dos currículos, tem mudado em função de contextos sócio-históricos (SANTOS, 2007b). Não sendo o objetivo central deste trabalho fazer uma revisão histórica desse assunto, cabe ressaltar apenas que essas discussões giram em torno de dois focos principais: a educação tecnocientífica para formação de novos cientistas e a educação para a formação cidadã. (SANTOS, 2011). Por exemplo, Aikenhead (2003b) aponta a grande relevância do ensino de ciências como um fator de transformação social, que desenvolve a criticidade dos indivíduos em relação aos assuntos científicos e torna-os capazes de se posicionar frente a esses assuntos em suas decisões cotidianas. Essa opinião está claramente focada na formação para a cidadania, defendida também por outros autores. Vale ressaltar que esses dois focos da educação científica, não necessariamente excludentes,

variaram e continuam variando de acordo com o contexto sócio-histórico vigente, que ressalta necessidades coerentes com a realidade vivenciada.

Segundo Millar (2003), a educação em ciências possui dois objetivos principais: sedimentar conhecimentos básicos e contextualizados, que dotem o aluno para construir suas próprias percepções acerca do mundo e fornecer competências e habilidades práticas para que os alunos possam atuar de forma ativa na sociedade. Dawson e Venville (2010) destacam ainda, como um objetivo do ensino de ciências, permitir que os alunos utilizem sua compreensão a respeito dos conhecimentos científicos para contribuir em discussões sociais e tomar decisões coerentes sobre questões sociocientíficas relacionadas a suas vidas.

A educação para cidadania é amparada pela legislação brasileira, que considera o preparo do aluno para o exercício da cidadania uma meta básica a ser cumprida pela educação no Brasil (LDB 9394/96, Art. 2.º). De fato, precisamos de uma sociedade educada em ciências e tecnologia, que entenda como esses aspectos são centrais em toda a sua vida e se relacionam com diversas outras dimensões. A sociedade brasileira está inserida em um contexto de grandes mudanças científicas, econômicas, políticas, ambientais e sociais. Essas mudanças interferem diretamente no modo de viver da população em geral. Como indivíduos pertencentes a uma organização social, é importante que os cidadãos brasileiros estejam a par de tais dinâmicas da nossa sociedade e saibam tomar decisões sobre elas, transformando-as de maneira positiva. O espaço educativo deveria ser explorado, a fim de propiciar reflexões e aprendizagem a respeito de todos esses aspectos e suas implicações. A ciência não constitui um compartimento separado da realidade de um indivíduo, mas é um integrante importante dessa realidade. Um cidadão participativo precisa apresentar uma visão mais crítica da ciência e da tecnologia, entendendo-as como artefatos que não são neutros e passivos, mas instrumentos que moldam a existência humana, influenciando seu modo de viver, agir, se relacionar e entender o mundo. (BOERWINKEL et. al, 2014). Conhecendo como sua vida se relaciona com a ciência e a tecnologia, um cidadão pode participar das decisões tomadas em âmbitos políticos e sociais e melhorar sua qualidade de vida individual e coletiva. Essas ideias partem do pressuposto que um indivíduo pode incorporar, além de uma cultura religiosa, social e histórica, uma cultura que abarque as noções, ideias e conceitos científicos como ferramentas úteis à sua vida, sendo capaz de participar das discussões relativas a essa nova cultura (SASSERON e CARVALHO, 2011).

Os objetivos do ensino de ciências para a cidadania perpassam os conceitos de alfabetização científica (AC) e letramento científico (LC). Esses conceitos, embora ainda não

constituam consenso na literatura (SASSERON e CARVALHO, 2011), auxiliam o entendimento dos processos relacionados a uma educação científica para a cidadania. Aqui, entende-se por AC o esforço por tornar os estudantes de cursos de ciências indivíduos que dominem a linguagem científica, assim como os principais conceitos relacionados à ciência. Por outro lado, o LC refere-se ao processo pelo qual um estudante se apropria da linguagem científica e faz uso dessa linguagem em seu contexto social, individual e coletivo, tornando a ciência uma ferramenta útil em sua realidade pessoal. Enquanto a AC se volta para as especificidades do conhecimento científico, o LC se dirige a ensinar ciências com uma função social. Portanto, esses dois processos estão centrados, respectivamente, em compreender o conteúdo científico e em compreender a função social da ciência. Logo, não deveriam ser dissociados, visto que estão intimamente relacionados e ocorrem, idealmente, em concomitância. Por um lado, pela natureza do conhecimento científico, é inconcebível pensar no ensino de seus conteúdos de forma neutra, separada de seu caráter social. Por outro lado, é incoerente discutir a função social do conhecimento científico sem compreender o conteúdo em si (SANTOS, 2007b). Porém, a distinção entre AC e LC se faz necessária, já que, invariavelmente, acontecem em momentos diferentes ou sequer ocorrem na formação de um indivíduo.

Apesar de sua importância, na maioria dos contextos educacionais, o ensino de ciências não cumpre com os objetivos principais da formação cidadã, sendo, na maior parte dos casos, centrado em informações descontextualizadas da sociedade. A educação formal em ciências, desde as séries iniciais até a pós-graduação, vem sendo abordada com frequente fragmentação, especialização e ausência de contextualização (SANTOS, 2007b). Existe uma dissociação grave entre os conteúdos aprendidos na escola e a vida dos alunos que os aprendem. Essa falta de correlação provoca a concepção de que o ensino de ciências não possui utilidade prática, mas consiste na memorização de conceitos, estruturas e processos que nada dizem respeito à vida do ser humano. Nesse caso, prioriza-se o domínio da linguagem científica, seus termos e processos, sem, no entanto, haver atribuição de significados e apropriação dessa linguagem: ocorre AC, mas não LC. Essa prática contribui para o entendimento de ciência como uma entidade distante, neutra e dissociada da realidade humana. (SANTOS, 2007b).

Conforme reflete Acevedo Diaz (2004), a educação científica ainda hoje busca cumprir uma finalidade propedêutica, como um conjunto de conhecimentos teóricos básicos que todos os alunos precisam compreender para seguirem adiante em sua formação científica.

O aprender ciência passa a se resumir desta maneira: a memorização de um pacote definido e invariável de informações. Assim, os alunos conhecem fórmulas químicas e nomenclaturas de substâncias, mas não são capazes de interpretar uma bula de medicamento. Aprendem as principais características de organismos parasitas, mas não são capazes de adotar medidas profiláticas contra doenças parasitárias. Conhecem os processos biológicos de reprodução, mas não sabem opinar sobre questões como fertilização *in vitro*, uso de preservativos, entre outros. Dominam o conhecimento científico, mas não sabem o que fazer com tais informações, muito menos se formam como sujeitos participantes da sociedade. O ensino de ciências, descontextualizado como vem sendo abordado, transforma os conceitos científicos em palavreados repetidos pelos alunos sem qualquer atribuição de significados ou apropriação útil. (SANTOS, 2007b). Em longo prazo, esse quadro gera consequências catastróficas, já que os alunos de hoje serão os professores, cientistas, médicos, e políticos do futuro (LAZAROWITZ e BLOCH, 2005). O que esperar de cidadãos que não sabem como se apropriar do conhecimento científico e de valores construídos para desenvolver benefícios para a sociedade? Esses cidadãos estarão verdadeiramente preparados para lidar com as questões éticas e sociais relacionadas à ciência?

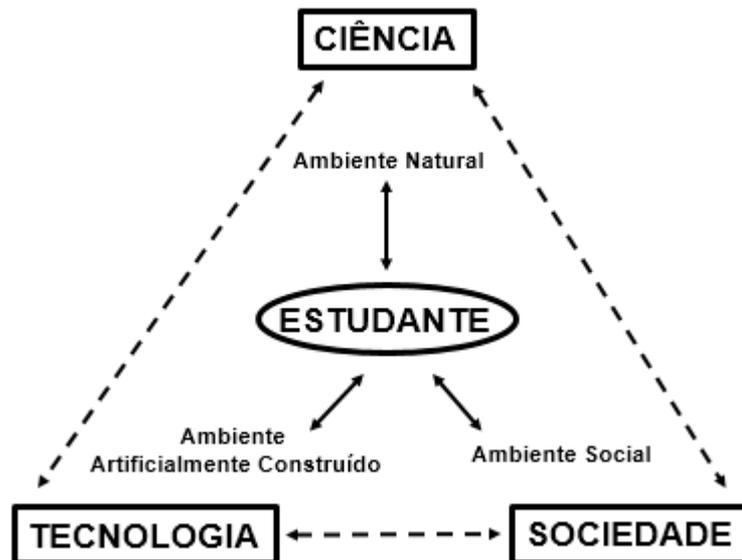
Uma reflexão mais ampla permite concluir que o próprio sistema educacional dificulta o alcance dos objetivos centrais da educação para cidadania. A AC e o LC devem ocorrer desde anos iniciais da educação, para que os alunos incorporem, desde então, a ciência como algo pertencente a eles mesmos. Entretanto, como isso não ocorre, muitas vezes por deficiência na capacitação e formação de professores, a dissociação entre ciência e a realidade individual começa nos primeiros anos e se propaga ao longo de toda a formação de um indivíduo, dificultando o estreitamento de laços entre ciência, tecnologia e sociedade.

Um olhar crítico sobre os processos seletivos de ingresso nas universidades, por exemplo, nos mostra que o conhecimento científico exigido nesses processos é, em muitos casos, puramente propedêutico. Ao ingressarem nas universidades, muitos desses alunos seguirão outros caminhos profissionais dissociados da ciência neutra, fragmentada e isolada que aprenderam na escola. Por que então planejar currículos que não atendem às necessidades da maioria da população? Por que exigir dos ingressantes no ensino superior um conhecimento tão descontextualizado? Essa é realmente a educação que se pretende alcançar?

É necessária uma revisão da prática da educação científica no Brasil. O aluno precisa voltar a ser o objeto de primeira atenção nessa prática. Só assim será feita a escolha sensata de temáticas e abordagens para o ensino de ciências. A figura 1 apresenta um modelo proposto

por Aikenhead (1994) em seu trabalho sobre educação científica CTS. Este modelo destaca as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade e posiciona o aluno como figura central do processo. Em concordância, defende-se a necessidade de voltar o foco da aprendizagem para o aluno, visando a uma formação cidadã que propicie uma leitura crítica do mundo e, em última análise, favoreça a qualidade de vida desse cidadão.

Figura 1 - A essência da educação CTS



Fonte: AIKENHEAD, 1994 [tradução nossa].

Mas, como romper com esse paradigma? Como ensinar nas escolas uma ciência que seja verdadeiramente efetiva para os alunos e que vise o desenvolvimento integral de um cidadão? Essas são perguntas que motivam o trabalho de autores que se dedicam às pesquisas em ensino de ciências. Para Santos (2007b), se a função da educação científica na educação básica for, de fato, promover o letramento científico dos cidadãos, será necessário implementar uma ampla reforma no sistema educacional brasileiro, resgatando a função social da educação científica. Trata-se, portanto, de estabelecer um elo, uma ponte de ligação entre os saberes científicos e o cidadão comum (SANTOS, 2009). Uma ponte que permita o cidadão apropriar-se da ciência para seu benefício, sem considerar-se alheio ao conhecimento científico. Uma ponte verdadeiramente útil, que favoreça o exercício da cidadania, sem se tornar obsoleta.

3.2 Histórico do Movimento CTS

As concepções de ciência e tecnologia mudam conforme os contextos histórico, político e cultural vigentes. A ciência, seus produtos tecnológicos e conhecimentos passaram por transformações e ressignificações ao longo da história. Após a Segunda Guerra Mundial, nos países desenvolvidos, predominou uma visão otimista da ciência e tecnologia. Essa fase, estigmatizada como cientificismo, foi caracterizada por um vislumbre coletivo do fazer científico e uma esperança depositada na ciência e na tecnologia como possíveis soluções para os problemas de ordem social e econômica nesses países (AULER, 2002). Difundiu-se a ideia de que os produtos científicos e tecnológicos, determinantes para o fim da guerra, também poderiam contribuir diretamente para o melhoramento da qualidade de vida dos cidadãos (LUJÁN et al, 1996). Predominava, ainda, a ideia de ciência e tecnologia como entidades neutras e autônomas e do desenvolvimento científico como um fenômeno naturalmente benéfico e inerente à vontade humana (BOERWINKEL et. al, 2014). A concepção de ciência, nesse período, estava de acordo com o modelo linear de desenvolvimento, no qual o desenvolvimento científico gera desenvolvimento tecnológico, este gerando o desenvolvimento econômico que determina, por sua vez, o desenvolvimento social (AULER, 2002). O desenvolvimento científico ganhou, portanto, grande aceitação por parte de vários segmentos sociais e passou a ser exercido com reconhecida autonomia.

Porém, desde o fim da Segunda Guerra mundial, movimentos de reação a essa concepção de ciência autônoma e libertadora surgiram e passaram a ganhar força a partir da década de 60. Muitos são os acontecimentos que contribuíram para essa reação. Entre eles, destaca-se o projeto Manhattan, que culminou com o lançamento das bombas nucleares americanas no território japonês, a guerra do Vietnã, os inúmeros acidentes nucleares e vazamentos de agentes contaminantes. (GONZALES GARCIA et al, 1996; STRIEDER, 2008). Esses movimentos de reação passaram, portanto, a questionar o modelo linear de desenvolvimento científico, denunciando as consequências negativas da ciência e da tecnologia e reivindicando uma tomada de consciência em relação aos aspectos ambientais, éticos e sociais envolvidos no progresso científico e tecnológico (AULER, 2002). O impacto ambiental gerado a partir do desenvolvimento tecnológico, assim como a associação do conhecimento científico a motivos bélicos incentivaram um olhar mais crítico sobre essas relações. As novas tecnologias, impulsionadas a partir da revolução industrial, geraram transformações profundas na organização social e em suas relações com o meio ambiente.

(AULER e BAZZO, 2001). Essas transformações, nem sempre benéficas, fizeram que se considerasse a possibilidade de utilização da ciência e de suas tecnologias como produtos que atuem a favor da sociedade, gerando impactos positivos significativos.

Os movimentos contracultura, pacifistas e ecologistas, bem como suas reivindicações, buscando resgatar o papel social da ciência e da tecnologia, promoveram mudanças significativas na forma de se pensar ciência. O desenvolvimento científico e tecnológico passou a ser encarado como um processo social, que influencia diretamente a existência humana e, em igual proporção, também pode ser influenciado por ela. (BOERWINKEL et. al, 2014).

A partir desse momento, surgiram os primeiros estudos CTS, que buscam refletir em âmbito acadêmico, social e educativo essa nova percepção crítica da ciência e da tecnologia e suas relações com a sociedade. (GONZALES GARCIA et al, 1996). Atualmente, os estudos CTS promovem discussões e transformações em três campos principais (AULER, 2002; GONZALES GARCIA et. al, 1996):

a) campo da investigação (acadêmico): buscam encorajar uma reflexão acadêmica sobre a ciência e a tecnologia, promovendo uma nova visão socialmente contextualizada da atividade científica, entendendo a ciência como um processo social e, portanto, carregado de valores e intenções;

b) campo das políticas públicas (social): buscam promover a regulação social da CT, criando mecanismos democráticos que facilitem a tomada de decisões nas políticas relacionadas a CT; e

c) campo educativo: buscam a reformulação de currículos e materiais didáticos na educação básica e no ensino superior, incorporando uma visão crítica, contextualizada e interdisciplinar do fazer científico, além de promover AC e LC.

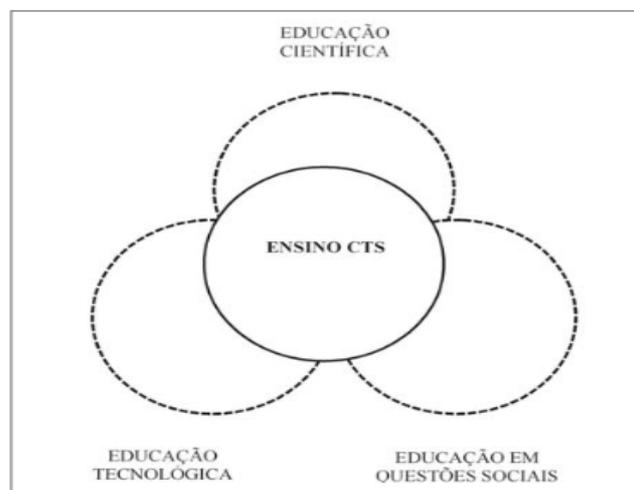
Como está naturalmente envolvido com as questões ambientais que surgiram a partir do século XX e ainda hoje preocupam a sociedade, o movimento CTS por vezes é citado como CTSA (Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente), destacando-se o fator ambiental. As questões ambientais estão intimamente ligadas nessa trama e os autores de trabalhos CTS clássicos reconhecem tal vínculo, expressando a necessidade de desenvolvimento de ações comprometidas com o ambiente (SANTOS, 2011). Ao longo do tempo, os princípios do Movimento CTS foram incorporados a outras nomenclaturas nos mais

diferentes contextos e localidades. Santos (2011) comenta esse acontecimento, apontando-o como possível causa para o aparente enfraquecimento do Movimento CTS em vários países. Entretanto, embora sob novas nomenclaturas, os ideais norteadores desse movimento ainda se fazem presentes no meio científico e social atual e precisam passar por constantes adequações aos novos contextos que surgem com o tempo. Após muitas décadas desde sua criação, o movimento CTS pode ser considerado um movimento de reconstrução social capaz de empoderar os indivíduos para tomadas de decisão, formação de valores e ressignificação da CT e de seus papéis na sociedade contemporânea. (SANTOS, 2011).

3.3 Educação científica CTS

Como mencionado anteriormente, o Movimento CTS gera desdobramentos em várias esferas da sociedade, uma vez que atinge áreas de saúde e saneamento, indústrias e construção civil, bens de consumo, meio ambiente, entre outros. A educação não deixa de ser contemplada, sendo uma das áreas que dialoga diretamente com essa nova proposta de ver e pensar o mundo. No ensino de ciências, a educação CTS contribui para a inserção e discussão de temas sociocientíficos e suas implicações éticas e ambientais atuais (SANTOS e AULER, 2011), promovendo uma integração entre educação científica, tecnológica e social (figura 2) em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos sociais (LÓPEZ e CERESO, 1996 apud SANTOS, 2007b).

Figura 2 - Orientações curriculares do ensino CTS



Fonte: AIKENHEAD (1990), apresentado por SANTOS, (2007)

A educação CTS possui, como objetivos, promover o letramento científico e tecnológico para propiciar a formação de segmentos sociais que estejam de acordo com a nova imagem de ciência e tecnologia que emergiu após os movimentos de contracultura. Busca-se, portanto, motivar os estudantes a se inteirarem de informações relevantes a respeito de CT, analisar, avaliar e refletir sobre essas informações, definir valores a partir dessas reflexões e promover tomadas de decisão críticas e conscientes (GONZALES GARCIA et. al 1996). Retomando as finalidades do ensino de ciências discutidas por Acevedo Díaz (2004), a ciência para a cidadania tem o objetivo de contribuir para a formação de cidadãos que possam participar diretamente da sociedade, avaliando as mais variadas circunstâncias sociais e tecnológicas que permeiam sua realidade e tomando decisões sensatas sobre elas. Portanto, nota-se uma convergência de finalidades entre a educação CTS e o ensino de ciências para a cidadania. O estreitamento de laços entre a dimensão CTS e o ensino de ciências pode facilitar os alunos a adquirirem uma compreensão global do ambiente no qual estão inseridos. Refletindo sobre sua realidade individual, os alunos podem extrapolar essas ideias para a realidade social coletiva, gerando uma sociedade mais crítica e democrática, capaz de tomar decisões acertadas sobre assuntos relacionados a CT.

A educação CTS pode nortear os profissionais na elaboração de planejamentos, currículos e materiais didáticos, propondo uma relação direta entre o aprendizado dos alunos e o contexto social e tecnológico. Um currículo CTS deve ter como objetivo, resumidamente, promover educação científica, tecnológica e social, aliando as vertentes que compõem a tríade do Movimento numa perspectiva de formação integral do cidadão, para atuar na sua realidade individual e coletiva. (SANTOS, 2007). Além disso, um currículo essencialmente CTS também objetiva auxiliar os alunos a construir conhecimentos (componentes conceituais), habilidades (componentes procedimentais) e valores (componentes atitudinais) necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões CT na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS E MORTIMER, 2000). Dessa forma, implementada nas escolas, a educação CTS propõe um diálogo profundo entre ciência, tecnologia e a realidade social dos alunos, visando à formação de valores e a capacitação para tomada de decisão. (LIMA E TEIXEIRA, 2011; SANTOS, 2007). Essa proposta pode ser uma alternativa para promover melhorias no tocante à contextualização dos conhecimentos científicos na escola. Segundo a proposta da educação CTS, o ensino de ciências deve estar atrelado à discussão de aspectos sociais que se relacionem com o cotidiano dos alunos, tornando-os motivados a aprender e compreender as relações citadas e a tomar decisões baseadas nos valores positivos construídos

a partir desse aprendizado. As habilidades e valores aqui mencionados incluem, entre outros, a autoestima, a comunicação escrita e oral, o pensamento lógico e racional para solucionar problemas, a cooperação, a responsabilidade política e social e o exercício da cidadania (SANTOS E MORTIMER, 2000).

No que diz respeito aos componentes conceituais da educação CTS, destaca-se a importância do estudo da história e da filosofia da ciência, buscando enfatizar o caráter transitório e incerto das teorias científicas (SOLOMON, 1988 apud SANTOS E MORTIMER, 2000), bem como o entendimento de ciência como processo amplo ligado a questões sociológicas, políticas e históricas. A compreensão da natureza da ciência é essencial para desenvolver a capacidade de associação dos conteúdos científicos aos aspectos sociais relacionados. Além disso, a educação CTS, por definição, deve abarcar ainda uma educação tecnológica eficiente, que vai além do entendimento da tecnologia reduzida ao seu aspecto técnico. A educação tecnológica precisa tratar a tecnologia como uma dimensão dependente de diversos outros aspectos, como culturais, políticos e organizacionais. Por fim, um currículo CTS deve se preocupar em inter-relacionar ciência e tecnologia e fatos sociais relevantes, promovendo o diálogo entre essas dimensões. Para Santos e Mortimer (2000, p.12):

Um estudo das aplicações da ciência e tecnologia, sem explorar suas dimensões sociais, pode propiciar uma falsa ilusão de que o aluno compreende o que é ciência e tecnologia. Esse tipo de abordagem pode gerar uma visão deturpada sobre a natureza desses conhecimentos, como se estivessem inteiramente a serviço do bem da humanidade, escondendo e defendendo, mesmo que sem intenção, os interesses econômicos daqueles que desejam manter o status quo.

Ainda sobre a educação CTS como norteadora de currículos, planejamentos e da própria prática pedagógica, Santos (2007) chama atenção para uma reflexão indispensável: a simples menção sobre as relações entre o conhecimento científico e o cotidiano do aluno não constituem um ensino contextualizado. Para ser caracterizado como tal, um currículo deve prever estratégias que despertem no aluno uma reflexão que vai além da citação, ou seja, que provoquem motivação para análise, compreensão e transformação da realidade. A implementação de um ensino CTS depende não só da abordagem de questões sociocientíficas relacionadas aos conteúdos escolares. A simples menção dessas questões não implica num aprendizado concreto, centrado na proposta CTS. Aliadas à menção de questões sociocientíficas, devem constar estratégias metodológicas que corroborem com os princípios da educação CTS. Algumas estratégias úteis adotadas incluem: fóruns e debates, discussões acerca de assuntos relacionados aos conteúdos, projetos de pesquisa individuais ou grupais,

visitas a setores relacionados (indústrias, laboratórios, órgãos públicos, etc), realização de entrevistas para coleta de dados, redação de cartas a autoridades e estudos de casos reais (SANTOS E SCHNETZLER, 2003). A diversidade metodológica e a multidisciplinaridade caracterizam a educação CTS.

Os objetivos, conteúdos, abrangências e modalidades de implementação da educação CTS nas escolas ainda são lacunas a serem preenchidas, concedendo abertura para diversas formas de abordagem. Aikenhead (1994) organizou essas possibilidades em 8 categorias, que buscam agrupar cursos e currículos CTS segundo a prioridade atribuída às inter-relações CTS em relação ao conhecimento canônico isolado. As categorias oscilam desde estabelecer relações CTS apenas eventualmente com objetivo de motivação dos alunos (categoria 1) até apontar para o aprofundamento do estudo dessas relações, sendo este estudo priorizado em relação ao conhecimento científico isolado (Quadro 2).

Quadro 2 - Categorias de ensino CTS

| Categorias | Descrição | Exemplos |
|---|--|--|
| 1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação. | Ensino tradicional de ciências acrescido de conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes. | <i>O que muitos professores fazem para "dourar a pílula" de cursos puramente conceituais</i> |
| 2. Incorporação eventual de conteúdo CTS ao conteúdo programático. | Ensino tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo de CTS incorporados aos tópicos de ciências. O conteúdo de CTS não é resultado do uso de temas unificadores. | <i>Science and Technology in Society (SATIS, UK), Consumer Science (EUA), Values in School Science (EUA).</i> |
| 3. Incorporação sistemática do conteúdo CTS ao conteúdo programático. | Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores. | <i>Havard Project Physics (EUA), Science and Social Issues (EUA), Nelson Chemistry (Canadá), Interactive Teaching Units for Chemistry (UK), Science, Technology and Society, Block J. (EUA). Three SATIS 16-19 modules (What is Science? What is Technology? How Does Society decide? – UK).</i> |

| | | |
|--|---|---|
| 4. Disciplina científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo CTS | Os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciências e a sua seqüência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir de uma disciplina. A lista dos tópicos de científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a seqüência possa ser bem diferente. | <i>ChemCon</i> (EUA), os módulos holandeses de física como <i>Light Sources and Ionizing Radiation</i> (Holanda: PLON), <i>Science and Society Teaching units</i> (Canadá), <i>Chemical Education for Public Understandig</i> (EUA), <i>Science Teachers' Association of victoira Physics Series</i> (Austrália). |
| 5. Ciências por meio do conteúdo CTS | CTS organiza o conteúdo e sua seqüência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de ciências. | <i>Logical Reasoning in Science and Technology</i> (Canadá), <i>Modular STS</i> (EUA), <i>Global Science</i> (EUA), <i>Dutch Environmental Project</i> (Holanda), <i>Salters' Science Project</i> (UK) |
| 6. Ciências com conteúdo de CTS | O conteúdo de CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem. | <i>Exploring the Nature of Science</i> (Ing.) <i>Society Environment and Energy Development Studies</i> (SEEDS) modules (EUA), <i>Science and Technology 11</i> (Canadá) |
| 7. Incorporação das Ciências ao conteúdo de CTS | O conteúdo de CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência. | <i>Studies in a Social Context (SISCON) in Schools</i> (UK), <i>Modular Courses in Technology</i> (UK), <i>Science A Way of Knowing</i> (Canadá), <i>Science Technology and Society</i> (Austrália), <i>Creative Role Playing Exercises in Science and Technology</i> (EUA), <i>Issues for Today</i> (Canadá), <i>Interactions in Science and Society – vídeos</i> (EUA), <i>Perspectives in Science</i> (Canadá) |
| 8. Conteúdo de CTS | Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências. | <i>Science and Society</i> (UK.), <i>Innovations: The Social Consequencies of Science and Technology</i> program (EUA), <i>Preparing for Tomorrow's World</i> (EUA), <i>Values and Biology</i> (EUA). |

Fonte: AIKENHEAD, 1994 traduzido e apresentado por SANTOS e MORTMER, 2000. P- 15-16.

Auler e Bazzo (2001) destacam, em seu trabalho, que são escassas as publicações sobre a utilização do enfoque CTS no ensino, no contexto brasileiro. Lançando um olhar sobre a literatura recente, percebe-se que, ao contrário do que ocorreu em outros países, onde a denominação CTS deixou de aparecer com frequência nos trabalhos científicos, no Brasil, essa corrente de pensamento ganhou destaque nos últimos anos, por influência da adoção dessas concepções nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (SANTOS, 2011). Apesar do crescente número de publicações relacionadas ao assunto e também do amparo de

documentos oficiais que citam direta ou indiretamente a educação CTS como possível resposta à problemática do ensino de ciências, esse tipo de abordagem ainda não se difundiu efetivamente na educação brasileira. Ou seja, a educação CTS tem sido amplamente divulgada e incorporada nas diretrizes curriculares de diversos países, inclusive no Brasil, porém, embora citada nos documentos que regem a educação, tem sido historicamente relegada a sessões introdutórias e menos centrais do currículo (RANDO e PORRO, 2016). Os autores da área discutem se o contexto brasileiro é favorável a uma implementação desse enfoque na educação, já que apresenta características econômicas, sociais e culturais muito distintas daqueles países que foram o berço do Movimento CTS. De fato, por questões históricas e políticas, o Brasil teve seu desenvolvimento científico, econômico e tecnológico tardio quando comparado com países desenvolvidos, o que provocou um distanciamento entre relações CT e a participação social e governamental. (MOTOYAMA, 1985 apud AULER e BAZZO, 2001). Pensar sobre a ciência de maneira crítica, considerando-a uma ferramenta útil à nossa sociedade, é algo incomum inclusive na população brasileira atual. Por um lado, visão de ciência, no Brasil, em muitos casos, ainda é a de uma entidade distante, que não se integra de maneira harmoniosa com a sociedade (AULER e BAZZO, 2001). Ou, por outro lado, acredita-se e espera-se ingenuamente que a ciência e a tecnologia constituam a absoluta verdade e solução de todas as mazelas sociais atuais. Reflexos desse histórico também estão presentes na educação e, mais especificamente, no ensino de ciências. Assim, articular o conhecimento científico, as tecnologias associadas e toda a complexa dinâmica da educação brasileira, com tantas particularidades, constitui grande desafio aos pesquisadores da área e, principalmente, aos educadores.

A implantação de um currículo de ciências voltado para essa perspectiva humanística, centrada no papel social dos conteúdos científicos, é atravancada por muitos aspectos, especialmente quando se insere no ambiente escolar. Quando perguntados por pesquisadores se o ensino numa perspectiva humanística e cultural é uma ideia socialmente relevante, a maior parte de um grupo de professores de ciências americanos endossa essa opinião. (AIKENHEAD, 2003 apud AIKENHEAD, 2006). Porém, ao serem interrogados sobre a implementação de um currículo centrado nessa perspectiva, os mesmos professores forneceram inúmeras razões para que isso não aconteça. As justificativas são das mais variáveis: ausência de materiais didáticos que abordem essa perspectiva; falta de familiaridade com metodologias associadas; medo de perder o controle da turma ao adotar tais metodologias; incertezas sobre o papel do professor nessa abordagem (como agir como um facilitador?); dificuldades e falta de preparo para lidar com questões controversas ou

discussões que envolvam aspectos éticos e sociais; falta de financiamento escolar para bancar as inovações dessa perspectiva; falta de apoio administrativo e familiar; pré-concepções que assumem que os alunos não apreciarão discussões de aspectos sociais, filosóficos, históricos e políticos em uma aula de ciências; preocupações relativas ao preparo dos estudantes para exames pré-vestibulares; inquietações a respeito da falta de tempo que será dedicada ao conteúdo canônico, entre outros. Resultados semelhantes também foram encontrados por Lazarowitz e Bloch (2005) quando questionaram professores de biologia sobre a não inclusão de questões sociais no ensino de genética para a educação básica. A conclusão é bastante clara: os educadores que pretendem modificar o currículo tradicional de ciências para uma perspectiva humanística e social encontrarão grandes desafios a serem vencidos.

A implementação efetiva de mudanças em currículos tradicionais e na prática docente de uma forma geral implica em uma mudança do contexto da cultura escolar. É possível implementar modificações a nível individual, quando um professor se dispõe a adotar posturas pessoais de transformação. No entanto, essa realidade se torna efetiva quando todo o contexto escolar se volta para a preocupação em adotar a postura de formação cidadã, promovendo mudanças a um nível de cultura escolar. Indo além, pode-se pensar em mudanças em níveis ainda superiores. Modificações significativas necessitam ocorrer em escala multidimensional, envolvendo parcerias entre vários segmentos políticos e sociais interessados nessa transformação educativa (AIKENHEAD, 2006).

3.4 A educação CTS como proposta para o ensino de genética

O ensino de genética, por seus desafios e particularidades já destacados no capítulo 2 deste trabalho, tem sido criticado por sua reduzida problematização em ciência, tecnologia e sociedade, sendo carente de discussões éticas, políticas e sociais (GOLDBACH e EL-HANI, 2008; OLIVEIRA et. al, 2011). Frente à necessidade de que ocorram mudanças profundas nessa área de ensino com tantos desafios a serem enfrentados, consideramos, neste trabalho, que a educação CTS pode constituir uma alternativa relevante, na medida em que contribui para tornar o ensino de genética mais contextualizado, favorecendo uma formação crítica e participativa na sociedade. Essa proposta está em consonância com opiniões de outros autores (ver, por exemplo, LIMA E TEIXEIRA, 2011; SOUSA E TEIXEIRA, 2014). A educação CTS pode contribuir com a solução gradual de grande parte dos desafios apontados no ensino

de genética, entre eles a falta de contextualização. Sendo a Genética uma temática que permeia a vida de um indivíduo em diversos contextos sociais, ela pode, dessa maneira, ser explorada através de uma abordagem CTS.

A Genética é um campo científico em crescente expansão, envolvendo atualmente aspectos relacionados à Biotecnologia e à Bioética. Os avanços científicos relacionados à Biologia Molecular e à Genética, bem como os recursos tecnológicos que acompanharam esse desenvolvimento, originam questões sociocientíficas de grande importância, que precisam ser tratadas no ambiente educativo, de maneira a discutir as implicações sociais envolvidas (LAZAROWITZ e BLOCH, 2005). Inúmeros exemplos podem ser trazidos à tona para mostrar a urgência de se ensinar genética numa perspectiva CTS. Quais são os impactos de um teste genético na vida de um indivíduo? Como lidar com as informações trazidas a partir desse teste? O diagnóstico pré-natal de uma doença genética dá direito aos pais de intervirem no desenvolvimento embrionário? Uma empresa pode deixar de contratar um funcionário baseada em um teste genético (BOERWINTEL et. al, 2014; LAZAROWITZ e BLOCH, 2005)? A identificação de indivíduos como pertencentes a uma família é feita apenas por critérios genéticos? Quais são os aspectos éticos relacionados às técnicas de clonagem, reprodução assistida, tecnologias de DNA recombinante e bancos de dados de DNA? Todos esses exemplos demonstram que as questões sociais relacionadas à Genética e a suas tecnologias percorrem valores e aspectos éticos, morais e políticos. (LAZAROWITZ e BLOCH, 2005).

Estudos nacionais e internacionais visando à aplicação da educação CTS relacionada à temática Genética mostraram resultados positivos para esse tipo de abordagem, beneficiando tanto os alunos quanto a prática pedagógica do professor (ver, por exemplo, DAWSON e VENNVILLE, 2010; LIMA E TEIXEIRA, 2011; MEZALIRA e ARAÚJO, 2007; RANDO e PORRO, 2016; SOUSA e TEIXEIRA, 2014; SOUTO, 2016; VINCENTIN et. al, 2011). Entre os benefícios mencionados, destacam-se as mudanças de atitude, interesse e comprometimento dos alunos, bem como o desenvolvimento da capacidade argumentativa.

Como em qualquer subárea do ensino de Ciências, existem inúmeras justificativas favoráveis para a utilização da educação CTS no ensino de Genética. Apesar disso, ainda existem poucas publicações que relatem tentativas reais de aplicação dessa metodologia no ensino de genética na educação básica ou na educação superior. Alguns fatores devem ser levados em conta para justificar esta baixa ocorrência. Um deles é a exigência de um planejamento rebuscado e da reflexão constante sobre a prática, demandas importantes que os

profissionais de uma instituição de ensino precisam considerar para atingirem resultados significativos. Essas demandas exigem tempo e dedicação, o que pode desestimular a adesão desses profissionais, segundo Sousa e Teixeira (2014). Esse mesmo grupo apontou, a partir de sua experiência, outros limites enfrentados pelo ensino de genética numa perspectiva CTS, tais como: baixa remuneração da classe profissional, que exige jornadas de trabalho longas e exaustivas; disponibilidade de recursos, que depende de cada contexto educativo; tempo reduzido de aula; e número elevado de alunos por sala. Esses fatores não são restritos ao ensino de genética, mas atravancam a educação CTS em qualquer área do conhecimento. Cabe a reflexão sobre como eles podem ser superados ou amenizados.

Ainda discutindo a implementação da educação CTS no ensino de genética, cabe aqui uma reflexão a respeito da formação de professores. Infelizmente, a importante discussão tratada ao longo deste trabalho ainda permeia o campo científico, e não é conhecida pela maioria dos profissionais da educação. Os professores que entram em contato profundo com as bases da educação CTS, ao longo de sua formação, ainda são minoria dentro da classe profissional. Sem conhecê-la, alguns professores continuam adotando uma visão linear do conhecimento a partir de metodologias ultrapassadas e que não surtem o efeito esperado. O relato de Mezalira e Araújo (2007) retrata essa situação. Em uma tentativa de adotar uma abordagem CTS na disciplina de genética situada em um programa de formação inicial de professores, essas autoras se depararam com o desinteresse dos alunos, que cresceram em uma cultura que cultua essa visão linear do conhecimento puramente científico, sem se preocupar com a discussão dos aspectos sociais relacionados. Em um levantamento sobre o entendimento de professores de biologia a respeito dos aspectos sociais relacionados ao ensino de Genética, Lazarowitz e Bloch (2005) revelaram que a maioria dos professores entrevistados não consideravam a relevância de discutir aspectos sociais relacionados ao conteúdo científico de genética e evolução humanas, dando ênfase principal ao conhecimento científico “puro”.

A universidade e demais espaços educativos que propiciam formação inicial e continuada de professores precisam ser encarados como espaços possíveis de reflexão sobre as diversas questões latentes na sociedade e sobre como um cidadão precisa se posicionar diante delas (MEZALIRA E ARAÚJO, 2007). Sobretudo os professores, antes dos alunos, devem compreender a relação entre o que aprendem e o que vivem, entre os componentes curriculares e as aplicações tecnológicas, industriais e sociais que dialogam com os mesmos. É inconcebível, portanto, pensar em um curso de formação de professores de Biologia em que

a qualidade da formação esteja apenas atrelada ao conhecimento do saber canônico. É preciso que, aliados a esses conhecimentos, o professor exercite a reflexão responsável e cuidadosa sobre como ensiná-los. (BEDIN e DELIZOICOV, 2012; FRANZOLIN E BIZZO, 2014). Para tanto, é necessário que os programas de formação inicial e continuada de professores disponibilizem condições favoráveis para a articulação da tríade CTS pelos profissionais da educação. Essas condições devem incluir ferramentas e cursos que desenvolvam nos professores as habilidades e confiança necessárias para desenvolver propostas de ensino CTS nas aulas de ciências, percebendo seu papel central neste processo. (LAZAROWITZ e BLOCH, 2005).

Um levantamento realizado por Santos e Mortimer (2000) mostra que diversas pesquisas de avaliações de currículos CTS têm apontado para uma necessidade de acompanhamento da implantação no que diz respeito à formação de professores. Não é eficaz a completa transformação de currículos escolares, em quaisquer níveis, sem que os professores se sintam preparados para lidar com tais transformações. Para que os alunos se engajem no processo de reflexão e tomada de decisão característicos dessa abordagem, tornando-se críticos e participativos, também os professores precisam se envolver nesse processo de reflexão e tomada de decisão no que diz respeito à educação em ciências. Auler (1998 apud Bedin e Delizoicov, 2012) reconhece a importante necessidade de se investir na formação do professor, capacitando-o para discutir temas CTS em ambiente escolar de forma ampla e estruturada, com base em uma visão interdisciplinar da ciência. Se as reformas curriculares não vierem acompanhadas de um processo de formação inicial e continuada de professores, se tornarão “letra morta na legislação” (SANTOS E MORTIMER, 2000). A mera inserção de temas sociais no currículo não causa impacto significativo, se os próprios mediadores de transformação do espaço educativo não apresentarem mudanças em sua prática pedagógica. Da mesma forma, não surtirá efeito a adoção de livros e outros materiais didáticos na perspectiva CTS nos PNLD sem que os profissionais da educação façam uma reflexão ampla e crítica de sua própria prática, compreendendo o porquê de se ensinar ciências para a formação cidadã de seus alunos. A partir dessa compreensão, reforça-se aqui a necessidade de investimentos de diversos tipos – financeiros, conceituais, metodológicos e estruturais - na formação inicial e continuada de professores, permitindo que esses profissionais conheçam o contexto CTS e suas inúmeras aplicações na educação (SOUSA E TEIXEIRA, 2014).

Desconsiderando-se aspectos que independem do esforço pessoal dos sujeitos do processo, ou seja, o professor e o aluno, pode-se concluir que a implementação de propostas modificadoras no ensino de genética necessita de uma definição clara dos objetivos de aprendizagem e avaliação, bem como de maior contextualização e melhor preparação de atividades, metodologias e materiais educativos localmente, de acordo com a realidade experimentada pelos alunos. O investimento na capacitação de escolas, professores e alunos se faz necessário para que a educação CTS seja, de fato, uma realidade no ensino de genética.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este tópico objetiva descrever a metodologia utilizada ao longo do trabalho, bem como as justificativas para a escolha da mesma.

4.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa é de caráter majoritariamente qualitativo. Esse tipo de investigação não busca enumerar e medir eventos utilizando instrumental estatístico, mas conta com a observação ativa e interativa do pesquisador a partir do contato direto com a situação e o objeto de estudo. Além disso, a pesquisa qualitativa busca como fonte de obtenção de dados o ambiente natural, sem controlar variáveis específicas. (NEVES, 1996). A opção baseou-se na crença de que a pesquisa qualitativa seja a forma mais adequada para a análise a ser desenvolvida, já que o objeto de pesquisa é o ensino de ciências, que abarca grande complexidade de parâmetros e variáveis. Os dados são coletados a partir de sujeitos que trazem consigo sua individualidade e subjetividade próprias.

Além da pesquisa qualitativa, foi empregado tratamento quantitativo de alguns dados coletados, de forma a complementar análise desta investigação. Embora possuam focos diferentes sobre o mesmo objeto, as abordagens qualitativas e quantitativas não são opostas ou excludentes, e podem ser utilizadas de maneira cooperativa e que vise a uma compreensão mais ampla dos fenômenos observados (NEVES, 1996).

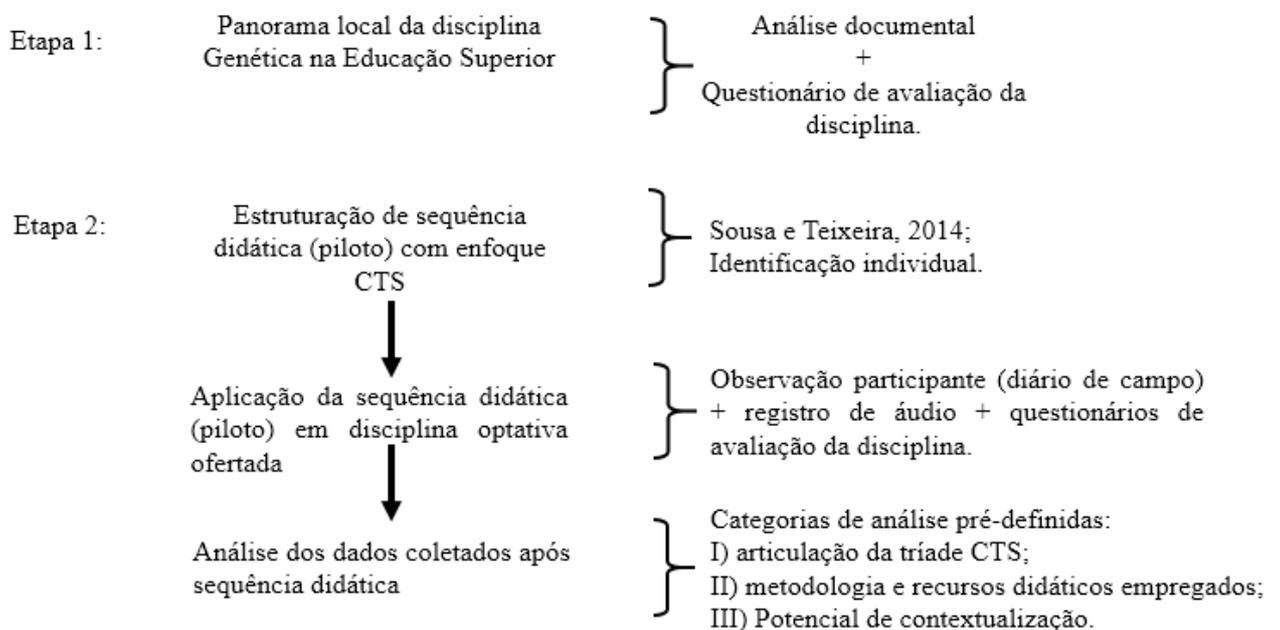
Ainda como técnica de investigação, foi utilizada a observação participante. Esta estratégia visa a compreender as pessoas e suas atividades no contexto da ação e é adotada quando o pesquisador se encontra em contato direto, frequente e prolongado com o objeto de sua pesquisa, promovendo interação e sendo o próprio instrumento de coleta e interpretação de dados (CORREIA, 2009). Adotando essa abordagem, a professora pesquisadora participou ativamente do processo, observando e buscando se integrar à realidade a ser analisada. Como complemento desta estratégia, foram utilizados outros instrumentos de coleta de dados, mencionados a seguir.

4.2 Contexto da pesquisa e coleta de dados

A figura 3 apresenta um organograma que resume o percurso metodológico desta investigação e menciona os instrumentos utilizados para a coleta de dados. Este percurso contou com duas etapas.

Etapa 1: Nesta etapa, a investigação realizada buscou traçar o panorama local de uma disciplina de Genética na Educação Superior e desenvolver uma proposta de intervenção. Após vasta pesquisa bibliográfica, que buscou caracterizar o ensino de Genética de acordo com as publicações relacionadas (capítulo 2), interessou-nos observar um contexto local, buscando compreender se as principais dificuldades relatadas na literatura estavam também presentes nessa realidade local. Dessa forma, o olhar desta pesquisa se voltou, inicialmente, para o curso de Ciências Biológicas de uma universidade federal, que conta com a disciplina Genética em seu fluxo curricular.

Figura 3 - Organograma do percurso metodológico da investigação



Para traçar o panorama local da disciplina de Genética em observação, realizou-se a coleta e análise documental de dados arquivados da disciplina junto à secretaria de graduação do curso de Ciências Biológicas. Os dados coletados referem-se às porcentagens de menções obtidas pelos alunos entre os anos 2010 e 2015, bem como índices de trancamento, reprovação e aprovação na disciplina. Na universidade em questão, a disciplina Genética é cursada pelos alunos de Ciências Biológicas no 5º semestre da

licenciatura/bacharelado. Nossa análise também contou com a aplicação de um questionário qualitativo de avaliação da disciplina Genética (Apêndice C). Esse questionário foi respondido por alunos de Ciências Biológicas que cursaram a disciplina ou estavam cursando no momento da resposta. O questionário buscou identificar, a partir da ótica dos alunos, quais tipos de concepções, estratégias e recursos os professores de genética utilizaram para planejar e executar suas aulas e avaliações. Como nosso trabalho buscou enfatizar o problema da falta de contextualização no ensino de genética, o questionário objetivou ainda captar a visão dos alunos a respeito da disciplina em relação a esse quesito, avaliando se os mesmos puderam compreender como os conceitos de genética se relacionam com a sua vida pessoal e profissional. Após a coleta de dados, foi feita uma seleção para análise em que foram escolhidos sujeitos de pesquisa que tenham cursado a disciplina entre os anos 2010 e 2015. Seguindo esse critério, foram selecionados 34 questionários. Os resultados dessa experiência foram explicitados no capítulo 5.

Etapa 2: Nesta etapa, foi estruturada uma sequência didática (SD) com base nas orientações propostas pelo Movimento CTS, objetivando proporcionar aos alunos um ensino de genética mais contextualizado e articulado com as questões tecnológicas e sociais envolvidas. Neste trabalho, entende-se por sequência didática um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tem princípio e fim conhecidos tanto pelo professor quanto pelos alunos (ZABALA, 1998, p.18; apud SOUSA, 2013).

A SD estruturada teve como tema norteador principal a “**Identificação individual**”. Esse tema foi escolhido por possuir grande relevância social, apresentando questões que se relacionam diretamente com o cotidiano de qualquer cidadão e também por abarcar diversos conceitos de genética passíveis de serem explorados. A SD, composta por 6 encontros e duração total de 24 horas, foi aplicada no primeiro semestre de 2016, em disciplina optativa ofertada para alunos de graduação de diversos cursos da educação superior que contêm a disciplina Genética em sua grade curricular. Após o período de matrícula, constatou-se que havia 11 alunos matriculados de maneira eletiva na disciplina, provenientes dos cursos de Ciências Biológicas, Farmácia, Biotecnologia e Medicina Veterinária.

Sendo a SD resultado de nosso trabalho após pesquisas bibliográficas a respeito do ensino de genética e dos pressupostos do ensino CTS, a descrição detalhada dessa sequência de aulas encontra-se no capítulo 5, assim como as temáticas, objetivos e estratégias didáticas utilizados em cada encontro.

Durante toda a aplicação da SD, utilizou-se a técnica de observação participante (CORREIA, 2009), em que a professora pesquisadora se manteve como observadora, tomando notas e fazendo intervenções pontuais no processo, enquanto professores regentes conduziam os encontros de maneira mais ativa. Esta técnica foi escolhida por acreditarmos que, neste contexto, seria possível diminuir o viés de influência sobre as respostas e comportamentos dos alunos, permitindo que agissem e pensassem de maneira natural e fluida, sem interferência direta. Os instrumentos de coleta de dados dessa fase da investigação foram:

- a) gravação em áudio das aulas;
- b) diário de campo da professora pesquisadora; e
- c) questionário de avaliação preenchido pelos alunos participantes (Apêndice D)

4.2.1 Gravação em áudio

Todas as aulas da sequência didática foram gravadas em formato de áudio para posterior análise. O objetivo principal desse instrumento de coleta é permitir análise posterior da participação dos alunos, suas contribuições para a aula em andamento e seu interesse pelos assuntos abordados.

Os alunos foram informados a respeito da gravação das aulas e da possibilidade de utilização dos dados gravados em pesquisas, sendo mantido o anonimato, e não manifestaram oposição a esse instrumento de coleta de dados.

4.2.2 Diário de campo

Durante a aplicação da SD, a professora pesquisadora realizou anotações de todos os encontros em um diário de campo, constando anotações descritivas e reflexivas de modo a não perder aspectos essenciais para a investigação e garantir maior riqueza de percepções, focando principalmente na observação do comportamento dos alunos ao longo dos encontros.

4.2.3 Questionário de avaliação

Ao final da SD, os alunos participantes preencheram um questionário de avaliação da disciplina, que buscou identificar os pontos positivos e as limitações da utilização do enfoque CTS no ensino de Genética, bem como avaliar a compreensão e interesse dos alunos ao longo da disciplina.

A interpretação dos dados coletados após aplicação da SD foi feita a partir de categorias de análise predefinidas e estabelecidas segundo os objetivos deste trabalho. São elas:

Categoria 1 - articulação da tríade CTS;

Categoria 2 - recursos didáticos empregados; e

Categoria 3 - potencial de contextualização.

Todas as categorias visam a trazer conclusões a respeito do potencial benefício que a SD estruturada pode oferecer na tentativa de solucionar parte dos desafios em relação à falta de contextualização no ensino de genética. A descrição detalhada de cada categoria de análise predefinida encontra-se no capítulo 5 deste trabalho.

Após a coleta e análise dos dados, os resultados dessa investigação propiciaram a elaboração de uma proposição final: um curso com duração de 24 horas para alunos da educação superior cujo tema é **A identificação humana, seus aspectos científicos, históricos e sociais.**

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, encontram-se os resultados obtidos no trabalho e estão divididos em três sessões: análise do contexto local; estruturação e aplicação da SD; e discussão das categorias de análise dos dados coletados.

5.1 Panorama local da disciplina Genética (etapa 1)

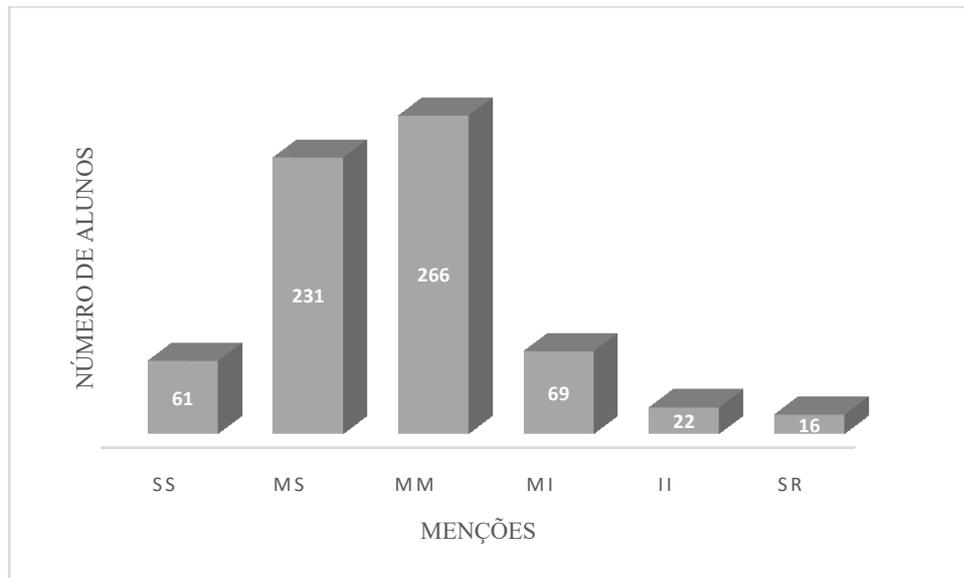
Como mencionado anteriormente, para traçar o panorama local de uma disciplina de Genética ofertada para alunos de Ciências Biológicas, realizou-se a análise documental dos dados arquivados da disciplina. Os dados obtidos após a análise documental encontram-se compilados na tabela 1. Nela são apresentadas as menções obtidas pelos alunos de Genética a cada semestre, desde o 1º semestre de 2010 até o 2º semestre de 2015, para todas as turmas.

Tabela 1 – Menções obtidas pelos alunos de Genética a cada semestre.

| Menção | 1º/2010 | 2º/2010 | 1º/2011 | 2º/2011 | 1º/2012 | 2º/2012 | 1º/2013 | 2º/2013 | 1º/2014 | 2º/2014 | 1º/2015 | 2º/2015 | TOTAL |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| SS | 3 | 9 | 7 | 8 | 3 | 5 | 2 | 6 | 9 | 2 | 1 | 6 | 61 |
| MS | 27 | 25 | 19 | 14 | 31 | 31 | 20 | 10 | 20 | 5 | 16 | 13 | 231 |
| MM | 25 | 19 | 17 | 23 | 26 | 28 | 27 | 25 | 21 | 17 | 10 | 28 | 266 |
| MI | 5 | 7 | 8 | 6 | 2 | 4 | 9 | 7 | 1 | 5 | 11 | 4 | 69 |
| II | 1 | 3 | 6 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 3 | 22 |
| SR | 1 | 1 | 5 | 0 | 0 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 16 |
| TR | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 4 | 1 | 11 |
| TOTAL | 63 | 64 | 62 | 53 | 66 | 73 | 59 | 50 | 53 | 33 | 45 | 55 | 676 |

Nota: SS (9,0 a 10,0); MS (7,0 a 8,9); MM (5,0 a 6,9); MI (3,0 a 4,9); II (0,1 a 2,9); SR (sem rendimento); TR (trancamento de matrícula)

Transpondo os dados da tabela para um gráfico, mostrado na figura 4, observa-se um padrão de distribuição com ocorrência menor de menções extremas (SS e SR) e maior ocorrência de menções medianas.

Figura 4 – Menções obtidas por todos os alunos de genética do curso de Ciências Biológicas de 2010 a 2015

Seguindo os parâmetros da instituição de ensino, realizou-se uma análise direcionada dos dados brutos a respeito do índice de reprovação, considerando as menções SS, MS e MM como aprovações e as menções MI, II e SR como reprovações. Os resultados encontram-se na tabela 2. O índice médio de reprovação no período analisado foi de 16%. Ao observar os índices de reprovação ao longo do período em análise, nota-se que esse índice oscilou com grande variação ao longo dos semestres, sem respeitar nenhum padrão específico.

Tabela 2 – Número de aprovações e reprovações e índice de reprovação por semestre

| | 1º/2010 | 2º/2010 | 1º/2011 | 2º/2011 | 1º/2012 | 2º/2012 | 1º/2013 | 2º/2013 | 1º/2014 | 2º/2014 | 1º/2015 | 2º/2015 | TOTAL |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Aprovações | 55 | 53 | 43 | 45 | 60 | 64 | 49 | 41 | 50 | 24 | 27 | 47 | 558 |
| Reprovações | 7 | 11 | 19 | 7 | 4 | 9 | 10 | 9 | 1 | 9 | 14 | 7 | 107 |
| TOTAL | 62 | 64 | 62 | 52 | 64 | 73 | 59 | 50 | 51 | 33 | 41 | 54 | 665 |
| I.R. | 0.11 | 0.17 | 0.31 | 0.13 | 0.06 | 0.12 | 0.17 | 0.18 | 0.02 | 0.27 | 0.34 | 0.13 | 0.16 |

Nota: I.R. = Índice de Reprovação

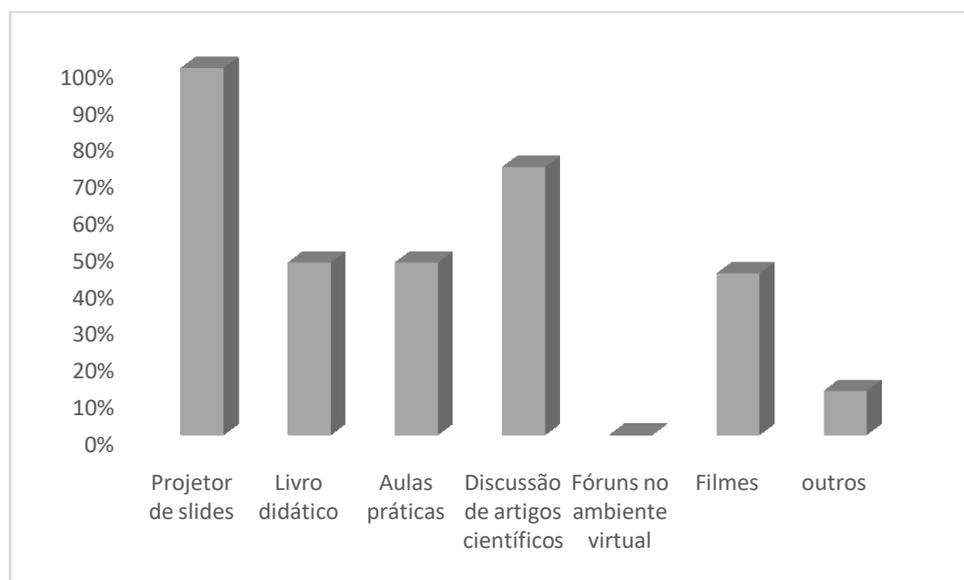
Sendo a análise documental insuficiente para uma compreensão mais robusta a respeito da realidade local da disciplina, realizou-se a aplicação de um questionário qualitativo (Apêndice C) para alunos de Ciências Biológicas que já haviam cursado a disciplina Genética em análise. A aplicação do questionário foi realizada em aulas cedidas por professores de outras disciplinas, onde sabíamos que haveria alunos que se encaixariam em nosso público alvo, ou seja, alunos que já tinham cursado a disciplina Genética em análise. O

questionário foi respondido por 47 alunos, todos graduandos em Ciências Biológicas pela Universidade em questão. A partir desse conjunto de dados, selecionamos os questionários para análise utilizando como critério a data em que os participantes haviam cursado a disciplina, fazendo um recorte dos participantes que cursaram genética entre os anos 2010 e 2015, o mesmo recorte temporal utilizado na análise documental. Com base nesse critério, foram selecionados 34 questionários respondidos. A fim de preservar a identidade dos alunos, os questionários e as respostas foram enumerados de 1 a 34, cada número representando um aluno diferente.

O grupo de alunos cujos questionários foram analisados possui média de idade de 22 anos, variando de 19 a 28 anos. Dos 34 participantes, 67,6% cursaram o ensino médio em uma escola particular e o restante no ensino público, sendo na cidade local ou em outras cidades do país. 61,7% ingressaram na universidade por meio do vestibular tradicional, enquanto 32,3% ingressaram pelo programa de avaliação seriada disponibilizado pela universidade. 6% dos participantes obtiveram menção SS, 26% menção MS, 18% MM, 3% MI e os outros 47% estavam cursando a disciplina no momento em que responderam o questionário, de modo que ainda não possuem menção na disciplina.

No questionário, os alunos forneceram informações a respeito dos tipos de recursos didáticos adotados pelos professores da disciplina genética. Os resultados são mostrados na figura 5:

Figura 5 - recursos didáticos utilizados pelos professores.



A análise dos dados permite a observação de certa variedade de recursos didáticos, embora não seja possível inferir a frequência com que cada um deles foi utilizado. A variedade de recursos denota uma metodologia de ensino mais diversificada, que adota estratégias diferentes para facilitar a compreensão por parte dos alunos. A discussão de artigos científicos foi mencionada por 73% dos alunos. Esse recurso didático pode tornar-se interessante, à medida que for utilizado na busca de aproximar os conhecimentos científicos atuais à realidade dos alunos (SASSERON E CARVALHO, 2011), havendo a possibilidade de uma articulação CTS e de estímulo ao letramento científico.

O recurso “Projeto de Slides” foi mencionado por 100% dos alunos. Sabe-se que esse recurso é utilizado por boa parte dos professores atualmente. Embora apresente inúmeras vantagens, é necessário que os professores se preocupem em acrescentar outros recursos didáticos concomitantes. O fragmento de resposta abaixo relata a opinião de um dos participantes, citando os prejuízos da utilização excessiva de um mesmo recurso:

Aluno 9: Sugiro menos aulas expositivas nos slides. As aulas ficavam extremamente cansativas e monótonas. Senti falta de outras metodologias.

Em suas justificativas ao longo dos questionários, alguns alunos comentaram a utilização do recurso didático “aulas práticas”. Foi mencionada a frequência de ocorrência dessas aulas e a correlação das mesmas com a realidade dos alunos, como exemplificam os comentários abaixo:

Aluno 6: Fizemos aulas práticas, porém não muito contextualizadas com a situação real.

Aluno 20: Poderia ter mais aulas práticas ou interativas que façam o aluno estar mais próximo dos conteúdos abordados.

Ainda considerando essa temática, 30% dos alunos deram, como sugestão, a ocorrência de mais aulas práticas, propondo inclusive o desenvolvimento de projetos científicos ao longo de semestre, em que o aluno possa vivenciar a prática de um biólogo geneticista, entender como ocorrem os experimentos científicos, realizar coleta e análise de dados e ser capaz de discutir os resultados encontrados.

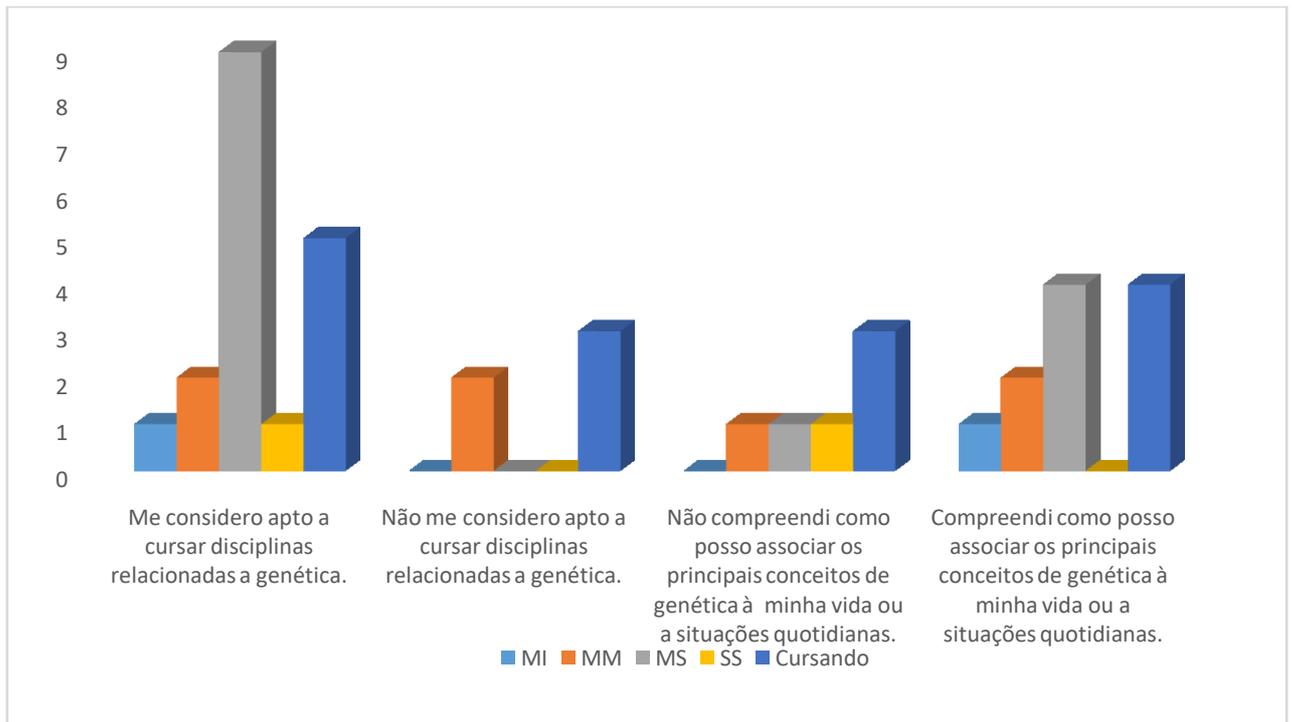
A figura 6 mostra os dados referentes à pergunta “Ao longo da disciplina Genética, você sentiu falta de discutir ou saber mais sobre determinado assunto relacionado à temática? Se sim, qual? ”.

Figura 6 - Temas sugeridos pelos alunos.



A maioria dos alunos (65,7%) não inseriu sugestões de temas. Entretanto, entre as sugestões citadas consta a discussão científica de assuntos relacionados à bioética e questões morais que envolvem a genética. Essas temáticas podem ser trabalhadas sob uma ótica CTS, visto que, por si só, já abarcam uma relação entre ciência, tecnologia e sociedade, além de serem tópicos de discussão cada vez mais atuais no meio científico. No curso de licenciatura em Ciências Biológicas da universidade em questão, não existem disciplinas obrigatórias que tratem diretamente da bioética como objeto de estudo, devendo essa temática ser inserida em todos os planejamentos de disciplinas, na medida do possível. Assim, esse tema precisa ser discutido nas demais disciplinas do curso, especialmente na disciplina Genética, que possui tantas relações com questões morais e éticas. Os alunos também deram como sugestão a abordagem mais aprofundada de temáticas como evolução, genética quantitativa, seleção sexual, técnicas laboratoriais e epigenética, além de ressaltarem a necessidade de haver mais discussões científicas a respeito de situações reais.

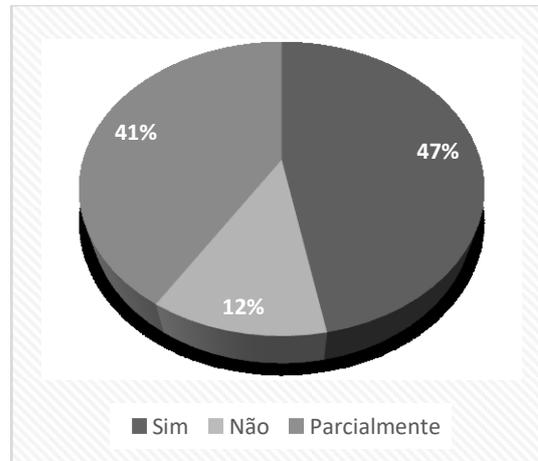
A figura 7 mostra a relação entre a menção recebida pelos alunos ao final da disciplina e a auto avaliação observada a partir das respostas dos alunos à seguinte pergunta: “Como você analisa a sua aprendizagem ao longo da disciplina Genética? ”. Nessa pergunta, os alunos entrevistados tiveram a opção de marcar mais de uma alternativa.

Figura 7 - Relação entre a menção dos alunos e sua auto avaliação.

A partir da figura, concluímos que a maioria dos alunos se considera apta a cursar outras disciplinas relacionadas a genética. Esse é um resultado promissor para a disciplina analisada, pois a mesma pode ser considerada como pré-requisito para a compreensão de diversos processos biológicos complexos abordados em disciplinas optativas e obrigatórias do fluxo de Ciências Biológicas. Os alunos que não se consideram aptos a cursar disciplinas relacionadas a genética obtiveram menção MM (média mínima) ou ainda estavam cursando a disciplina e, portanto, não tinham obtido menção. 17,6% dos alunos selecionaram a opção “Não compreendi como posso associar os principais conceitos de genética à minha vida ou a situações cotidianas”.

A figura 8 mostra os resultados encontrados a partir das respostas dos alunos à primeira pergunta do questionário: “Durante a disciplina Genética, o professor buscou contextualizar o conteúdo, trazendo aplicações práticas relacionadas com situações reais? ”.

Figura 8 - Respostas dos alunos à pergunta: durante a disciplina Genética, o professor buscou contextualizar o conteúdo, trazendo aplicações práticas relacionadas com situações reais?



Alguns entrevistados que forneceram como resposta a opção “parcialmente” justificaram suas escolhas alegando que invariavelmente os professores usam exemplos esporádicos relacionados com situações concretas, sendo utilizados, na maior parte do tempo, exemplos hipotéticos, conforme se pode perceber na justificativa transcrita dos alunos abaixo:

Aluno 21: Apenas um dos professores abordou um único caso que realmente aconteceu. Os outros usam questões hipotéticas.

Aluno 25: Os professores não contextualizam ou não trazem aplicações práticas para a aula, com exceção de exemplos ocasionais.

A literatura descreve resultados benéficos a partir da elaboração de um planejamento de aulas contextualizado com a realidade do aluno (ver, por exemplo, SOUSA E TEIXEIRA, 2014; SOUSA, 2003). Ultrapassando os exemplos esporádicos, é importante que os professores se preocupem em considerar a contextualização como uma prática que permeia todo o seu planejamento, contribuindo dessa forma para que os alunos se reconheçam no processo de aprendizagem e entendam como podem se relacionar com os conhecimentos adquiridos (FRANZOLIN e BIZZO, 2012).

Quando interrogados sobre a associação entre a disciplina e sua formação superior, a maioria (64,7%) dos alunos alegou compreender as relações entre a genética e sua carreira profissional. Os exemplos relatados ressaltam a importância do ensino de genética para a atuação profissional em diversas áreas, tais como a genética forense, terapia gênica, genética médica, melhoramento genético na agricultura e até mesmo na prática docente. O fragmento

de resposta abaixo destaca como a disciplina foi importante para a formação de um dos alunos participantes como professor:

Aluno 21: Sim. Como pretendo lecionar foi interessante poder pensar sobre conteúdos sendo aplicados e demonstrados na realidade do aluno.

O panorama traçado neste trabalho nos mostra que a disciplina Genética nesse contexto apresenta potencialidades, tal como o baixo índice de reprovação, além de propiciar aos alunos a vivência de determinadas práticas científicas, como a leitura e discussão de artigos científicos e aulas práticas relacionadas aos conteúdos de genética. O panorama traçado parece revelar que a maioria das aulas ainda apresenta o perfil de aulas expositivas e tradicionais, com uso de recursos diferenciados apenas ocasionalmente e a utilização de exemplos esporádicos para contextualização, sem aprofundar discussão de outros aspectos, além dos científicos. As opiniões e comentários de muitos alunos corroboram com os dados da literatura (LIMA E TEIXEIRA, 2011; SOUSA e TEIXEIRA, 2014), que afirmam o excesso de aulas expositivas e com pouca diversificação de metodologias.

Por se tratar de um período de tempo de 5 anos, contando com a totalidade de 10 semestres letivos e 30 turmas de genética diferentes, com professores distintos a cada semestre, parece-nos particularmente desafiador traçar um perfil da condução dessa disciplina. Isso contribui para explicar os dados obtidos, que oscilam semestre a semestre, tanto a respeito de menções e índice de reprovação quanto a respeito do ponto de vista dos alunos. A partir dessa observação, sugere-se a importância de um diálogo profundo entre os professores regentes, de modo a ofertar uma disciplina que atenda às necessidades profissionais e pessoais dos alunos sem perder a individualidade inerente ao processo. Nesse contexto, a troca de experiências e a realização de estudos a respeito de metodologias de ensino adaptadas ao ensino de genética podem ser ferramentas importantes na construção de um ensino de genética mais contextualizado e que supere as dificuldades relatadas na literatura.

É importante destacar que parte dos resultados constantes no tópico acima descrito (etapa 1) fundamentaram a estruturação e aplicação da sequência didática (etapa 2) neste trabalho. Ao observar um panorama local em que o ensino de genética carece de contextualização e utilização de novas metodologias de ensino, consideramos ainda mais importante fundamentar nossa proposta de intervenção nos pressupostos da educação CTS,

entendendo que esta pode ser uma estratégia interessante para solucionar, em parte, os desafios encontrados no ensino de genética.

5.2 Estruturação e aplicação da Sequência Didática (etapa 2)

A estruturação da SD, em conformidade com Santos (2007), teve como parâmetro principal o esforço por integrar educação científica, tecnológica e social, de maneira que os conteúdos científicos e tecnológicos fossem estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, políticos e socioeconômicos. Seguindo a categorização proposta por Aikenhead (1994) e apresentada por Santos e Mortmer (2000), a sequência didática estruturada enquadra-se na categoria 4, em que os temas CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciências e a sua sequência, mas a seleção do conteúdo ainda é feita a partir de uma disciplina (ver Quadro 2). Isso ocorre porque a escolha do tema precedeu a escolha dos conteúdos científicos e baseou-se na relevância social do mesmo.

A SD teve como tema norteador principal a “**Identificação individual**”. Essa temática relaciona-se com a genética e com uma variedade de outros conteúdos científicos, levantando aspectos históricos, tecnológicos, éticos, políticos e sociais passíveis de serem explorados. A temática pode ser trabalhada seguindo um viés histórico que discute desde a identificação de indivíduos sem levar em conta o conhecimento científico até a identificação por fenótipos como dermatoglifos e marcadores de DNA. Aspectos relacionados a saúde, criminalística e até mesmo migração política podem ser vinculados a esse eixo principal, que também é embasado pelos conteúdos científicos correspondentes. Ainda atualmente, utilizamos os dermatoglifos como padrão de individualização em documentos e processos. Alterações nos padrões de impressão digital são observadas em diversas anomalias genéticas que afetam diretamente a população, podendo essa característica ser utilizada no embasamento de hipóteses diagnósticas. Os marcadores genéticos, em nível de DNA, são utilizados em exames para averiguar paternidade e na genética forense. Enfim, a identificação individual possui estreita relação com a sociedade e as bases genéticas e ambientais que influenciam essa identificação não são conhecidas pela maioria da população.

Para estruturação da SD, foram selecionados materiais e metodologias condizentes com a temática principal previamente escolhida. O quadro 3 apresenta a organização da SD, seguindo estruturação similar à proposta por Souza e Teixeira (2014). Nele consta um resumo

dos encontros realizados, com as temáticas, descrição das atividades e estratégias didáticas adotadas para cada encontro.

Quadro 3 - Descrição dos objetivos, temáticas, atividades desenvolvidas e estratégias didáticas em cada encontro da SD.

| ENCONTRO | TEMÁTICAS | OBJETIVOS | ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS/ ATIVIDADES |
|----------|---|--|--|
| 1° | Identificação humana individual; História da ciência | Apresentar a proposta de pesquisa; situar aspectos históricos e científicos da identificação humana | Preenchimento do TCLE; Dinâmica de grupo (tempestade de ideias) + exposição dialogada; Discussão de artigo científico. |
| 2° | Dermatoglifos; herança multifatorial; metodologia científica | Compreender os dermatoglifos como um fenótipo de herança multifatorial; favorecer a investigação, levantamento de hipóteses e análise de dados por meio da experimentação; | Exposição dialogada; Aula prática; Coleta, organização e análise de dados; Discussão de resultados científicos. |
| 3° | Marcadores de DNA e aplicações na sociedade | Compreender os marcadores de DNA como ferramentas úteis para a identificação humana individual; compreender como o conhecimento científico é aplicado em questões sociais | Exposição dialogada; Discussão de artigos científicos; |
| 4° | Marcadores de DNA e dermatoglifos: aplicações | Compreender como profissionais da área de papiloscopia e genética forense utilizam os conhecimentos científicos e tecnologias associadas em suas profissões | Palestra dialogada com profissionais da área |
| 5° | CTS e Questões sociocientíficas (QSC) associadas à identificação humana | Compreender as relações diretas entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais na identificação individual humana. | Exposição dialogada; Discussão de artigos científicos; Construção de resumo crítico |
| 6° | CTS e QSC associadas à identificação humana | Estimular a tomada de decisão frente a QSC a partir de conhecimento prévio adquirido ao longo da SD. | Trabalho em grupo; Debates sobre QSC relacionadas; Aplicação de questionários de avaliação |

Participaram dos encontros propostos na SD 11 alunos, provenientes dos cursos de Ciências Biológicas, Biotecnologia, Medicina Veterinária e Farmácia.. A fim de preservar a identidade dos alunos, eles foram enumerados de 1 a 11 para critérios de menção neste trabalho.

A seguir constam as descrições dos encontros realizados durante a aplicação da sequência didática, contendo as atividades desenvolvidas e as reflexões e impressões advindas

desta experiência. Para esta sessão, utilizamos como base as anotações do diário de campo da professora pesquisadora e as gravações de áudio realizadas durante a aplicação. Em sessão posterior, será realizada a interpretação dos dados segundo as categorias de análise predefinidas na pesquisa.

Encontro 1: 13/05/16 (quatro horas)

Este encontro teve como objetivo situar os aspectos históricos e científicos da identificação humana. A aula começou com uma breve apresentação do projeto de pesquisa e os alunos participantes receberam e preencheram os termos de consentimento livre e esclarecido (Apêndice B). Em seguida, os alunos foram dispostos em semicírculo e iniciou-se uma tempestade de ideias a respeito do tema identificação humana. Sob orientação da professora regente, os alunos foram estimulados a contribuir com palavras ou expressões que se relacionassem com a temática da aula. Assim, foram levantadas técnicas de identificação humana ao longo da história, desde os primórdios da organização em sociedade até a atualidade. Foram mencionados aspectos como o nome de um indivíduo, a família a qual pertence, características físicas individuais, local de nascimento, relações de parentesco, impressões digitais, marcadores genéticos, entre outros. Também foram levantadas as formas de identificação criminal primitivas, tais como o uso de ferretes para marcação, mutilação e antropometria.

A tempestade de ideias foi direcionada pela professora regente da turma. Inicialmente, a participação dos alunos foi tímida e discreta, com maior intervenção da professora por meio de perguntas. Os alunos participaram dando palpites curtos, mas sem estabelecer um diálogo constante. Essa manifestação pode ser devida ao fato da dinâmica proposta ser uma metodologia incomum em ambiente universitário, que é marcado por aulas expositivas que não envolvem interação constante dos alunos. No entanto, ao serem questionados a respeito das bases genéticas de características utilizadas na identificação humana atualmente, os alunos demonstraram interesse e curiosidade. Ao longo do tempo, os alunos passaram a trazer contribuições mais robustas, mencionando experiências pessoais sobre o assunto, levantando dúvidas e dialogando entre si, contribuindo para uma aula mais dinâmica e menos expositiva.

Em seguida, foi realizada a leitura e a concomitante discussão dos artigos: “Evolução dos Processos de identificação humana: das características antropométricas ao DNA” (GARRIDO, 2009) e “Estratégias para a identificação humana: do geral ao genoma”, cujo resumo encontra-se disponível no anexo A (SILVA et. al 2013). Ambos os artigos são

revisões que tratam dos aspectos históricos e científicos da identificação humana social e criminal e dos aspectos éticos relacionados a eles. Os artigos também relatam como o conhecimento científico atual permite a identificação de indivíduos, trazendo estudos de caso reais. A leitura dos textos aconteceu de forma conjunta, de modo que cada um dos alunos leu trechos do texto em voz alta, e com pausas em cada momento que a professora ou os alunos desejassem comentar algum aspecto relevante. Nesse momento, os alunos já estabeleciam um diálogo informal a respeito do tema, tecendo comentários e perguntas e respondendo às perguntas uns dos outros.

Os alunos demonstraram compreender o papel e a influência da ciência e do desenvolvimento científico na identificação humana individual ao longo da história, bem como as tecnologias desenvolvidas para permitir tal identificação. Essa estratégia contribuiu, portanto, para uma visão mais crítica da história da ciência e do fazer científico. Além disso, aspectos éticos foram abordados pelos próprios alunos ao longo da discussão do texto selecionado, de forma que a estratégia didática proposta parece ter favorecido a reflexão sobre o papel social da identificação humana e o impacto desses aspectos científicos e tecnológicos na sociedade.

Encontro 2: 20/05/16 (quatro horas)

Este encontro teve como objetivo promover, por meio da experimentação, a investigação, levantamento de hipóteses, coleta e análise de dados, compreendendo os dermatoglifos (impressões digitais) como um fenótipo de herança multifatorial.

A aula iniciou com uma breve exposição teórica sobre o assunto, levando os alunos a conhecerem a origem embriológica dos dermatoglifos, os principais padrões de impressões digitais encontrados, assim como as formas de classificação qualitativas (identificação de padrões) e quantitativas (contagem de linhas de uma impressão digital). Os alunos demonstraram curiosidade em relação aos seus próprios fenótipos, observando e comparando impressões digitais durante a exposição teórica e fazendo perguntas a respeito do tema. Também partiu dos participantes a discussão a respeito das tecnologias científicas relacionadas, como a papiloscopia, e de que maneira as impressões digitais surgem no desenvolvimento embrionário.

Após a explanação teórica, os alunos foram convidados a acompanhar um roteiro de atividades práticas sobre o assunto. A aula prática é uma adaptação do material proposto em Andrade et. al (2017), produzido por nossa equipe de trabalho, e consiste em um texto de

apoio para estudo dos dermatoglifos e um quadro para coleta dos dados (Apêndice E). Em posse desse material e de outros instrumentos para coleta das impressões digitais (tinta de carimbo, tesoura, fita adesiva e lupa), os alunos preencheram o quadro de dados com suas impressões digitais dos dez dedos e procederam conforme indicado, identificando os padrões encontrados e realizando a contagem de linhas de cada impressão digital. O quadro de dados também foi preenchido com informações a respeito da presença ou ausência de concordância entre os dedos da mão esquerda e direita, a frequência de cada padrão observado e o total de linhas encontrado na contagem.

Nessa primeira etapa do roteiro prático, os alunos pareceram se envolver com a atividade, interessados em cumprir os objetivos propostos. Além disso, foi possível observar uma motivação investigativa adotada por boa parte dos alunos no momento em que tentavam identificar seus próprios fenótipos. A professora regente instigou os alunos com perguntas a respeito da variação encontrada em um mesmo indivíduo e entre indivíduos diferentes e auxiliou os alunos na identificação de padrões de dermatoglifos e contagem de linhas.

Terminada a primeira etapa da aula prática, os alunos foram convidados a compartilhar os dados individuais encontrados com toda a turma, por meio do preenchimento de tabelas também disponíveis no material didático adotado (Apêndice F). As tabelas organizam os dados de frequência, concordância e número de linhas de todos os alunos da turma, fornecendo uma visão global dos fenótipos de uma população hipotética. O objetivo principal dessa etapa é verificar a existência de enorme variação de fenótipos entre os indivíduos, sendo as impressões digitais um bom parâmetro para a identificação humana individual. Com o compartilhamento de dados nas tabelas os alunos puderam chegar a essa conclusão, tecendo comentários conclusivos a respeito. Além disso, os alunos foram interrogados pela professora a respeito das bases genéticas dessa característica e puderam concluir que, havendo grande variação mesmo em um mesmo indivíduo (a concordância de dedos da mão direita e esquerda raramente é total), esse fenótipo possui herança multifatorial e apresenta forte influência ambiental (desenvolvimento embrionário).

O roteiro de aulas práticas também conta com perguntas a respeito de cada etapa desenvolvida e os alunos foram convidados a elaborar um relatório de aula prática organizando os dados coletados e respondendo a essas perguntas propostas. A aula prática favoreceu o contato dos alunos com métodos e técnicas científicas de observação, coleta, manipulação e análise de dados que buscam responder a uma pergunta específica, o que

favorece a construção de pensamento científico crítico e o desenvolvimento de habilidades próprias da formação científica.

Encontro 3: 03/06/16 (quatro horas)

O objetivo deste encontro foi compreender os marcadores de DNA como ferramentas úteis para a identificação humana individual assim como compreender como o conhecimento científico exerce influência na sociedade. O encontro iniciou com uma breve exposição dialogada ministrada por professora convidada sobre perfil genético e marcadores de DNA utilizados na genética forense e identificação de paternidade. A professora enfatizou as tecnologias de DNA utilizadas no processo de identificação de indivíduos, tais como a técnica de PCR, o uso de enzimas de restrição, sequenciamento automático, etc.

A professora forneceu, ainda, casos reais para exemplificar as aplicações de tecnologias, e os alunos mostraram-se bastante interessados nesses estudos de caso. A turma pareceu refletir espontaneamente sobre o impacto do desenvolvimento científico na sociedade e das dificuldades existentes nessa relação entre ciência e sociedade. Um exemplo que marcou essa discussão foi o acidente de massa ocorrido na Argentina em um supermercado incendiado. A polícia federal argentina ficou encarregada da identificação dos corpos e utilizou tecnologias de DNA para tal. Porém, com a pressão das famílias para encontrar seus parentes falecidos, a polícia acabou fazendo identificações errôneas e trocando corpos. A discussão se encaminhou em torno da responsabilidade necessária no fazer científico, sendo a ciência uma ferramenta que pode trazer grande impacto na vida pessoal e comunitária de um indivíduo.

Após a breve exposição, os alunos foram dispostos em círculo e convidados a mediar a discussão de dois artigos científicos que haviam lido previamente (FRANCISCO et. al, 2013; FUNABASHI et. al, 2009) (Anexos: B e C). Os artigos versam sobre aplicações dos marcadores genéticos na sociedade e mostram de que maneira o conhecimento científico e tecnologias associadas podem ser úteis para solucionar casos reais de crimes, questionamento de paternidade, identificação de pessoas em acidentes de massa e busca por ancestralidade.

Os alunos haviam sido distribuídos previamente em grupos para leitura dos artigos, de modo que metade dos alunos leram um artigo e a outra metade leu o segundo. Assim, cada grupo atuou como mediador da discussão do artigo lido, apresentando brevemente o texto, suas principais contribuições e conclusões a abrindo a discussão para todos os alunos. Durante

a apresentação e discussão dos artigos, todos os alunos fizeram comentários e perguntas, buscando participar desse momento de troca de experiências.

Cada aluno pôde mencionar pontos interessantes que destacaram no texto e também tiraram dúvidas a respeito das técnicas mencionadas nos artigos, conhecendo seu potencial e suas limitações. Um assunto mencionado foi a importância da integração de diferentes áreas do conhecimento científico na resolução de casos que envolvam identificação humana individual, exigindo uma equipe multidisciplinar de profissionais. Essa visão integrada e multidisciplinar das áreas da ciência é importante para o desenvolvimento de um conceito de “ciência” mais crítico por parte do aluno em formação e o texto lido parece ter favorecido esse tipo de reflexão, conforme exemplificam os fragmentos de fala abaixo:

Aluno 1: Eu achei interessante esse uso de outras disciplinas, outros conhecimentos para fechar o caso, né? Conhecimentos de anatomia, odontológicos... então isso chamou muito a minha atenção, né? Porque abrange diferentes áreas da ciência, não é só uma área. É uma coisa mais integrada, mais barata, viável e rápida. Porque eles falam que quando vai só pra análise de DNA os resultados demoram mais e a família fica perguntando e tal.

Aluno 2: a gente nunca pensa em outras técnicas, né? É só DNA, DNA, DNA. Então eu destaquei a parte dentária e também os ossos pélvicos pra saber o sexo, né, que tem diferenciação. A gente fica só pensando em DNA.

Outro tópico abordado no diálogo entre os alunos foi o impacto que a sociedade também é capaz de exercer sobre o desenvolvimento científico. O fragmento de fala abaixo retrata parte desta discussão.

Aluno 3: O texto relata vários estudos de caso, como por exemplo o do World Trade Center, que teve 3 mil mortos (...). E o texto fala que através desse acontecimento eles passaram a ter mais avanço tecnológico para essa área de análise de DNA né, eles passaram a melhorar mais essa técnica de microssatélites. Isso eu achei interessante, porque às vezes as coisas só avançam quando acontece uma coisa dessas.

Este é um aspecto muito importante para as inter-relações CTS: a noção de que a Ciência exerce influências negativas ou positivas sobre a Tecnologia e a Sociedade e é igualmente influenciada por elas. Essa noção de inter-relações é importante para desconstruir

a ideia de Ciência como uma entidade absoluta e inviolável, que apresenta total autonomia dos demais aspectos da sociedade.

Ao final da discussão, um dos alunos destacou um aspecto humanitário mencionado em um dos textos: a importância da identificação humana em casos de desastres ambientais envolvendo mortes, sobretudo em relação aos familiares que sofrem com a perda.

Aluno 4: A gente também tem que levar em consideração que a gente tá mexendo com humanos. Tem sentimentos, tem perda (...). Grandes desastres levam a grandes perdas e isso é uma coisa que tem que ser levada em consideração. Imagina como é pra uma mãe ir reconhecer o corpo de um filho ou o filho de uma mãe, você ver, imagina, o corpo destruído. Eu destaquei mais essa parte humana assim.

A partir dessa fala, a professora pesquisadora conduziu uma reflexão a respeito de como o avanço científico tem influenciado diversas questões sociais, muitas vezes melhorando a qualidade de vida e o bem-estar da humanidade. Solicitou ainda que os alunos se questionassem sobre essa influência direta que a ciência pode exercer no dia a dia de cada um e como eles, alunos em formação, deveriam agir e pensar a ciência de uma maneira mais humana e integrada com os aspectos sociais.

Encontro 4: 10/06/16 (quatro horas)

O objetivo deste encontro foi compreender como profissionais da área de papiloscopia e genética forense utilizam os conhecimentos científicos e tecnologias associadas em suas profissões. A aula foi ministrada na forma de mini palestras, com profissionais da Polícia Civil das áreas de papiloscopia e genética forense. Durante as palestras, os convidados reforçaram a maneira como utilizam as técnicas disponíveis em sua profissão, para realizar identificação humana individual e solucionar casos reais de crimes. Todas as palestras foram ministradas com exemplificação por meio de estudos de caso reais, que forneceram um contexto importante para a compreensão e o interesse dos alunos. Ao longo das palestras, os alunos espontaneamente formularam perguntas para os profissionais convidados, cujo teor variou desde curiosidades a respeito de estudos de caso específicos até dúvidas relacionadas a técnicas e ao dia a dia desses profissionais.

Acreditamos que facilitar o contato entre os alunos e profissionais que atuam diretamente na área de estudo em questão pode ser uma estratégia interessante para a compreensão da aplicação do conhecimento científico na sociedade, de modo que os alunos

possam observar um exemplo concreto de aplicação científica na resolução de diversas questões sociais. Para a situação específica, foram enfatizadas questões como a identificação criminal e de vítimas, a justiça e as leis envolvidas no código penal, o sofrimento dos familiares envolvidos no crime e de que maneira a atuação de profissionais capacitados e técnicas pode aliviar esse sofrimento, entre outras. Porém, dependendo da temática CTS abordada, diversas outras questões podem vir à tona quando se permite ou favorece a experiência de contato entre estudantes e profissionais de uma área fim. Esse contato direto dos educandos com uma realidade profissional ou social específica, a depender da temática abordada, já vem sendo utilizado em outros trabalhos que envolvem metodologias de enfoque CTS no ensino de ciências, gerando resultados positivos (ver, por exemplo, SOUSA, 2013; VASCONCELOS, 2008)

Por meio da gravação, observação e anotações no diário de campo, pôde-se perceber um forte contentamento, por parte dos alunos, na participação dessa atividade proposta. Os alunos evidenciaram, por meio de sua participação e perguntas, grande interesse na atividade profissional dos convidados e verdadeira admiração por seus trabalhos.

Encontro 5: 17/06/16 (quatro horas)

O objetivo deste encontro foi compreender as relações diretas entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais na identificação individual humana. Com clara abordagem CTS, esse encontro se dedicou a trazer à tona temas sociais que possuam relação direta com o conhecimento científico da área de identificação humana, mostrando os impactos que advêm das relações CTS em situações problema reais.

O encontro iniciou-se com uma breve exposição dialogada a respeito do conceito de questões sociocientíficas (QSC). Uma professora convidada, que desenvolve estudos nessa área, ministrou essa introdução teórica, abordando esse conceito crucial para o ensino CTS. Consideramos importante discutir esse conceito antes do início das discussões sobre QSC propriamente ditas, para que, como alunos em formação superior e eventualmente futuros educadores em suas áreas de atuação, os participantes possam pensar sobre a importância de um ensino focado em QSC para uma formação crítica e participativa. A professora convidada discutiu com os alunos o mito da neutralidade científica, a importância da análise do contexto sócio-histórico relacionado ao fazer científico e outros assuntos relacionados à natureza da ciência. Posteriormente, a professora conceituou o termo questões sociocientíficas (QSC) da seguinte maneira: “elas são questões que têm uma base na ciência, envolvem o conhecimento

científico e aspectos políticos, sociais, econômicos, ambientais, históricos e outros aspectos que estão relacionados à própria sociedade. As QSC também suscitam diferentes opiniões, sendo controversas”. Em seguida, a professora forneceu alguns exemplos de QSC (aquecimento global, uso de células tronco, organismos transgênicos, implantação de usinas nucleares, uso de agrotóxicos) e solicitou aos alunos que exemplificassem QSC relacionadas aos seus cursos de formação. Por meio de suas respostas, pôde-se perceber que os alunos conseguiram compreender de fato no que consiste uma QSC, como mostram os fragmentos de fala abaixo.

Aluno 5 (Aluno do curso de Farmácia): “Eu pensei aqui em indústrias mesmo, né? O descarte de resíduos e resquícios da indústria de medicamentos.

Aluno 4 (Aluno do curso de Farmácia): “O descarte não só da indústria, mas também das pessoas descartarem medicamentos, né? Tem que ter um descarte correto, apesar de terem muitos que não sabem disso. ”

Aluno 5 (Aluno do curso de Farmácia): “E até da exploração de recursos vegetais pra fazer medicamentos. Tem drogas vegetais que pra você fazer tem que retirar a casca da árvore, né? E se você tira a casca, toda a árvore morre, né? E a árvore é enorme! ”

Aluno 3 (Aluno do curso de Medicina veterinária): “ Talvez o xenotransplante, sabe? Ou até a eutanásia de animais em determinados tipos de doenças também. ”

A professora relacionou ainda os objetivos de se trabalhar QSC no ensino de ciências, destacando a importância de que o educando aprenda ciência relacionando-a com aspectos cotidianos, além de desenvolver a capacidade de argumentação e o desenvolvimento de atitudes, valores e de uma formação crítica.

Após essa introdução teórica, os alunos foram convidados a discutir dois textos que haviam lido na preparação para essa aula. O primeiro deles (HAUTANIEMI, 2007). (Anexo D) trata da reunificação de famílias somali na Finlândia por meio da migração de parentes respaldada pela tecnologia de testes de DNA. Esse texto traz como problematização o fato de que as leis e a cultura que definem o conceito de família são divergentes na Finlândia e na Somália e essas diferenças culturais acabam gerando conflitos a respeito da migração. Os alunos foram os próprios mediadores da discussão e levantaram pontos interessantes a respeito das inter-relações CTS existentes no texto.

Um exemplo de tópico abordado foi a influência política e as diferenças culturais que provocam interesses divergentes nesta QSC. O fragmento de fala abaixo exemplifica esse aspecto levantado.

Aluno 4: “o texto trata de política se a gente pensar...burocracia... A política seria uma maneira de organizar a sociedade, né. E às vezes se atribui muito poder a uma pessoa e ela acaba levando isso pra um rumo não tão legal. A Finlândia recebe essas pessoas, mas nem todos os parentes ficam juntos ali. E no começo a Finlândia resistiu, não queria muito, né? Por questões de migração, lotar um país vai trazer dificuldades no planejamento. Só que ela começou a ver que essas pessoas que estavam lá e eram trazidas elas tinham necessidades de estar com os laços de parentesco delas, né? E estabeleceram o critério do teste de DNA pra dar certa abertura, mas tentando controlar a superpopulação. Mas aí tem a segunda questão. Família não é necessariamente sangue.”

Outro tópico discutido pelos alunos se refere às inter-relações entre ciência e sociedade na construção de um conceito mais amplo e concreto de família e sobre o impacto de uma informação científica na sociedade no que diz respeito à individualidade humana.

Aluno 1: O que eu achei interessante é que a pesquisadora do texto trabalhou também a questão social, né, e não só a parte científica do caso. E ela também levou muito em conta o contexto sócio-histórico da pessoa. Não somente ‘ ah, vamos usar só a ciência pra provar que você é parente de alguém’ (...). Somente o teste de DNA não é suficiente pra provar quem é da família de quem, então eles precisavam de mais provas.

Aluno 2: O que é família? Tem outros conceitos de família, não só o biológico, dependendo da sociedade. E qual é o impacto de se determinar a ancestralidade de uma pessoa, na sua vida física e psicológica? Por que, às vezes, em questão de adoção né, tem pais que não querem contar que o filho foi adotado. E as vezes a pessoa descobre através de um exame desse e dá revolta. O que essa informação vai causar na vida de uma pessoa pro resto da vida?

O segundo texto discutido (ANDRADE, 2015) consiste em uma reportagem da revista de divulgação científica FAPESP que relata o trabalho de pesquisadores que utilizam registros históricos e testes de DNA para reaproximar famílias que foram afastadas pela hanseníase, quando essa doença se disseminou no Brasil e ausência de tratamento na época levou ao

isolamento compulsório de indivíduos doentes para conter a epidemia. A discussão dos alunos girou em torno dos impactos positivos que o uso da biotecnologia de teste de DNA pode trazer na vida de indivíduos, nesse caso reaproximando familiares e restaurando vários laços rompidos por diversas circunstâncias.

Após as discussões, os alunos pareceram compreender a ciência e a tecnologia como ferramentas disponíveis à sociedade, que podem ser utilizadas de diversas maneiras, gerando consequências positivas ou negativas. Essa percepção dos alunos a respeito da ausência de neutralidade científica e da necessidade da sociedade se apropriar da ciência de maneira consciente é extremamente importante, em nosso ponto de vista, para a formação cidadã baseada nos pressupostos CTS. Os fragmentos de fala abaixo ressaltam essa discussão.

Aluno 1: Eu tinha destacado do texto o lado positivo, de usar a ciência pro bem, né? Porque a genética...não só a genética, né, mas trazendo pro nosso contexto a genética foi usada tanto pra eugenia, várias coisas né? Usando isso pra causar o mal pro ser humano e esse texto traz um lado positivo do uso da genética. E uma questão que veio pra mim foi: como a gente pode usar a genética para solucionar outros problemas agora, na atualidade? Porque se ela já foi usada pra esse fim, quantos outros fins a gente precisa e como a gente pode usar a genética pra isso?

Aluno 4: Depende de quem usa a ferramenta né? A ciência usada para o lado bom, ela ajuda e muito! Criação de medicamentos, no caso da nossa área (...). A forma de usar a ciência é que vai trazer pro lado positivo ou negativo.

Este encontro foi finalizado com uma importante pergunta norteadora, feita pela professora convidada aos alunos:

Professora: Um dia vocês vão ser profissionais, vocês vão ter a oportunidade de ter que tomar decisões em relação a algumas dessas questões, a fazerem ou não um teste genético. Agora se imaginem antes de ler esses textos e depois... o que mudou pra vocês?

A pergunta formulada foi importante para a finalização do encontro, por ter suscitado reflexão nos alunos a respeito de tomadas de decisão que eles precisam fazer cotidianamente como cidadãos. Essa transposição das reflexões a respeito da leitura para reflexões pessoais individuais é importante para a formação de valores e atitudes por parte dos estudantes.

Aluno 2: Acho que agora a gente começa a analisar mais outros aspectos, né? Não só o genético, científico. Às vezes você olha pra um cientista e imagina que ele tá ligado só na genética, mas ele tem que olhar outros aspectos.

Aluno 3: Geralmente a gente trabalha muito com resultado imediato, né? Tá no laboratório, a gente quer o resultado e tem que ser um resultado positivo e muitas vezes a gente não imagina as consequências daquilo, né? Então a gente não vê qual é o resultado social efetivo daquilo ali. Olha o tanto de recurso que você gasta em um laboratório pra realizar um projeto, né? Esse dinheiro, que é um dinheiro público, tá sendo bem investido? Esse resultado vai trazer algum retorno pra sociedade?

Aluno 6: Às vezes a gente se preocupa muito com a ciência em si e se esquece que aquilo ali que a gente tá fazendo, principalmente na biologia, envolve pessoas, envolve ambiente. A gente esquece isso e fica só naquilo que a gente tá fazendo. Não vê que tem um cenário maior do que esse.

Esse encontro, de maneira geral, parece ter atingido um dos objetivos da educação CTS assinalado por SANTOS (2007): estimular os alunos a relacionar as experiências acadêmicas com problemas do cotidiano. Nota-se que a pergunta gerou reflexões a respeito dos papéis sociais dos alunos como cidadãos e como profissionais. Um outro ponto que surgiu nessa reflexão foi a humanização da ciência: uma visão ampla e integrada do fazer científico que inclui processos, tecnologias, pessoas e meio ambiente e que deve se dar de maneira harmônica e positiva para todos.

Encontro 6: 24/06/16 (quatro horas)

O objetivo deste último encontro foi estimular a tomada de decisão frente a QSC, a partir de conhecimento prévio, e ainda avaliar a sequência didática por meio de questionários.

Após todo o percurso trilhado pelos alunos ao longo dos encontros, que contaram tanto com discussões a respeito da ciência e de tecnologias e técnicas associadas à identificação humana quanto com reflexões a respeito de QSC, os alunos foram convidados a participar de uma dinâmica que envolveu o estímulo à tomada de decisões a respeito de questões sociocientíficas. O material utilizado, adaptado do livro “O ‘admirável mundo novo’ em discussão” (REIS, 2003), consta no Apêndice G. Em duplas ou trios, cada grupo de alunos recebeu uma situação problema específica que se seguia de perguntas norteadoras para debate. Os alunos deveriam discutir entre si, na tentativa de se imaginarem vivendo tal

realidade, de maneira a tomar uma decisão sobre ela. As situações problema escolhidas envolviam testes genéticos de identificação humana em diversos contextos, como o uso para admissão ou demissão de funcionários, identificação criminal e aconselhamento genético, e eram controversas, de modo que os alunos manifestaram diferentes opiniões e precisaram chegar a um consenso a respeito delas. Depois de aproximadamente 20 minutos de atividade, os alunos foram convidados a partilhar com toda a classe suas reflexões, de forma que todos puderam tomar conhecimento de cada uma das situações problema propostas e ampliar a discussão.

Os alunos demonstraram interesse na discussão, argumentando em seus grupos sobre suas opiniões. As situações problema propostas pareceram desafiá-los e intrigá-los, de modo que todos pareciam verdadeiramente envolvidos. Muitos pontos controversos e polêmicos foram levantados, tal como a criação de bancos de dados genéticos para fins criminais, interesses econômicos no uso de testes de DNA em trabalhadores de empresas, aspectos bioéticos envolvidos na identificação criminal, aborto, entre outros. Ao longo de todo o encontro, foi evidenciado que, em determinadas situações, não existe uma verdade absoluta e a ciência não pode ser um fator único determinante para a resolução de um problema.

As QSC favorecem que os alunos se coloquem em posições que exigem tomadas de decisão e este é um pilar importante para a educação CTS: promover uma formação que vá além da assimilação, discussão e reflexão, mas que se propague para o campo da formação de valores, da ação e da decisão. Acreditamos que a dinâmica proposta neste encontro pôde favorecer, embora de maneira lúdica e simulada, uma transposição para o campo da formação de atitudes nos alunos participantes.

No final deste encontro os alunos foram convidados a preencherem um questionário de avaliação da disciplina genética. Antes do preenchimento, a professora pesquisadora fez uma recapitulação da sequência didática, resgatando os principais momentos vivenciados pelos alunos, as metodologias utilizadas e os aspectos abordados e discutidos pelo grupo. Ao final desse “fazer memória”, a fim de colher as impressões imediatas e espontâneas, a professora indagou aos alunos suas opiniões a respeito da estruturação da sequência didática, das metodologias utilizadas e da maneira como ela teria contribuído na formação profissional. Essa pergunta suscitou respostas relevantes para nosso trabalho, embora não tenha sido premeditada. A análise das respostas dos alunos a essa pergunta consta no tópico a seguir.

5.3 Discussão das categorias de análise

Este tópico visa a discutir os dados coletados durante a SD sob o olhar das categorias de análise predefinidas na pesquisa. São elas: articulação da tríade CTS; recursos didáticos empregados; e potencial de contextualização. Em todas as categorias de análise, foram contemplados e discutidos os dados referentes à gravação de áudio, ao diário de campo da professora pesquisadora e ao questionário de avaliação preenchido pelos participantes, contendo, portanto, dados de natureza descritiva e reflexiva.

5.3.1 Articulação da tríade CTS

Esta categoria foi elaborada com o objetivo de analisar se a sequência didática estruturada apresenta os elementos da tríade CTS articulados desde a sua elaboração até sua aplicação. Uma educação CTS preconiza o ensino dos conteúdos científicos associados à educação tecnológica e ao meio social do indivíduo (SANTOS e MORTMER, 2000; SANTOS, 2007; STRIEDER, 2008). Essa articulação envolve, portanto, aspectos não apenas científicos e tecnológicos, mas também éticos, políticos, sociais, econômicos e históricos, podendo assim contribuir diretamente para solucionar os desafios relacionados à falta de contextualização no ensino de genética. Portanto, é necessário avaliar a experiência da SD em busca de compreender se a articulação CTS foi efetivamente realizada.

A educação CTS sugere o ensino através de temas geradores capazes de articular Ciência, Tecnologia e Sociedade e estimular reflexão e tomada de decisão a respeito de assuntos que façam parte do cotidiano dos alunos (SANTOS e AULER, 2011). O tema escolhido para esta SD é a identificação individual humana e está exaustivamente presente no cotidiano de qualquer cidadão. Utilizando essa temática como eixo norteador para a SD, pudemos articular conhecimentos científicos relacionados a genética, técnicas e tecnologias envolvidas na identificação humana, bem como aspectos que envolvem o uso dessas técnicas e as influências que Ciência e Tecnologia, exercem sobre a Sociedade e vice-versa. O quadro 4 resume os principais aspectos abordados em cada um dos encontros, subdivididos nos elementos da tríade CTS.

Quadro 4 - Principais aspectos da tríade CTS abordados em cada encontro

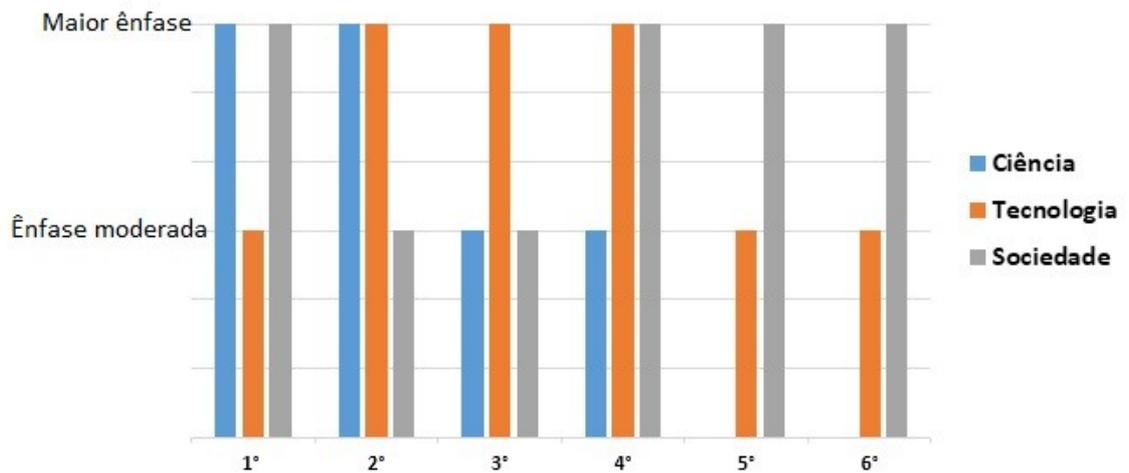
| ENCONTRO | CIÊNCIA | TECNOLOGIA | SOCIEDADE |
|----------|--|---|--|
| 1 | História da ciência; estrutura do DNA e herança. | Técnicas de identificação; impressão digital; marcadores de DNA. | Aspectos éticos envolvidos na identificação criminal; história da organização em sociedade. |
| 2 | Herança de caracteres quantitativos; herança multifatorial; desenvolvimento embrionário. | Coleta e análise de dados. | Identificação civil e criminal; Impressão digital como ferramenta de diagnóstico. |
| 3 | STR's; perfil genético; genética forense; replicação do DNA; Enzimas de restrição; ciência como ferramenta multidisciplinar. | Análises laboratoriais; PCR; sequenciamento automático; leitura de eletroferograma. | Aplicações das técnicas na identificação de paternidade, desastres em massa, antropologia forense; importância da identificação correta e eficiente para familiares de vítimas; influências que a sociedade pode exercer sobre a CT. |
| 4 | Papiloscopia, genética forense; antropologia forense. | Análises laboratoriais; PCR; sequenciamento automático; leitura de eletroferograma. | Exemplos reais de casos policiais para análise; Justiça e leis envolvidas na identificação criminal. |
| 5 | O mito da neutralidade da ciência; biotecnologia; epidemiologia. | Teste de DNA; biotecnologia. | Questões sócio-científicas; cultura; migração; conceito de família; interesses políticos; impacto social do fazer científico. |
| 6 | Biotecnologia; bioética. | Teste de DNA; bancos de dados de DNA. | Questões sócio-científicas; bioética; impacto social do fazer científico; aborto; direitos sociais e trabalhistas; banco de dados de DNA; aconselhamento genético. |

A partir do quadro 4, percebe-se que foi possível abordar os três elementos da tríade CTS durante os encontros. Nota-se, ainda, que vários dos aspectos mencionados são abarcados por mais de um elemento da tríade e, portanto, favorecem a articulação. Embora retratados no quadro de maneira dissociada, durante as aulas, os aspectos foram sempre trabalhados ou mencionados pelos alunos de maneira integrada e abrangente, considerando tantos outros assuntos e visões que tangem a discussão e favorecendo uma visão interdisciplinar.

A fim de retratar de maneira ainda mais clara as inter-relações CTS trabalhadas na SD, a figura 9 mostra a ênfase dada a cada elemento da tríade CTS durante os encontros. Essa

figura foi elaborada, de acordo com o proposto por Sousa (2013), a partir da análise subjetiva de cada um dos encontros, considerando a estruturação proposta e as discussões realizadas entre os participantes.

Figura 9 - Ênfase aos elementos da tríade CTS a cada encontro da SD



A figura 9 foi elaborada objetivando analisar as oscilações existentes na prevalência dada a cada elemento da tríade CTS ao longo da SD. Pode-se notar que existem variações na ênfase dada a cada elemento ao longo dos encontros. Quando a barra de cada um dos elementos atinge o topo do gráfico, significa que, naquele encontro, foi dada maior ênfase àquele elemento em relação aos demais, como ocorreu com o elemento Sociedade no quinto encontro, enquanto os demais foram menos enfatizados ou utilizados como pano de fundo nas discussões. No primeiro encontro, por exemplo, cujo objetivo foi situar os aspectos históricos e científicos da identificação individual, maior ênfase foi dada aos elementos Ciência e Sociedade, sem, no entanto, deixar de tocar em aspectos relacionados à Tecnologia. Ao longo da SD, houve maior ênfase em Ciência em dois encontros (1º e 2º), em Tecnologia em três encontros (2º, 3º e 4º) e em Sociedade em quatro encontros (1º, 4º, 5º, 6º). A partir do gráfico, pode-se perceber que a sequência de atividades planejadas e aplicadas destacou inicialmente os aspectos científicos relacionados ao tema gerador, e abordou de maneira mais enfática os aspectos relativos à sociedade nos encontros finais.

Embora em alguns encontros haja a ausência ou menor ênfase na discussão acerca de um dos elementos da tríade, pôde-se notar que na maioria dos encontros foi possível realizar uma articulação entre eles. Portanto, a estruturação da SD parece ter favorecido o estudo dos

aspectos científicos da identificação humana associados às questões tecnológicas, sociais, éticas e históricas envolvidas.

Ainda a respeito da articulação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, a educação CTS não estabelece consenso ou estrutura formal sobre a metodologia ideal a ser utilizada nos materiais com esse enfoque. No entanto, Santos e Mortmer (2000) comentam em seu trabalho que estudos mais efetivos e práticos sugerem que os materiais de ensino são mais bem organizados na sequência de etapas proposta pela figura 10 (AIKENHEAD, 1994). Esta proposta sugere que o ensino CTS siga o caminho indicado pela seta da figura, ou seja, que se inicie a partir de um tema social latente, abarcando posteriormente os aspectos tecnológicos envolvidos (incluindo técnicas e produtos) para, posteriormente, adentrar no conhecimento científico propriamente dito. Por fim, sugere que, após esse percurso, o elemento Tecnologia seja retomado e a finalização seja feita novamente com o tema social inicialmente proposto. Esse tipo de metodologia favorece que o tema social seja um agente de problematização e, a partir dele, o conhecimento científico seja introduzido para favorecer a tomada de decisão, a contextualização do conhecimento científico e a aplicação da ciência para resolução de problemas na sociedade (SANTOS e MORTMER, 2000).

Figura 10 - Sequência para ensino de ciências CTS



Adaptada de AIKENHEAD (1994, P. 57), apresentada por SANTOS E MORTMER (2000).

A SD estruturada não foi claramente delineada segundo o proposto acima. Interessou-nos iniciar com a construção de uma linha histórica das técnicas de identificação no primeiro

encontro, a fim de ampliar a visão sobre o conceito de identificação humana individual, que envolve não apenas aspectos científicos. A partir desse início, pareceu-nos coerente levantar os aspectos científicos e tecnológicos relacionados à temática de diversas maneiras. Por fim, os dois últimos encontros tiveram como foco os aspectos sociais envolvidos na identificação humana e contaram com a aplicação de recursos didáticos que favoreceram discussão, reflexão e tomada de decisão.

Os fragmentos de fala abaixo mostram a perspectiva dos alunos a respeito da organização e da sequência de temas e recursos didáticos utilizados da SD.

Aluno 8: eu achei bom ter feito essa discussão desses temas polêmicos no final, por que a gente resgatou na discussão outras coisas que a gente já viu.

Aluno 1: Assim...eu gostei muito da didática como foi apresentado esses temas, por que assim...se vocês apresentassem essas questões antes de abordar as outras questões mais científicas, provavelmente a visão de muita gente aqui seria muito diferente do que a gente tem agora.

Embora não siga o modelo proposto por Aikenhead (1994), aparentemente a SD possibilitou aos alunos uma compreensão ampla e crítica dos conteúdos de genética relacionados à temática estudada, corroborando com a visão consensual de que não há uma única maneira eficaz de se estruturar um material baseado nos pressupostos da educação CTS, e sendo estimulada a elaboração de diversas outras formas de abordagem.

Além disso, por meio dos fragmentos de fala já mencionados na seção anterior, pode-se notar que, durante a SD, os alunos foram capazes, por diversas vezes, de realizar articulações entre o conhecimento científico e os demais aspectos da tríade CTS. Essa ênfase nas relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade parece provocar uma reflexão no sentido de compreender a ciência, e mais particularmente a genética, como uma dimensão integrada a diversas outras, e não autônoma e isolada. Favorece ainda o posicionamento do aluno em todo esse contexto, como um indivíduo inserido nessas dimensões e tomador de decisões a respeito delas, conforme sugere o fragmento de diálogo realizado pelos alunos, abaixo:

Aluno 1: Muitas vezes a gente tá no curso e só foca naquilo que é prático, a gente não pensa nas consequências de algumas coisas que a gente faz. Então essa

matéria em si despertou em mim esse lado bioético, de você pensar nas consequências do que você faz.

Aluno 4: Justamente isso. Nos coloca como tomadores de decisões que seremos no futuro.

Aluno 4: Já somos, desde que nascemos!

Bybee (1987, citado por SANTOS E MORTIMER, 2000) caracteriza um currículo CTS como aquele que contempla, entre outros, a apresentação de conhecimentos científicos e tecnológicos em um contexto pessoal e social, bem como a ampliação de processos de investigação e ensino, de modo a incluir a tomada de decisão. A partir deste pressuposto teórico, a SD parece se enquadrar em uma estruturação CTS e contribui com o estímulo à reflexão e tomada de decisão por parte dos alunos, promovendo um ensino contextualizado e integrado, assim como a formação crítica acerca dos conhecimentos relacionados à genética.

5.3.2 Recursos didáticos empregados

Esta categoria visa a avaliar se a metodologia de ensino adotada bem como os recursos didáticos empregados durante a SD favoreceram a aprendizagem dos conteúdos de genética de uma maneira mais contextualizada e eficaz.

Ao longo da SD, foi utilizada grande variedade de recursos, como dinâmicas, aula prática, exposições dialogadas, discussões de vários artigos científicos mediadas pelos alunos, palestras e debates em grupo. Santos e Mortimer (2000) realizam, em seu trabalho, uma compilação dos pressupostos teóricos da educação CTS e citam vários autores que sugerem a utilização desses mesmos recursos em trabalhos de ensino de ciências CTS, mencionando a contribuição dessas ferramentas para o desenvolvimento de habilidades e atitudes necessárias à tomada de decisão. Todas as atividades realizadas foram previamente estruturadas com o objetivo de atender às necessidades de uma educação segundo os mesmos pressupostos. Assim, foi priorizada a participação intensa e ativa dos alunos, com poucas intervenções diretas dos professores. Durante as primeiras aulas da SD, essa metodologia que incentiva a participação foi explorada de maneira tímida pelos alunos, que se mantiveram em atitude mais passiva e recolhida. No entanto, pôde-se perceber que, ao longo do processo, os alunos passaram a se apropriar das discussões realizadas nas aulas com verdadeiro interesse,

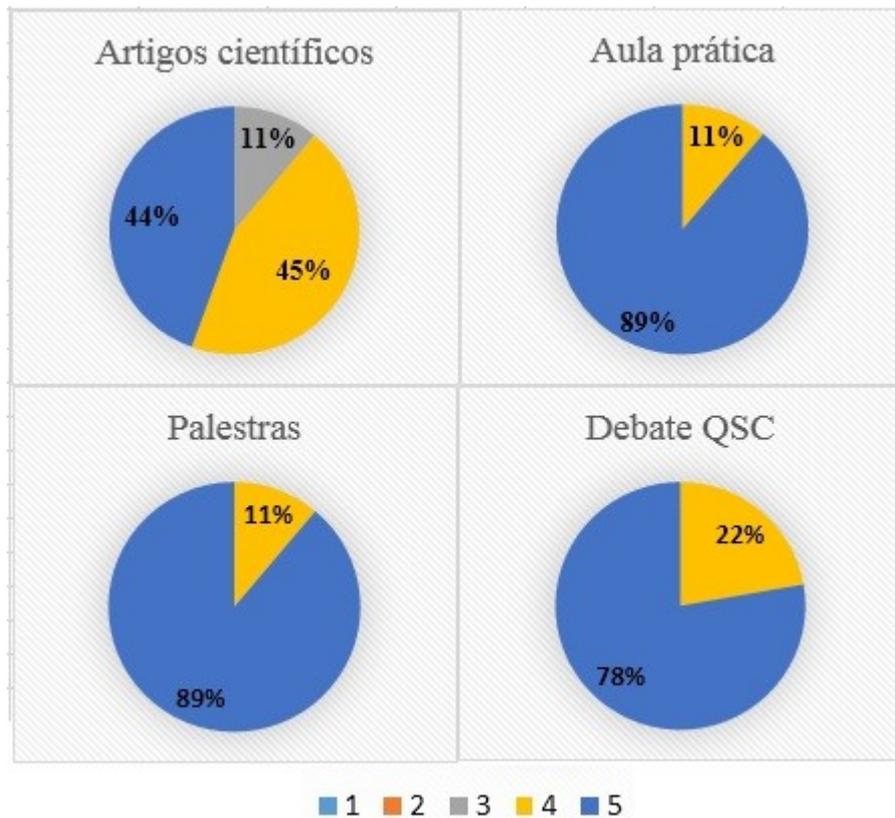
tornando-se cada vez mais ativos e participativos. O fragmento de fala abaixo, feito por um aluno ao final das atividades, demonstra a dinâmica diferenciada proposta pela SD em relação a outras disciplinas cursadas e como esse modo diferenciado de ensino estimula uma postura mais participativa e, conseqüentemente, o desenvolvimento de outras habilidades em sua formação.

Aluno 7: Achei interessante a dinâmica de como foram as aulas, porque geralmente as matérias na faculdade são aquilo: o professor no quadro falando alguma coisa e você prestando atenção pra depois ir e fazer uma prova que você decora tudo e consegue passar na matéria só com o que você gravou. Aqui não... aqui a gente discute coisas... a gente tem que saber o que tá falando e não pode simplesmente chegar e falar uma coisa decorada. Então estimula a gente a estudar, a correr atrás.

Além disso, durante a SD, mais especificamente na aula prática, foram propostas atividades de coleta, organização e análise de dados científicos, buscando a interpretação de fenômenos observados. Essa estratégia visa trazer aos alunos uma compreensão mais crítica do fazer científico, fornecendo ferramentas metodológicas para que eles próprios construam suas concepções de como a ciência se relaciona com suas vidas. Reigosa Castro e Jiménez-Alexandre (2000), citados por Sasseron e Carvalho (2011), defendem que o levantamento e teste de hipóteses, a organização e discussão de resultados e o registro de conclusões são ferramentas interessantes para aproximar os alunos da prática científica. Acreditam, assim, em um ensino que privilegie o desenvolvimento de habilidades em detrimento à apresentação de fatos e conceitos isolados e pré-estabelecidos. Portanto, a aula prática foi planejada na tentativa de alcançar o letramento científico por trazer a linguagem científica e tecnológica como ferramenta para a compreensão da realidade social.

A figura 11 mostra os resultados da avaliação dos alunos a respeito dos recursos didáticos empregados na SD, feita por meio dos questionários. Em suas respostas, os participantes marcaram os números de acordo com seu grau de satisfação com a utilização de cada um dos recursos, atribuindo “1” para completamente insatisfeito e “5” para completamente satisfeito. Eles ainda tiveram a oportunidade de comentar suas respostas a cada um dos recursos didáticos.

Figura 11 - Avaliação dos recursos didáticos empregados na SD



Observa-se que houve grande aceitação dos recursos didáticos empregados, sendo que em nenhum deles foram atribuídos os valores mais baixos da escala (“1” ou “2”). Os recursos didáticos que provocaram maior grau de satisfação foram a aula prática e as palestras com profissionais da área de papiloscopia e genética e antropologia forense. Segundo comentários dos alunos, a aula prática contribuiu com novos conhecimentos e a revisão de vários conceitos relacionados à genética, vistos dessa vez de uma maneira aplicada. Já as palestras, segundo os mesmos, foram importantes para a contextualização e permitiram o detalhamento e aprofundamento de alguns assuntos por profissionais capacitados, além de estimular a curiosidade e o interesse profissional por essas áreas de atuação.

Um dos focos da SD aplicada foi a leitura e discussão de artigos científicos. As habilidades de leitura e escrita são essenciais para o letramento científico, já que estão intimamente ligados ao fazer científico. A leitura de textos permite ao aluno aprimorar sua capacidade de interpretação e correlação com outras informações e conhecimentos construídos em sua formação (SASSERON E CARVALHO, 2011). Portanto, as atividades realizadas visaram a desenvolver competências relativas ao letramento científico dos alunos, proporcionando a apropriação da linguagem científica para capacitar uma leitura crítica de

mundo (SANTOS, 2007b). Os fragmentos de fala abaixo exemplificam essa apropriação da leitura e discussão de textos de caráter científico pelos alunos, mostrando suas contribuições.

Aluno 6 : Essa questão das discussões mesmo é bom que ajuda a gente a melhorar nossos senso crítico das coisas, né?

Aluno 3: é uma forma estimulante de levantar discussões em grupo.

Aluno 5: É interessante por trazer situações reais. Os artigos eram completos, de fácil compreensão, facilitou muito na hora de discutir sobre o tema.

A partir das impressões dos alunos, destaca-se a discussão de artigos científicos como uma ferramenta interessante para o ensino de genética em uma perspectiva CTS, favorecendo a contextualização e a compreensão de conteúdos de uma maneira aplicada, atual e condizente com a realidade dos alunos em formação acadêmica.

Observando-se as respostas aos questionários, é possível notar um anseio, por parte dos alunos, pela realização de mais aulas práticas e atividades laboratoriais. Esse ponto já foi levantado na análise do contexto local. No entanto, consideramos que, em uma sequência didática constituída por seis encontros, uma aula prática parece ser satisfatória, já que outros aspectos da identificação humana também deveriam ser abordados. Consideramos que talvez tenha faltado a abordagem de aspectos mais técnicos da identificação individual, onde os alunos possam de fato entrar em contato com metodologias de coleta de dados de DNA e elaboração de experimentos laboratoriais.

De modo geral, os recursos didáticos empregados na SD parecem ser condizentes, tanto da perspectiva dos alunos quanto da perspectiva de outros trabalhos relacionados à educação cidadã (SANTOS e MORTMER, 2000), com um ensino de genética contextualizado e condizente com os pressupostos da educação CTS.

5.3.3 Potencial de contextualização

Esta categoria foi criada com o objetivo de analisar se o material elaborado pode contribuir potencialmente para solucionar o problema da falta de contextualização no ensino de genética, que foi foco de nosso trabalho desde a sua concepção.

Conforme já explicitado, as atuais tecnologias advindas da Biologia Moderna e suas aplicações e consequências para a sociedade são pouco exploradas no ambiente escolar e nos livros didáticos (ver, por exemplo, FRANZOLIN e BIZZO, 2012), dificultando que os alunos reconheçam o conhecimento científico como algo pertencente e influenciador de suas próprias vidas, seja pessoal ou coletivamente. Além disso, o ensino de genética é marcado por metodologias que enfatizam o conhecimento científico isolado, a resolução de exercícios matemáticos sem contextualização e a memorização de conceitos. Essa é uma entre tantas outras dificuldades nessa área de ensino.

A sequência didática proposta foi elaborada na tentativa de ir na contramão dessa lógica, tão frequente no ensino de genética. A estruturação segundo os pressupostos da educação CTS traz um novo modo de pensar o ensino de genética, compondo uma visão integrada com os aspectos tecnológicos e sociais envolvidos e que torna os alunos sujeitos mais participativos em sala de aula e na sociedade que integram.

A estruturação da SD a partir de um tema gerador foi um ponto marcante que colaborou com a contextualização das aulas, inicialmente porque todo cidadão, de uma maneira ou de outra, já se deparou com algum aspecto relacionado à identificação individual humana (BOERWINKEL et. al, 2014), estando essa temática amplamente presente no cotidiano dos alunos participantes. Além disso, os conteúdos da SD foram selecionados a partir da temática escolhida, e não o contrário. Dessa maneira, o foco principal foi o próprio tema gerador, e não os conteúdos científicos isolados. Essa perspectiva rompe com a lógica comumente encontrada em livros e outros materiais didáticos tradicionais, que acrescentam aspectos sociais atrelados ao conhecimento científico apenas como apêndices ao final de uma sessão, e não como tema norteador de todo o trabalho. Santos (2007) ressalta a importância da introdução de temas CTS para trazer contextualização ao ensino CTS de uma maneira crítica. De fato, deve-se ater à necessidade de explorar a introdução de temas de modo a favorecer a formação de senso crítico, de atitudes e valores para uma formação cidadã e não apenas para exemplificar aplicações dos conteúdos abordados em aula. Acreditamos que essa nova maneira de organizar os conteúdos programados, seguindo uma orientação CTS, favorece que o aluno compreenda a ciência como elemento de um todo, não isolado, e também entenda a aplicação prática dos conhecimentos que aprende no ambiente escolar.

A discussão de QSC também foi outro ponto marcante nessa SD no quesito contextualização. Após permear diversos conceitos e técnicas relacionados à genética, os alunos foram interpelados por debates a respeito de questões que acontecem diariamente a

milhares de pessoas no mundo, e puderam refletir sobre o papel da ciência em cada uma dessas questões, os conflitos advindos de diferenças culturais, de valores e opiniões. Abordada dessa maneira, a genética já não se assemelha a uma verdade isolada e absoluta, mas está intimamente atrelada e dialoga com uma diversidade de variáveis e fatores, o que ocorre de fato no meio social em que vivemos. Essa é uma visão mais realista da ciência, uma visão que os alunos em formação, futuros cientistas, professores e formadores de opinião, precisam adquirir. A abertura das salas de aula para a discussão de questões sociocientíficas é fundamental para desenvolvimento de uma educação crítica e questionadora (SANTOS, 2007).

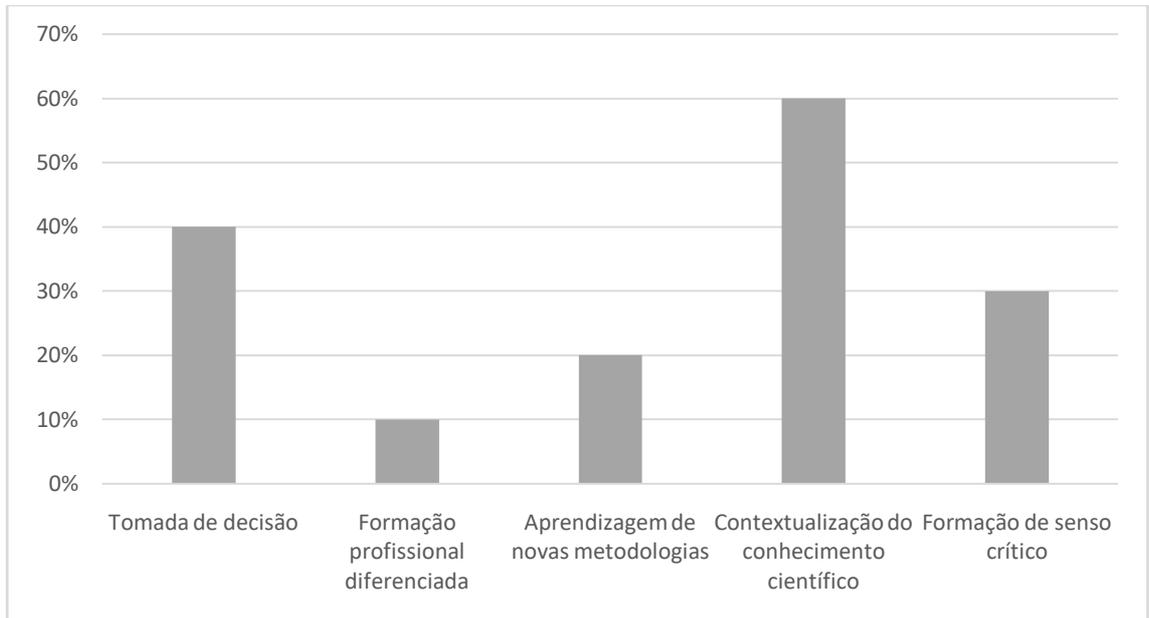
Ao serem questionados a respeito da relevância da SD para sua formação pessoal e profissional (perguntas 3.2 e 3.3 do questionário), 60% dos alunos fizeram menção à contextualização dos conteúdos de genética como uma vantagem trazida pela SD (Figura 12). Além disso, 40% dos alunos mencionaram que a sequência didática auxiliou na reflexão para tomada de decisões mais conscientes, tanto no âmbito pessoal quanto no âmbito profissional, como mostram as respostas abaixo:

“ Isso vai me ajudar a tomar decisões que não busquem resultados imediatos, mas que abranjam suas consequências sociais, levando-me a ser mais crítico como profissional e cidadão ”

“ (...) passei a refletir mais em como agir em certas situações exploradas em meu curso ”

“ Muito importante, pois nunca paramos pra pensar sobre aspectos sociais e isso é necessário para pensarmos melhor e tomarmos boas decisões. ”

Figura 12 - Categorias de resposta dos alunos às perguntas: Qual foi a relevância desta sequência didática para a sua formação profissional? De que maneira essa abordagem foi relevante para sua vida pessoal?



As respostas dos alunos a essa pergunta trazem evidências de como a contextualização foi marcante ao longo dos encontros e de que maneira essa forma de lidar com os conteúdos contribuiu para sua formação profissional, como demonstrado a seguir.

“A disciplina contribuiu com uma nova visão sobre lidar com as questões polêmicas, adotar novas medidas, na prática. ”

“Foi importante para analisarmos mais aspectos sobre um tema. Abordar questões antes de tomar uma decisão final. “

“Me fez pensar em questões que vão além de só sentar e assistir aula, teve assuntos que foram bons de analisar e fazer referência com a vida cotidiana. ”

“Não consigo pensar numa relevância além de agregar conhecimentos e aprendizagens para poder utilizar tanto no presente quanto no futuro. ”

“A sequência didática foi importante para entender os aspectos sociais e tecnológicos levantados. Foi uma abordagem relevante para entender o conteúdo no contexto em que ocorre. ”

Além disso, dos alunos participantes, 30% mencionaram, em suas respostas, que a abordagem adotada favoreceu a formação de senso crítico. Esses resultados dialogam com a opinião de Santos (2007), que preconiza que o objetivo principal dos materiais de ensino com enfoque CTS é o estímulo à tomada de decisão e à formação de valores.

Os alunos também comentaram que, por sua importância, esse tipo de abordagem deveria ser utilizado em outras disciplinas ao longo do curso, mas que raramente são feitos esses tipos de discussão ao longo da formação acadêmica.

A partir do depoimento dos alunos e das respostas que constam nos questionários, parece-nos que a SD favoreceu a reflexão e elaboração de senso crítico em relação aos aspectos científicos trabalhados e contribuiu para a formação de valores e a tomada de decisão. Todos esses aspectos contribuem para solucionar a falta de contextualização no ensino de genética, pois trazem à educação uma nova maneira de interagir com a ciência e de aplicá-la em diversos contextos que extrapolam às salas de aula. Os fragmentos de fala abaixo corroboram com essa opinião.

Aluno 4: Muitas vezes, por ser da área da saúde, de genética, seja qual for, às vezes a gente foca muito em estar dentro do laboratório e nas aulas, a gente esquece muito, o nosso mundinho é ali, a gente esquece que tá lidando com pessoas. É importante ganhar dinheiro, lógico, é pra nossa sobrevivência, mas é mais importante ainda ver um paciente saudável, uma família feliz. Nas minhas ideologias que eu vou aprendendo ao longo do curso, eu sempre coloco isso na minha cabeça: não é só farmácia, vender medicamento, ganhar dinheiro. Não! Tem uma família ali atrás, pode ser a minha família no futuro. Então eu acho importante colocar essas questões dentro dos nossos cursos.

Aluno 3: As aulas em geral são muito expositivas né? Você aprende o conteúdo pras provas, né? E aqui a gente teve a questão da discussão de um conhecimento que você vai levar pro resto da vida! Aquele conhecimento que você guarda, né? Tem uma função. Não é algo que você fica estudando uma semana e esquece.

A partir dessas opiniões, parece-nos razoável afirmar que, de alguma maneira, os alunos participantes saíram transformados da disciplina, seja apenas no campo de reflexão, seja na formação de valores e atitudes. Isso mostra que o ensino de genética precisa de fato superar a barreira da falta de contextualização para oferecer uma educação mais crítica e transformadora, e o ensino CTS parece contribuir efetivamente com a concretização desta superação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o início da concepção deste trabalho, interessou-nos compreender a fundo as dificuldades encontradas no ensino de genética e propor uma intervenção que contribua para o panorama dessa área do ensino de ciências. Para isso, realizamos uma revisão da literatura e encontramos, como um dos principais desafios, a falta de contextualização dos conhecimentos científicos. O panorama geral da disciplina Genética em um contexto local de ensino superior, traçado como parte dos resultados deste trabalho, revelou uma convergência em relação a esse desafio: nesse contexto, o ensino de genética também carece de contextualização e da utilização de novos recursos, estratégias e, sobretudo, de uma nova maneira de pensar e executar o ensino de genética. Uma maneira mais ampla e integrada com diversos outros aspectos relacionados à vida daqueles que aprendem e que contribua para que o indivíduo em formação seja capaz de aplicar os conhecimentos aprendidos em suas realidades e façam bom uso da ciência.

Dessa forma, durante todo o percurso deste trabalho, procuramos aliar os esforços do Movimento CTS a esses desafios, acreditando que estratégias relacionadas à educação CTS, por sua concepção e raiz, poderiam contribuir para resolver a dificuldade de contextualizar os conceitos de genética na vivência dos alunos. Assim, surgiu nossa proposta de intervenção, que foi uma sequência de aulas estruturada para alunos do Ensino Superior a partir de um tema gerador: a identificação individual humana. Por tratar-se de uma experiência local e pontual, nos atemos em levantar aqui algumas considerações a respeito das potencialidades e limitações desta experiência no ensino de genética.

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a educação CTS favoreceu o ensino de genética no contexto criado pela pesquisa. Pudemos perceber o desenvolvimento de criticidade nos alunos, o que facilitou não somente a compreensão de conceitos de genética, mas principalmente a reflexão sobre como essa área da ciência está intimamente ligada ao cotidiano de qualquer pessoa. Os alunos puderam compreender de maneira palpável, por meio de diversos exemplos, a relação existente entre a genética e a sociedade, construindo reflexões perenes e verdadeiras. Além disso, as atividades propostas estimularam o interesse pela genética e os diversos aspectos sociocientíficos trabalhados. De fato, o ensino de genética explorado de maneira mais contextualizada e coerente com a realidade dos alunos parece “fazer mais sentido” e trazer mais benefícios e utilidades para os mesmos.

A sequência didática, estruturada à luz dos estudos sobre educação CTS, trouxe efeitos positivos à nossa experiência. As análises realizadas mostram que a SD estimulou nos alunos a reflexão e tomada de decisão e que as estratégias didáticas desenvolvidas ao longo dos encontros foram motivadoras e importantes para a formação pessoal e profissional dos alunos. A estratégia CTS favoreceu, ainda, o desenvolvimento de atitudes e valores e incentivou a tomada de decisão a partir de reflexões mais críticas a respeito da ciência, mais especificamente da Genética.

Os conteúdos de genética trabalhados foram escolhidos a partir do tema gerador, ressaltando-se que trabalhos posteriores podem utilizar do mesmo tipo de estratégia para abarcar outros conceitos de genética não contemplados nesta experiência, tais como os conceitos de mutação, transgenia, clonagem, entre outros. Parece-nos igualmente possível adaptar as estratégias didáticas utilizadas neste trabalho, nomeadamente as leituras de artigos científicos, debates sobre QSC, palestras e aulas práticas, para outras temáticas CTS que possam incluir conceitos de genética, ressaltando o potencial que a diversidade de recursos e estratégias pode fornecer no favorecimento à contextualização.

Consideramos importante destacar e refletir sobre alguns limites encontrados nesta experiência. A proposta de intervenção foi estruturada nos moldes de uma disciplina optativa ofertada para alunos do ensino superior de variados cursos. Com isso, ficamos sujeitos à aleatoriedade do tipo de público que poderia se interessar pela disciplina. Com isso, fomos surpreendidos por um número relativamente pequeno de alunos inscritos, em comparação com disciplinas obrigatórias, além de certa diversidade no quesito formação, já que alunos de diversos cursos se inscreveram na disciplina. Assim, adaptamos as estratégias a essa realidade, que se concretizou após o período de matrículas. Sabemos que o baixo número de participantes favoreceu marcadamente nosso trabalho, já que a SD estimula a discussão e participação ativa dos alunos, e isso não seria tão viável, embora possível, em uma turma com muitos discentes. Sabemos também que turmas com poucos alunos não são a realidade comum na maioria das disciplinas do ensino superior, especialmente disciplinas obrigatórias, o que dificulta a implantação de estratégias CTS nesses contextos. Apesar dessa limitação, acreditamos que podem ser realizadas adaptações a cada realidade educativa, de modo que empecilhos, como o número de alunos na classe, não devem ser fatores que contribuam com a desmotivação do professor em adotar novas estratégias, mas como um incentivo à inovação.

Além disso, é importante ressaltar que a SD foi vivenciada por alunos que já haviam cursado a disciplina Genética, obrigatória em seus fluxos curriculares. Esse fator contribuiu,

segundo a visão dos próprios alunos, para enriquecer as discussões e participação nas atividades. Ou seja, aparentemente, os conceitos básicos de genética, aprendidos anteriormente, foram relevantes para o melhor aproveitamento dos alunos. Assim, não se pretendeu em nenhum momento comparar a SD estruturada com o panorama local descrito anteriormente, já que se tratam de dois contextos bastante distintos em termos de público alvo, número de alunos e objetivo. Segundo nossas observações, esses contextos parecem ser integrativos e complementares, sendo que um não deve se sobrepujar ao outro. Entretanto, ressaltamos a possibilidade de, mesmo em disciplinas obrigatórias, trabalhar-se com temáticas e metodologias baseadas nos pressupostos da educação CTS, desde que adaptadas a essa realidade.

O ensino de genética, e pode-se afirmar o ensino de ciências como um todo, segue continuamente apresentando desafios a serem superados. As pesquisas em ensino de ciências trazem um novo olhar para a educação, na busca de sanar parte dessas dificuldades. Acreditamos que este trabalho poderá trazer contribuições importantes para o ensino de genética, à medida que estimular os profissionais de educação a buscar novas estratégias para resolver os velhos problemas encontrados nessa área de ensino. A educação CTS, embora não seja a solução integral para esses problemas, mostrou-se interessante nesse cenário e uma maneira inovadora de refletirmos sobre a relação professor – aluno – escola. Reiteramos que, apesar das limitações inerentes a qualquer contexto educativo, a educação CTS pode ser aplicada e adaptada, de modo a oferecer todo o potencial mencionado inúmeras vezes neste trabalho.

Destaca-se aqui o papel do professor como mediador desse processo de adaptação e adoção de metodologias que favoreçam a participação, a reflexão e a tomada de decisão. A implementação da educação CTS no ensino de genética, contribuindo com a contextualização dessa disciplina, será possível se houver professores com formação e disposição para implementar novas estratégias, sair da zona de conforto e transformar a realidade de ensino e aprendizagem. Claramente, essa transformação não é imediata e requer muitos cuidados. Ressalta-se, portanto, o foco que deve ser dado na formação de professores para desenvolver profissionais que conheçam a Educação CTS e sejam capazes e adotem estratégias e metodologias condizentes com uma educação cidadã e comprometidas com a formação integral do aluno.

REFERÊNCIAS

ABREU, D. C. *Resíduo eletroeletrônico: uma abordagem CTS para promover a prática argumentativa entre alunos do ensino médio*. 2014. 147 f. Dissertação (mestrado em ensino de ciências) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília. 2014

ACEVEDO DÍAZ, J. A. *Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Cádiz, v. 1, n. 1, p. 3-16, 2004.

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: Solomon, J. & Aikenhead, G. S. *STS education: international perspectives on reform*. Nova York: Teachers College Press, p. 47-59, 1994.

_____. Research into STS Science education. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n.1, p. 1-21. 2009.

_____. Science and Technology Education for a Diverse World: Dilemmas, needs and partnerships. *Maria Curie- Sklodowska University Press*. 2006.

_____. *Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula*. In: 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): Research and the Quality of Science Education. Noordwijkerhout, The Netherlands. 2003.

_____. Science-technology-society. Science education development: from curriculum policy to student learning. In: Conferência Internacional sobre o ensino de ciências para o século XXI: ACT – Alfabetização em ciência e tecnologia, 1, Brasília, 1990. Anais... Brasília: MEC, 1990 (mimeo.).

ANDRADE, G. B.; MARZULLO, M. P.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M. N.; LOBO, J. Estudando uma característica complexa: as impressões digitais. *Genética na Escola*, v. 12, n. 2, 2017 (artigo aceito para publicação).

ANDRADE, R. O. Violência, medo e preconceito: pesquisadores de várias áreas usam levantamentos históricos e testes de DNA para reaproximar famílias separadas pela hanseníase. *Revista FAPESP*, v. 236, p. 78 - 83, 2015.

AULER, D. *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências*. 2002. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

_____. Movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS): modalidades, problemas e perspectivas em sua Implementação no ensino de física. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 6, Resumos..., Florianópolis, 1998.

_____.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do Movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência e Educação*. v.7, n.1, p.1-13, 2001

- AYUSO,G.E.; BANET,E. H. Alternativas a la enseñanza de la genética en Educación Secundaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. v. 20, n. 1, p. 133-157. 2002.
- BEDIN, C.; DELIZOICOV, N. C. Uma perspectiva problematizadora para o ensino de alimentos transgênicos. In: IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.
- BOERWINKEL, D. J.; SWIERSTRA, T.; WAARLO, A. J. Reframing and Articulating Socio-scientific Classroom Discourses on Genetic Testing from an STS Perspective. *Science and Education* . v. 23, p. 485-507. 2014.
- BONZANINI, T. K.; BASTOS, F. Concepções de alunos do ensino médio sobre clonagem, organismos transgênicos e Projeto Genoma Humano. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Bauru. Atas... Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências. 2005.
- BYBEE, R. W. Science education and the science-technology-society (STS) theme. *Science Education*, v. 71, n. 5, p.667-683, 1987.
- CAMARGO, S. S; INFANTE-MALACHIA, M. G. A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. *Genética na Escola*, v. 2, n. 1 ,p. 14-16. 2007.
- CAPELO, A. & PEDROSA, M. A. Formação inicial de professores de ciências, problemas atuais e percursos investigativos. In: SANTOS, W. L. P. & AULER, D. *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Editora UnB, Brasília: Editora UnB, p. 439 – 461, 2011.
- CORREIA, M. C. B. A observação participante enquanto técnica de investigação. *Pensar enfermagem*. v. 13, n. 2, p. 30-36. 2009.
- DAWSON, V. M.; VENVILLE, G. Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills About Socioscientific Issues in High School Genetics. *Research in Science Education*. v. 40, n. 2, p. 133-148. 2010.
- DIAS, MM; SANTOS, G. R.; SILVA, L. F.; SILVA, A. O.; OLIVEIRA, R. M.; ALVES, C. F.; RODRIGUES, K. F.; MELLO, S. Q. S. Desempenho dos Acadêmicos do Curso de Bacharelado em Zootecnia –UFT nas Disciplinas Eletivas: I. Melhoramento Genético (I e II). In: XXV Congresso Brasileiro de Zootecnia – CE, Fortaleza: 2015. Atas... Fortaleza: Associação Brasileira de Zootecistas, 2015.
- DOUGHERTY,M. J. Closing the gap: Inverting the genetics curriculum to ensure an informed public. *The American Journal of Human Genetics*, v. 85, n. 1, p. 6-12. 2009.
- FABRICIO, T. M.; MIRANDA, E.M.; BOZZINI, I. C. T.; FREITAS, D. Um olhar CTS sobre a história da ciência nos conteúdos de Genética dos livros didáticos de biologia aprovados pelo PNLD. In.: Congresso Iberoamericano de Ciência, Tecnologia, Innovación y Educación, Buenos Aires, Argentina, 2014.
- FINLEY, F.N.; STEWART, J. H.; YARROCH, W.I. Teachers' Perceptions of Important and Difficult Science Content. *Science Education*, 66(4), p. 531-538, 1982.

FLODIN, V. The Necessity of Making Visible Concepts with Multiple Meanings in Science Education: The Use of the Gene Concept in a Biology Textbook. *Science & Education*, v. 18, n. 1, p. 73-94, 2009

FRANCISCO, R. A.; SILVA, R. H. A.; PEREIRA, J. M.; SOARES, E. G.; MATHEUCCI JUNIOR, E.; IWAMURA, E. S. M. GUIMARÃES, M. A. A antropologia forense como triagem para as análises da genética forense. *Saúde, Ética & Justiça*. v. 18, n. 1, p. 128-33, 2013.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. M. V. Generalizações que distanciam os conhecimentos dos livros didáticos das referências em genética. *Genética na escola*. v. 9, n. 2, p. 92-103. 2014

_____.; _____. Conteúdos de Genética Básicos Para a Formação de Cidadãos Críticos no Ensino Médio Segundo Professores e Docentes: Em Comparação com o Defendido na Literatura. In: IX SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL. Caxias do Sul: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul. 2012.

FREITAG, B.; COSTA, W. F.; MOTTA, V. R. O livro didático em questão. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1997.

FUNABASHI, K. S.; MONTEIRO, A. C.; DE MORAES, D. A.; ROCHA, M. R.; MOREIRA, P. C. F.; IWAMURA, E. S. M. A importância da identificação humana nos desastres de massa naturais, acidentais ou provocados: uma abordagem multidisciplinar. *Saúde, Ética & Justiça*, v. 14, n. 2, p. 54-64, 2009.

GARRIDO, R. G. Evolução dos processos de identificação humana: das características antropométricas ao DNA. *Genética na Escola*, v. 05., n. 02, p. 38-40, 2009

GARZELLA, F. A. C. *A disciplina de Cálculo I: a análise das relações entre as práticas pedagógicas do professor e seus impactos nos alunos*. Campinas: UNICAMP, 2013. 257 p. Tese (Doutorado)

GOLDBACH, T. *Entre receitas programas e códigos: as idéias sobre gene em diferentes contextos*. Tese (Doutorado) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2006

_____.; EL-HANI, C. N. Entre receitas, programas e códigos: metáforas e ideias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar. *Revista de divulgação em ciência e tecnologia*. v.1, n.1, p.153-189, 2008.

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CERESO, J. A. e LÓPEZ, J. L. *Ciencia, tecnología y sociedade*. Madrid: Tecnos, 1996

HAUTANIEMI, P. Conectando famílias de construções genéticas: testes de DNA na reunificação da família somali na Finlândia. *Cadernos Pagu*. v. 29, p. 285-303, 2007

JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C. N. A genética em transformação: crise e revisão no conceito de gene. *Scientiæ Studia*. São Paulo, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010.

LAZAROWITZ, R.; BLOCH, I. Awareness of Societal Issues Among High School Biology Teachers Teaching Genetics. *Journal of Science Education and Technology*. v.14, ns. 5/6, p-437-457. 2005.

LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? *International Journal of Science Education*. v. 22, n.2, p. 177 - 195. 2000.

LIMA, G. P. S.; TEIXEIRA, P. M. M. Análise de uma sequência didática de Citologia baseada no Movimento CTS. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - SP, Campinas/SP: 2011. Atas... Campinas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011.

LÓPEZ, J. L. L.; CERESO, J. A. L.. Educación CTS en acción: enseñanza secundaria y universidad. In: GARCÍA, M. I. G.; CERESO, J. A. L.; LÓPEZ, J. L. L. Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Editorial Tecnos, p. 225-252, 1996.

LORETO, E. L. S.; SEPEL, L. M. N. A escola na era do DNA e da Genética. *Ciência e Ambiente*, v. 26, p.149-156, 2003.

LUJÁN, J. L. et al. Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología. Madrid: TECNOS, 1996.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. *Revista Brasileira de Educação*, n. 26, p. 95-108, 2004.

MEZALIRA, S. M.; ARAÚJO, M. C. P. A genética como foco de análise quanto a possíveis relações CTS: reflexos sobre a formação de professores no ensino superior. In VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências – SC, Florianópolis/SC: 2007. Atas... Campinas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. *Revista Ensaio*. v.5 n°2, p 73 – 91, 2003.

MOTOYAMA, S. Os principais marcos históricos em ciência e tecnologia no Brasil. 1985. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, n. 1, 1985.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. *Caderno de pesquisas em administração*. v. 1, n. 3, p- 1-5, 1996.

OLIVEIRA, F. B.; SILVEIRA, R. M. V. O teste de DNA na sala de aula: É possível ensinar Biologia a partir de temas atuais? *Genética na escola*, v.5, n.1, p.01-04, 2010.

OLIVEIRA, T. B.; SILVA, C. S. F.; ZANETTI, J. C. Pesquisas em ensino de genética (2004 – 2010). In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência. 8, 2011, Campinas. Anais... Campinas: ABRAPEC, 2011.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; NUNES, W. M. C. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do Ensino Médio sobre transgênicos. *Ciência e Educação*, v. 14, n. 1, p. 135-146, 2008.

RANDO, N. V.; PORRO, S. Análisis de una asignatura para la educación CTS: Biología, Genética y Sociedad. *Indagatio Didactica*, v. 8, n.1, p. 1427 – 1437. 2016

REIGOSA CASTRO. C.; JIMÉNEZ-ALEXANDRE, M. P. La Cultura Científica en la resolución de Problemas en el Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 18, n.2, p. 275-284. 2000.

REIS, P. G. R. O “admirável mundo novo” em discussão. Lisboa: Ministério da Educação, 2003.

SANTOS, M. E. V. M. Ciência como cultura – paradigmas e implicações epistemológicas na educação científica escolar. *Química nova*, v. 32, n. 2, p. 530 – 537, 2009.

SANTOS, W. L. P. Aspectos sociocientíficos em aulas de química. 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002

_____. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, nº especial, 2007.

_____. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, n. 36, p. 474 – 550, 2007b

_____. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P. & AULER, D. *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Editora UnB, Brasília: Editora UnB, p. 439 – 461, 2011.

_____.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio*, v. 2, n. 2, p. 1-23. 2000.

_____.; AULER, D. CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora UnB, 2011.

_____.; SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2003

SANTOS, S. Para geneticistas e educadores: o conhecimento cotidiano sobre herança biológica. São Paulo: Annablume Editora, SBG e FAPESP, 2005.

SANTOS, V. C.; EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n.1. 2009.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em ensino de ciências*, v. 16, n. 1, p. 59 – 77. 2011

SCHNETZLER, R.P. A Pesquisa no ensino de Química: A Importância da Química Nova na escola. *Química Nova na Escola*, n. 20, p. 49-54, 2004.

SILVA, A. J.; ARAUJO, W. S.; SANTOS, W. L. P. A controvérsia científica como catalisadora de engajamento sociopolítico. *Indagatio Didactica*. v. 8, n. 1, p. 1902 - 1916. 2016

SILVA, E. C.; SOUSA, A. S.; BARRETO, E. S.; AARESTRUP, J. R. Estratégias para a identificação humana: do geral ao genoma. *Revista Brasileira de Educação e Saúde*,

SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*. v. 28, n 2-3, p. 235-260. 2006.

SOUSA, G. P. *Educação CTS e genética. Elementos para sala de aula: potencialidades e desafios*. 2003. 315 f. Dissertação (mestrado em educação em ciências e matemática) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié/BA. 2013

_____.; TEIXEIRA, P. M. M. . Percepções de uma professora sobre a aplicação do enfoque CTS em aula de Genética no Ensino Médio. *Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio)*, v. 7, p. 2772-2783, 2014.

STRIEDER, R. B. *Abordagem CTS e ensino médio: espaços de articulação*. 2008. 236 f. Dissertação (mestrado em ensino de ciências) – Faculdade de educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p.177-190, 2003. v. 3, n. 3, p. 46 - 52, 2013.

VASCONCELOS, E. S. Abordagem de questões socioambientais por meio de tema CTS: análise de prática pedagógica no ensino médio de química e proposição de atividades. 156f. Dissertação (mestrado em ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília/DF. 2008

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O livro didático de Ciências no Ensino Fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003.

VINCENTIN, A; CASTRO, B. J.; COSTA, F. G.; SILVA, D. C. G.; COSTA, P. C. F. Um novo significado ao ensino de “organismos transgênicos” através de um kit didático-pedagógico numa perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade. In: 3º Congresso Internacional de Educação. 2011.

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. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

ZABALA, A. A prática educativa. Artmed, Porto Alegre, 1998.

**APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para avaliação da
disciplina Genética**



Universidade de Brasília – UnB

| |
|----|
| N° |
|----|

Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências – PPGEC

TERMO DE CONSENTIMENTO

Prezado aluno,

A mestranda Gabriela Barbosa de Andrade, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC/UnB), estará desenvolvendo como parte do Projeto de pesquisa de mestrado, sob a orientação da Professora Doutora Maria de Nazaré Klautau-Guimarães, uma avaliação com o objetivo de conhecer as principais dificuldades no processo de ensino/aprendizagem e as demandas/sugestões por parte dos estudantes na disciplina de Genética. Com base nessa avaliação, pretende-se propor uma revisão de conteúdos e novas estratégias de abordagens para a disciplina.

A pesquisa e se dará por meio do preenchimento de questionários por estudantes de Ciências Biológicas que cursam/cursaram a disciplina. A sua participação é voluntária e anônima, não provocando qualquer tipo de prejuízo ou constrangimento.

Os resultados serão analisados e divulgados na Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente em periódicos da área de ensino. Os dados e materiais utilizados na pesquisa não serão divulgados ou repassados a terceiros.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o aluno voluntário.

Dados da pesquisadora: Gabriela Barbosa de Andrade

Email: gabriela.andrade04@gmail.com

Caso você concorde em participar desta pesquisa, pedimos a gentileza de preencher os campos abaixo:

Eu, _____, idade _____, concordo em participar voluntariamente da pesquisa acima descrita.

Brasília, _____ de _____ de 2016.

Assinatura do voluntário

**APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participação na
sequência didática**



Universidade de Brasília – UnB

N°

Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências – PPGECC

TERMO DE CONSENTIMENTO

Prezado aluno,

A mestranda Gabriela Barbosa de Andrade, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC/UnB), estará desenvolvendo como parte do Projeto de pesquisa de mestrado, sob a orientação da Professora Doutora Maria de Nazaré Klautau-Guimarães, uma proposta de abordagem de ensino que contemple discussões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). O objetivo é proporcionar aos alunos um conjunto de aulas dedicadas ao conteúdo de genética, obedecendo os pressupostos do enfoque CTS.

A participação dos alunos neste projeto é totalmente voluntária e anônima, não provocando qualquer tipo de prejuízo ou constrangimento. Os alunos assistirão às aulas, participarão das atividades e, ao final das aulas, preencherão um questionário e serão entrevistados se assim o desejarem.

Os resultados serão analisados e divulgados na Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente em periódicos da área de ensino. Os dados e materiais utilizados na pesquisa não serão divulgados ou repassados a terceiros.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o aluno voluntário.

Dados da pesquisadora: Gabriela Barbosa de Andrade

Email: gabriela.andrade04@gmail.com

Caso você concorde em participar desta pesquisa, pedimos a gentileza de preencher os campos abaixo:

Eu, _____, idade _____, concordo em participar voluntariamente da pesquisa acima descrita.

Brasília, _____ de _____ de 2016.

Assinatura do voluntário

APÊNDICE C - Questionário de avaliação da disciplina Genética (panorama local)



Universidade de Brasília – UnB

Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências – PPGEC

Este formulário tem como objetivo coletar dados sobre a disciplina Genética, por alunos que já a tenham cursado ou ainda estejam cursando, na Universidade de Brasília. A pesquisa tem a finalidade principal de melhorar a qualidade da disciplina. Os dados coletados serão utilizados no âmbito de uma pesquisa de mestrado em ensino de ciências (PPGEC/UnB), que se propõe a desenvolver metodologias de ensino de genética que sejam mais eficazes e contribuam melhor para o andamento da disciplina. Ao preencher o formulário, você estará concordando em disponibilizar os dados coletados para análise neste projeto de pesquisa. O formulário é anônimo, ou seja, você não precisa se identificar.

1. Idade: _____
2. Nome da escola/cidade em que cursou o Ensino Médio: _____

3. Ano de conclusão do Ensino Médio: _____
4. Forma de ingresso na Universidade: () PAS () ENEM () Vestibular tradicional
() Transferência de outra faculdade
5. Curso: _____
6. Semestre/ano em que cursou Genética: _____
7. Qual foi a sua menção final na disciplina genética:
() SS () MS () MM () MI () SR () Não me lembro () Ainda estou cursando
8. Durante a disciplina Genética, o professor buscou contextualizar o conteúdo, trazendo aplicações práticas relacionadas com situações reais? () Sim () Não () Parcialmente
9. Se desejar, justifique a sua resposta da questão anterior:

10. Assinale quais tipos de recursos o professor utilizou em suas aulas.
 - a) () Projetor de Slides e computador
 - b) () Aulas práticas
 - c) () Discussão de textos e artigos científicos
 - d) () Fóruns de discussão no ambiente virtual
 - e) () Livro didático

f) () Filme

g) () Outro. Qual?

11. Ao longo da disciplina Genética, você sentiu falta de discutir ou saber mais sobre determinado assunto relacionado à temática? Se sim, qual?

12. Você foi capaz de, ao longo da disciplina, entender as aplicações da genética na sua carreira profissional? Exemplifique.

13. Como você analisa a sua aprendizagem ao longo da disciplina Genética:

() Considero que aprendi os principais conceitos de genética e estou apto a cursar disciplinas relacionadas.

() Considero que aprendi os principais conceitos de genética, mas não estou apto a cursar disciplinas relacionadas.

() Considero que aprendi os principais conceitos de genética, mas não compreendi como posso associá-los à minha vida ou em situações cotidianas.

() Considero que aprendi os principais conceitos de genética e compreendi como posso associá-los à minha vida ou em situações cotidianas.

() Não aprendi nada nesta disciplina

14. Este é um espaço aberto para que você inclua sugestões para o melhoramento da disciplina Genética na Universidade de Brasília. O que sugerir para que a disciplina atenda a suas expectativas como aluno?

Se desejar, forneça seu email para contato. Ele será importante para as fases seguintes desta pesquisa:

APÊNDICE D - Questionário de avaliação da sequência didática estruturada



Universidade de Brasília – UnB

Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências – PPGEC

Este formulário tem como objetivo coletar dados sobre a sequência didática aplicada na disciplina práticas de genética. A pesquisa tem a finalidade principal de melhorar a qualidade do ensino de genética na Universidade de Brasília. Os dados coletados serão utilizados no âmbito de uma pesquisa de mestrado em ensino de ciências (PPGEC/UnB), que se propõe a desenvolver metodologias de ensino de genética que sejam mais eficazes e contribuam melhor para o andamento da disciplina. Ao preencher o formulário, você estará concordando em disponibilizar os dados coletados para análise neste projeto de pesquisa. O formulário é anônimo, ou seja, você não precisa se identificar.

1 – Dados pessoais

1.1 Idade: _____

1.2. Curso: _____

2- Dados sobre a disciplina Genética

2.1. semestre/ano em que cursou genética: _____

2.2 Durante a disciplina Genética, o professor buscou contextualizar o conteúdo, trazendo discussões sobre questões sócio científicas relacionadas? () Sim () Não () Parcialmente

2.3. Se desejar, comente no espaço abaixo a sua resposta da questão anterior:

2.4. Você foi capaz de, ao longo da disciplina Genética, entender as aplicações da genética na sua carreira profissional? Exemplifique.

3- Dados sobre a sequência didática: Identificação individual

3.1 Avalie a sequência didática sobre os aspectos abaixo. Caso deseje, comente suas respostas no espaço abaixo de cada item. Em cada item, marque um número de acordo com o grau de satisfação em relação a cada aspecto, sendo 1: completamente insatisfeito e 5: completamente satisfeito.

a) Relevância do tema (identificação individual): () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

b) Recurso didático: leitura de artigos científicos. () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

c) Recurso didático: aula prática. () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

d) Recurso didático: palestra com profissionais da área. () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

e) Recurso didático: debate sobre uma questão sociocientífica. () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

3.2 Nesta sequência didática, buscamos aliar os conhecimentos científicos de genética aos aspectos sociais e tecnológicos relacionados. Qual é a sua opinião a respeito? De que maneira essa abordagem foi relevante para sua vida pessoal?

3.3 Qual foi a relevância desta sequência didática para a sua formação profissional? Comente sua resposta no espaço abaixo.

3.4 Você sugeriria o uso da metodologia aplicada nesta sequência didática para o ensino de genética (disciplina obrigatória)? Justifique.

3.5 Você possui alguma crítica ou sugestão para melhorar essa sequência didática? Se sim, insira no espaço abaixo.

Se desejar, forneça seu email/telefone para contato. Esses dados serão importantes para as fases seguintes desta pesquisa: _____

APÊNDICE E - Roteiro de aula prática: atividade 1 – dados individuais

Objetivo

Observar e explicar a variação qualitativa e quantitativa nos padrões de impressões digitais de um mesmo indivíduo, por meio da coleta, organização e análise de dados.

Material necessário

- Coletor de impressão digital;
- Lupa ou material equivalente;
- Fita adesiva transparente;
- Tesoura;
- Folha de papel A4.

Procedimento

1 – Fazer a identificação do indivíduo na folha da atividade 1, preenchendo todos os campos existentes.

2 – Utilizar o coletor de impressão digital para fazer as impressões digitais de todos os dedos da mão direita e da mão esquerda. Testar as impressões em uma folha extra, identificar as mais nítidas, recortar e colar na área específica da folha de atividade 1. Com o auxílio de uma fita adesiva transparente, proteger a impressão digital.

3 – Para cada impressão digital identificar o padrão e anotar no local específico da folha da atividade 1.

4 – Realizar a contagem das linhas de cada impressão digital e anotar no local específico.

Fazer a soma do número total de linhas (somadas das linhas dos 10 dedos).

5 – Completar o quadro da folha da atividade 1 com os dados de concordância (mesmo padrão em ambos os dedos) e frequência, conforme as instruções abaixo (análise de dados).

Análise de dados: para pensar e responder

1 – Quanto aos padrões das impressões digitais. Observar as semelhanças e diferenças entre os dedos de uma mesma mão (da direita e da esquerda). Qual a sua conclusão?

2 – Estimar as frequências dos diferentes padrões considerando todos os dedos do mesmo indivíduo e preencher no local indicado do Quadro 1.

3 – Observar as semelhanças e diferenças entre os mesmos dedos em diferentes mãos. Qual a conclusão? Quantas são concordantes? Existe mais algum detalhe que chama atenção? Preencher os dados de concordância no Quadro 1 utilizando 0 (zero) para designar ausência e 1 (um) para designar presença de concordância.

4 – Obter o número de linhas para as duas mãos e a soma total dos 10 dedos. Há semelhanças entre as duas mãos? Qual a sua conclusão?

5 – Observar os dados do número de linhas com o padrão da impressão de cada dedo. Existe alguma relação? Qual a sua conclusão?

Atividade 1 – dados individuais

Nome: _____

Sexo: _____

Quadro 1 - Dados individuais de impressão digital.

| Dedos | Mão direita | | | Mão esquerda | | | Concordância | Padrões | Frequência |
|---|-------------------|--------|-----------|-------------------|--------|-----------|--------------|------------|------------|
| | Impressão digital | Padrão | n° linhas | Impressão digital | Padrão | n° linhas | | | |
| Polegar | | | | | | | | Espiral | |
| Indicador | | | | | | | | Alça U | |
| Médio | | | | | | | | Alça R | |
| Anular | | | | | | | | Arco | |
| Mínimo | | | | | | | | Alça dupla | |
| | Total de linhas | | | Total de linhas | | | | | |
| Total de linhas da mão esquerda e direita | | | | | | | | | |

APÊNDICE F - Roteiro de aula prática: atividade 2 – Coleta e análise de dados da classe

Objetivo: Organizar em tabelas e analisar os dados coletados na atividade 1, de todos os estudantes da classe

Procedimento: Montar e organizar as tabelas 1, 2 e 3 com os dados da atividade 1, de cada um dos estudantes da classe.

| Estudante | Espiral | Alça U | Alça R | Arco | Alça dupla |
|-----------|---------|--------|--------|------|------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| ... | | | | | |

Tabela 1 Dados numéricos da quantidade de cada padrão de impressões digitais da classe.

| Estudante | Polegar | Indicador | Médio | Anelar | Mínimo |
|-----------|---------|-----------|-------|--------|--------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| ... | | | | | |

Tabela 2 Dados da concordância dos padrões das impressões digitais (entre as duas mãos) da classe para os diferentes dedos.

| Estudante | Sexo | Número total de linhas |
|-----------|------|------------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| ... | | |

Tabela 3 Dados de distribuição fenotípica do número total de linhas digitais para a classe.

Análise de dados: para pensar e responder:

- 1 – Em relação à Tabela 1, calcular a frequência de cada padrão de impressão digital encontrado na classe. Comparar seus dados individuais com os resultados da classe. Quais as suas conclusões? Construir um gráfico com as frequências de toda a classe.
- 2 – Em relação à Tabela 2, obter a porcentagem de concordância nos padrões de impressão digital na turma, para os mesmos dedos das diferentes mãos. Observar os dados e comparar seus dados individuais com os resultados da classe. Quais as suas conclusões?
- 3 – Em relação à Tabela 3, caracterizar a distribuição fenotípica da turma calculando a média, variância e desvio padrão. A seguir, apresentar os dados da tabela em forma de um histograma de frequências. Observar os dados e comparar seus dados individuais com os resultados da classe. Quais as conclusões? E quanto à variável sexo, o que se pode inferir?
- 4 – Se considerar esses dados como representativos de uma população, o que se pode dizer sobre essas frequências encontradas? Há semelhanças e diferenças com outras populações?

APÊNDICE G - Questões sociocientíficas utilizadas no encontro 5 da sequência didática (REIS, 2003. Adaptado)

Situação 1

Imagine que você é um trabalhador da fábrica de plásticos *Plastic*, uma multinacional localizada em Jacarta, Indonésia. Um dia, o diretor da fábrica faz um anúncio aos funcionários.

- Colaboradores, devido a uma reestruturação da fábrica todos os empregados têm que se recandidatar aos seus postos de trabalho. Esta recandidatura inclui a recolha de uma amostra de sangue para a realização de um teste genético que, segundo a direção da empresa, pretende detectar casos de susceptibilidade genética a algumas das substâncias utilizadas na produção dos plásticos.

Assim como você, os demais trabalhadores da fábrica sentem-se indignados e questionam o porquê de tal medida.

- De acordo com vários estudos, a presença de determinados genes aumenta a probabilidade dos seus portadores sofrerem de câncer quando em contato com essas substâncias tóxicas. Esta medida surge para bem dos trabalhadores.

Apesar dessa explicação, você e seus colegas de trabalho consideram que o verdadeiro motivo é a vontade da fábrica reduzir as despesas com cuidados médicos. De fato, esse argumento tem sido utilizado por muitas indústrias para atribuírem a responsabilidade pela doença ao indivíduo geneticamente diferente, e não à poluição no local de trabalho. O governo indonésio vê-se obrigado a aceitar esta medida pois não quer pôr em causa os 50 000 postos de trabalho da *Plastic*.

- Qual a sua opinião sobre esta medida? Quais as suas consequências para os trabalhadores?

- Considera que as empresas têm o direito de ter acesso ao património genético dos seus funcionários?

Situação 2

Mariana, uma jovem moça, é casada com Marcelo e eles pretendem ter filhos em breve. Ambos realizam um teste genético e descobrem que tanto um quanto o outro possuem o alelo recessivo para fibrose cística. Esta doença possui padrão de herança autossômico recessivo. Mariana e Marcelo conversam para tentar chegar a uma decisão sobre seu futuro e o de sua família.

- Se você estivesse nessa situação, o que faria? Acabaria a relação? Admitiria a possibilidade de casar e ter filhos aceitando a possibilidade de 1 em 4 poder contrair uma doença emocionalmente esgotante, cara de tratar e que, provavelmente, acabaria em morte prematura?

- Se você/sua mulher engravidasse, admitiriam a hipótese de realizar um teste genético no feto e de abortar caso este revelasse a presença dos dois alelos recessivos?

- Na sua opinião, os testes genéticos em recém-nascidos devem ser obrigatórios ou voluntários? Quem deverá ter acesso aos resultados destes testes?

Situação 3

Joaquim Dias trabalha em uma fábrica de alimentos. Um dia, foi encontrado no armazém da fábrica o corpo de um trabalhador esfaqueado. A polícia identifica a vítima: Pedro, grande amigo de Joaquim. As únicas pistas encontradas são alguns pedaços de pele encontrados debaixo das unhas da vítima.

Durante a investigação, os seguranças da fábrica são entrevistados.

- No dia do crime, apenas os trabalhadores se encontravam no interior da fábrica.

Diante disso, a polícia acredita que o assassino é um dos 100 homens que trabalham na fábrica. Com o objetivo de o detectar, a polícia decide efetuar uma análise do DNA dos trabalhadores. Para tal, pretende recolher amostras de saliva com o objetivo de comparar o DNA de cada um dos trabalhadores com o DNA das células da pele encontrada nas unhas da vítima.

Ao se deparar com essas informações sobre a investigação, Joaquim de queixa.

- Desejo fortemente que o culpado seja encontrado e estou disposto a fornecer a amostra de saliva. Isso permitirá detectar o assassino, se todos os colegas cooperarem. Mas a polícia não tem qualquer razão para desconfiar de mim, pois Pedro era um grande amigo meu. Não se fala que todos são inocentes até que se prove o contrário? Nesta situação, parece que a polícia parte da premissa contrária. Além disso, não quero que minha informação genética faça parte de algum banco de dados cuja utilização eu não posso controlar. Isso é uma invasão permanente a minha privacidade!

- Qual seria a sua decisão se estivesse na situação do Joaquim?

- A recolha de elementos de identificação pelo DNA poderia ser feita ao nascer. Você concorda com a criação de bancos de dados com elementos de identificação genética de todos os indivíduos? Em caso afirmativo, quem deveria ter autorização para acessar e utilizar esta informação?

Situação 4

Joana Almeida foi presa recentemente, de maneira preventiva, por ser considerada suspeita da morte de Carla Antunes, que ocorreu há um ano. A investigação ainda corre na justiça. No tribunal, os advogados de acusação e defesa expõem seus argumentos.

- (advogado de acusação) Foram encontradas algumas pistas no local do crime, a casa da vítima. Sugiro a realização de teste de DNA em Joana para comparar com o DNA encontrado nessas pistas.

- (advogado de defesa) Esse teste não será conclusivo! A minha cliente, Joana, era amiga da vítima e visitava frequentemente a sua amiga, partilhando com ela roupas, maquiagem e utensílios como escovas e secador de cabelo. Logo, o seu DNA pode ser facilmente encontrado na cena do crime.

- Deverá a polícia obrigar a Joana a efetuar o teste de DNA?

- Você considera válidos os argumentos apresentados pelo advogado de Joana?

- Qual a sua opinião pessoal sobre a utilização das "impressões digitais de DNA" em investigação criminal, tendo em conta o facto de não se conhecer com precisão a probabilidade de existirem dois ou mais indivíduos com a mesma sequência específica de DNA?

ANEXO A - Resumo do Artigo: Estratégias para a identificação humana: do geral ao genoma

Estratégias para a identificação humana: Do geral ao genoma

Edemilson Costa da Silva

Graduando em Biomedicina, IUNI Educacional, UNIC Sinop Aeroporto, Sinop, MT, Brasil.
E-mail: edemilsonsnp@hotmail.com

Altivo de Souza e Souza

Graduando em Biomedicina, IUNI Educacional, UNIC Sinop Aeroporto, Sinop, MT, Brasil.
e-mail: altivo.souza@gmail.com

Eriana Serpa Barreto

Bióloga, Prof. Co-orientadora, Ms. em Microbiologia agrícola. IUNI Educacional, UNIC Sinop, MT, Brasil.
E-mail: erianabarreto@gmail.com

Juliana Roriz Aarestrup

Bióloga, Prof. Orientadora, Dr^a. em Genética. IUNI Educacional, UNIC Sinop Aeroporto, Sinop, MT, Brasil
E-mail: jroriz@yahoo.com.br

Resumo: Desde a antiguidade, é necessário que cada ser humano seja identificado e com o crescimento e a diversificação populacional, diferentes métodos foram criados para tal fim, pois somente o nome já não era o suficiente para distinguir-nos uns dos outros. Sendo assim, a identificação pessoal evoluiu historicamente desde as mutilações às impressões digitais do DNA. O presente estudo teve como objetivo principal realizar um *review* literário sobre a progressão das formas de identificação humana, desde séculos atrás até a atualidade. A metodologia adotada foi uma revisão da literatura, realizada entre março de 2012 e junho de 2013, baseando-se em livros científicos e em bancos de dados como Scielo, PubMed, MedLine, NetMed e Lilacs. Foi encontrada uma vasta bibliografia científica sobre a identificação humana, tendo maior destaque as análises de DNA. A identificação humana é um trabalho minucioso, complexo, que abrange diversas áreas do conhecimento científico e requer equipes multidisciplinares e profissionais qualificados e comprometidos com suas atividades. Os avanços tecnológicos, principalmente na área forense tem se desenvolvido bastante e a cada dia surge uma nova proposta metodológica.

Palavras-chave: Identificação, metodologias, reconhecimento, humanidade.

ANEXO B - Resumo do Artigo: A importância da identificação humana nos desastres de massa naturais, acidentais ou provocados: uma abordagem multidisciplinar

The importance of human identification in natural, accidental or provoked disasters: a multidisciplinary approach

Karina Silva Funabashi¹, Ana Carolina Monteiro², Danilo Alves de Moraes², Murilo Ramos Rocha², Patricia Cristina Fincatti Moreira², Edna Sadayo Miazato Iwamura³

Funabashi KS, Monteiro AC, de Moraes DA, Rocha MR, Moreira PCF, Iwamura ESM. A importância da identificação humana nos desastres de massa naturais, acidentais ou provocados: uma abordagem multidisciplinar. *Saúde, Ética & Justiça*. 2009;14(2):54-64.

RESUMO: Desastres de massa sempre existiram e agora ocorrem com maior frequência pela ação do homem. Dessa forma, consideramos importante a inclusão desse tema, tanto pelo caráter multidisciplinar dos trabalhos que se seguem aos desastres, em que profissionais das áreas da saúde, justiça e defesa civil estão envolvidos, bem como por ser do interesse de toda a sociedade. O escopo deste artigo é apresentar alguns dos principais acidentes de massa ocorridos nos últimos anos descritos na literatura enfocando as questões que se colocam aos profissionais nessas situações, bem como os avanços científicos e sua importância na identificação humana. Apresentamos: a) as dificuldades encontradas na identificação das vítimas dos ataques terroristas de 11 de setembro de 2001 no World Trade Center; b) o uso das técnicas para identificação de vítimas de guerras, genocídios; c) o uso das técnicas para identificação de vítimas de catástrofes naturais como o do Tsunami no Sul da Ásia em 26 de dezembro de 2004; d) a identificação do responsável por um atentado em Jakarta em 2004; e) a Internet como ferramenta na vigilância da saúde na Geórgia em vítimas do furacão Katrina, ocorrido em 29 de agosto de 2005 e suas consequências. Como consideração final, apresentamos algumas recomendações, descritas após experiências vivenciadas em eventos dessa natureza.

DESCRIPTORES: Antropologia forense; Vítimas de desastres; Patologia legal/métodos.

ANEXO C - Resumo do Artigo: A antropologia forense como triagem para as análises da genética forense

Forensic anthropology screening for analyses of forensic genetics

**Raffaella Arrabaça Francisco¹, Ricardo Henrique Alves da Silva²,
Josabeth Mendonça Pereira³, Edson Garcia Soares⁴, Euclides Matheucci Júnior⁵,
Edna Sadayo Miazato Iwamura⁶, Marco Aurelio Guimarães⁷**

Francisco RA, Silva RHA, Pereira JM, Soares EG, Matheucci Júnior E, Iwamura ESM, Guimarães MA. A antropologia forense como triagem para as análises da genética forense. *Saúde, Ética & Justiça*. 2013;18(1):128-33.

RESUMO: A Genética Forense hoje é uma das principais ferramentas utilizadas em casos de identificação humana. Esta emprega as técnicas da biologia molecular para auxiliar na elucidação de crimes, principalmente na determinação da autoria deste. Contudo é sabido que a análise do DNA ainda é um exame de alto custo e que muitas vezes, em centros que não possuem um laboratório para esse fim, os mesmos têm que enviar as suas amostras para serem analisadas em outros locais, o que pode demorar meses até a obtenção do resultado. Como uma técnica aliada para a identificação humana, podemos incluir a Antropologia Forense, que vem a ser uma área de conhecimento que aplica os métodos da antropologia física e arqueologia para coleta e análise de evidências legais, buscando estabelecer a identidade de um ser humano. O exame antropológico forense consiste em traçar um perfil bioantropológico da vítima, incluindo: sexo, ancestralidade, idade, estatura, mão dominante (lateralidade), características dentárias, anomalias ósseas, patologias ósseas e características individuais. Com isso espera-se reduzir o número de análises de DNA forense, uma vez que a análise antropológica forense fornece dados que permite o direcionamento e a aplicação do exame de DNA para um indivíduo ou um grupo específico de pessoas. Com isto, também é possível a redução dos gastos de um laboratório de Genética Forense, pois também há a otimização dos resultados. A aplicação do protocolo para análise de ossadas do Laboratório de Antropologia Forense (LAF) serve como triagem para o exame de DNA forense. Este protocolo já é utilizado na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP/USP) e foi criado em 2005, em um projeto entre a University of Sheffield (UK) e o Centro de Medicina Legal (CEMEL) da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP/USP). Com os resultados bioantropológicos de um exame de antropologia forense é possível reduzir o número de amostras para que seja feito um exame de DNA, sendo possível reduzir o tempo e o custo de um exame dessa natureza. Isso é demonstrado na análise de caso apresentada aqui.

DESCRITORES: Genética forense; Antropologia forense; DNA.

ANEXO D - Resumo do Artigo: Conectando famílias de construções genéticas: testes de DNA na reunificação da família somali na Finlândia.

**Conectando famílias de construções
genéticas:
testes de DNA na reunificação da família somali na
Finlândia***

Petri Hautaniemi**

Resumo

Os temas centrais desse artigo, reunificação familiar em geral e teste de DNA em particular, surgiram a partir de uma pesquisa em andamento acerca de jovens da Somália na Finlândia. Desde 1996, realizo uma pesquisa etnográfica – em escolas, clubes de jovens, ruas e cafés – com jovens da Somália que chegaram à Finlândia por volta de 1994 e que freqüentam escolas finlandesas nos subúrbios de Helsinki. Meu interesse geral nesta pesquisa longitudinal era conhecer as experiências de passagem para a vida adulta em contextos altamente diferenciados, não apenas do ponto de vista do país anfitrião, mas também cultural e transnacionalmente. O tema, testes de DNA, toca na questão central desta pesquisa de modo profundo. Aqui, crescer não é visto como uma simples questão biológica. É um processo social no qual as relações, como laços de parentesco, são constituídas, vivenciadas e contestadas. Essas relações são poderosas para a identificação individual e social. A testagem-DNA pode violar simbólica e fisicamente o processo social de identificações íntimas e de integridade pessoal.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Química

Instituto de Física

Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado profissional em Ensino de Ciências

**O ENSINO DE GENÉTICA NA FORMAÇÃO SUPERIOR: UMA EXPERIÊNCIA DE
EDUCAÇÃO CTS**

GABRIELA BARBOSA DE ANDRADE

Proposta de ação profissional resultante da dissertação realizada sob orientação da Professora Doutora Maria de Nazaré Klautau – Guimarães e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração “Ensino de Biologia”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília

Brasília - DF

2017

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUÇÃO..... | 3 |
| OBJETIVOS GERAIS..... | 6 |
| QUADRO RESUMO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA..... | 6 |
| PLANOS DE AULA..... | 7 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 17 |

INTRODUÇÃO

Caro professor,

Este material consiste em uma proposta de ação profissional resultante da dissertação de mestrado intitulada “O ensino de genética na formação superior: uma experiência de educação CTS”. Trata-se de uma sequência didática composta por 6 encontros e duração total de 25 horas, com foco principal no ensino de genética para formação superior. Com esse material, o professor poderá abordar os conceitos genéticos de herança complexa e multifatorial, marcadores de DNA e suas aplicações na sociedade, STR’s, perfil genético de identificação, genética forense, entre outros. O diferencial deste material é a organização dos conteúdos em função de um tema gerador, a **identificação humana**, e uma abordagem que abrange discussões e reflexões relacionadas aos aspectos tecnológicos e sociais envolvidos com a temática.

O levantamento bibliográfico realizado em nosso trabalho ressaltou que um dos principais desafios encontrados no ensino de genética é a falta de contextualização dos conteúdos científicos, fazendo que os alunos tenham dificuldade de relacionar os conceitos genéticos que aprendem com a sua realidade cotidiana, bem como de compreender o papel do ensino de genética na sua formação cidadã. Diariamente, milhares de pessoas precisam tomar decisões pessoais e coletivas que envolvem conhecimentos científicos relacionados à genética, de forma que esta temática está intimamente relacionada com o dia a dia de qualquer pessoa. Um exemplo disso é a identificação individual humana, já que os marcadores genéticos e a impressão digital são utilizados como critérios de identificação. No entanto, o ensino de genética tradicionalmente não abarca uma relação profunda e integrada desta área do conhecimento com os aspectos éticos, históricos, sociais e políticos envolvidos.

Na tentativa de buscar soluções para este desafio, o presente material foi elaborado à luz dos estudos a respeito da educação CTS, uma proposta de intervenção educacional que busca incentivar a formação cidadã e o ensino dos conceitos científicos aliados aos outros elementos da tríade Ciência – Tecnologia – Sociedade, e incentivar o uso de metodologias que busquem a formação de atitudes e valores para a tomada de decisão crítica e consciente por parte dos alunos (ver, por exemplo, SANTOS E MORTMER, 2000; AULER, 2002, SOUSA E TEIXEIRA, 2014).

A sequência de aulas foi, inicialmente, estruturada para aplicação no ensino superior, em disciplinas de genética. Porém, assume-se aqui a pertinência em se adaptar o material a outras realidades educativas, sendo viável inclusive a adaptação devida para o contexto do Ensino Médio.

Acreditamos que esse material pode contribuir de maneira significativa para tornar o ensino de genética mais contextualizado e condizente com a formação cidadã, profissional e pessoal dos alunos participantes, já que os resultados do nosso trabalho apontam para esta direção. A seguir, consta o planejamento de toda a sequência didática, com objetivos gerais, objetivos específicos de cada encontro, recursos didáticos e estratégias utilizadas.

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA: BASES GENÉTICAS, TECNOLÓGICAS E SOCIAIS DA
IDENTIFICAÇÃO INDIVIDUAL HUMANA**

Professora Gabriela Andrade
gabriela.andrade04@gmail.com

OBJETIVOS GERAIS

Favorecer a compreensão de conceitos de genética abordando a relação existente entre os aspectos científicos, tecnológicos e sociais envolvidos. Enriquecer a reflexão e a tomada de decisão consciente a respeito de assuntos que envolvem a genética, valores importantes para a formação cidadã.

QUADRO RESUMO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

| ENCONTRO | TEMÁTICAS | OBJETIVOS | ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS/ ATIVIDADES |
|----------|---|--|--|
| 1° | Identificação humana individual; História da ciência | Apresentar a proposta de pesquisa; situar aspectos históricos e científicos da identificação humana | Preenchimento do TCLE; Dinâmica de grupo (tempestade de ideias) + exposição dialogada; Discussão de artigo científico. |
| 2° | Dermatoglifos; herança multifatorial; metodologia científica | Compreender os dermatoglifos como um fenótipo de herança multifatorial; favorecer a investigação, levantamento de hipóteses e análise de dados por meio da experimentação; | Exposição dialogada; Aula prática; Coleta, organização e análise de dados; Discussão de resultados científicos. |
| 3° | Marcadores de DNA e aplicações na sociedade | Compreender os marcadores de DNA como ferramentas úteis para a identificação humana individual; compreender como o conhecimento científico é aplicado em questões sociais | Exposição dialogada; Discussão de artigos científicos; |
| 4° | Marcadores de DNA e dermatoglifos: aplicações | Compreender como profissionais da área de papiloscopia e genética forense utilizam os conhecimentos científicos e tecnologias associadas em suas profissões | Palestra dialogada com profissionais da área |
| 5° | CTS e Questões sociocientíficas (QSC) associadas à identificação humana | Compreender as relações diretas entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais na identificação individual humana. | Exposição dialogada; Discussão de artigos científicos; Construção de resumo crítico |
| 6° | CTS e QSC associadas à identificação humana | Estimular a tomada de decisão frente a QSC a partir de conhecimento prévio adquirido ao longo da SD. | Trabalho em grupo; Debates sobre QSC relacionadas; Aplicação de questionários de avaliação |

PLANOS DE AULA

Aula 1: História da Ciência: a identificação individual humana

Objetivo específico: situar aspectos históricos e científicos da identificação individual humana

Estratégias:

Iniciamos a aula com uma dinâmica de tempestade de ideias, solicitando aos alunos que falassem palavras, expressões, ideias relacionadas ao termo “identificação humana”. As palavras foram escritas em um quadro e realizamos as ligações históricas, científicas e tecnológicas entre elas. Incentivamos a participação dos alunos com perguntas e exemplos.

Em seguida, realizamos a leitura de dois artigos científicos, em voz alta, com pausas para comentários e perguntas (GARRIDO, 2009 e SILVA et. al, 2013). Foram distribuídas cópias impressas dos artigos para facilitar a leitura. Os artigos realizam uma revisão histórica dos processos de identificação humana que precedem o desenvolvimento científico e tecnológico, alcançando até as tecnologias de marcadores de DNA. Realizamos breves explicações e comentários a respeito dos textos, incentivando a participação dos alunos.

Recursos didáticos:

- Dinâmica: tempestade de ideias;
- Quadro branco para anotações da dinâmica;
- Cópias dos artigos científicos: GARRIDO, 2009 e SILVA et. al, 2013);
- Discussão em sala.

DICA PARA O PROFESSOR 

- Para um melhor resultado em atividades que envolvem discussão, disponha os alunos em círculo, na sala de aula.
- Podem ser utilizadas outras revisões de literatura a respeito do tema, conforme atualização da bibliografia.

Aula 2: Dermatoglifos: um fenótipo de herança multifatorial

Objetivos específicos: Compreender os dermatoglifos como um fenótipo de herança multifatorial; favorecer a investigação, levantamento de hipóteses e análise de dados por meio da experimentação;

Estratégias:

Iniciamos a aula retomando os aspectos históricos relatados na aula anterior e mencionando que neste encontro iríamos nos aprofundar nos estudos sobre um dos critérios de identificação humana: os dermatoglifos (impressões digitais). Em seguida realizamos uma breve exposição teórica, levando os alunos a conhecerem a origem embriológica dos dermatoglifos, os principais padrões de impressões digitais encontrados, assim como as formas de classificação qualitativas (identificação de padrões) e quantitativas (contagem de linhas de uma impressão digital).

Em seguida, trabalhamos com o roteiro de atividade prática adaptado de Andrade et. al (2017). Ao final, informamos que os alunos deveriam ler dois artigos específicos para a próxima aula e esses artigos foram disponibilizados na plataforma de interação professor/aluno.

Recursos didáticos:

- Aula prática (Material: roteiro de atividades disponível em Andrade et. al (2017), tinta de carimbo, papel, tesoura, fita adesiva transparente; lupa ou material equivalente)
- Discussão em sala;
- Organização de dados científicos em tabelas.

DICA PARA O PROFESSOR

- Pode-se utilizar outros materiais para a coleta de impressões digitais, tais como papel grafite e fita mágica fosca, para um resultado mais satisfatório.

Quadro de referências para consulta e elaboração da exposição teórica:

MARTINS, A.D. & ROSCIA, P. J. Bases morfo genéticas na formação dos desenhos digitais: estudo em gêmeos mono zigóticos. Monografia apresentada como requisito para conclusão da especialização em Genética Humana, na Universidade de Brasília. 2007

MENDENHALL, G.; MERTENS, T.; HENDRIX, J. Fingerprint Ridge Count: a polygenic trait useful classroom instruction. *The American Biology Teacher*, v. 51, n. 4, p. 204-207. 1989.

RAMANI, P; ABHILASH, P.R.; SHERLIN, H., ANUJA, N.; PREMKUMAR, P.; CHANDRASEKAR, T.; SENTAMILSELVI, G.; JANAKI, V. R. Conventional dermatoglyphics – revived concept: a review. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, v.2, n. 3 p.446-458. 2011.

Aula 3: Os marcadores de DNA e suas aplicações na sociedade

Objetivos específicos: Compreender os marcadores de DNA como ferramentas úteis para a identificação humana individual; compreender como o conhecimento científico exerce influência direta na sociedade

Estratégias:

Iniciamos a aula com uma breve exposição dialogada a respeito dos marcadores de DNA utilizados na genética forense como parâmetros para identificação humana e as técnicas laboratoriais utilizadas. Para esse momento, utilizamos projetor e apresentação de slides em Power Point.

Após o primeiro momento, os alunos foram dispostos em círculos e convidados a mediar a discussão de dois artigos científicos que haviam lido previamente (FRANCISCO et. al, 2013; FUNABASHI et. al, 2009).

Os artigos versam sobre aplicações dos marcadores genéticos na sociedade e mostram de que maneira o conhecimento científico e tecnologias associadas podem ser úteis para solucionar casos reais de crimes, questionamento de paternidade, identificação de pessoas em acidentes de massa e busca por ancestralidade.

Nesse momento, os alunos se tornaram os mediadores da discussão, assumindo postura ativa, enquanto o professor se manteve passivo, fazendo breves intervenções. Essa postura ativa permitiu a construção de uma reflexão coletiva a respeito das implicações da genética na sociedade.

DICA PARA O PROFESSOR

- Em turmas maiores, divida os alunos em grupos e solicite que cada grupo leia um texto diferente e atue como mediador da discussão.
- Utilize as redes sociais ou espaço na nuvem de dados para compartilhar arquivos com seus alunos.

Recursos didáticos:

- Projetor de Slides – apresentação power point;
- Cópias dos artigos científicos (FRANCISCO et. al, 2013; FUNABASHI et. al, 2009);
- Discussão em sala.

Referência para consulta e elaboração da exposição teórica:

KAYSER, M., KNIJFF, P. Improving human forensics through advances in genetics, genomics and molecular biology. *Nature Reviews Genetics*. V. 12, p. 179 – 192. 2011

Aula 4: Marcadores de DNA e dermatoglifos: estudos de caso sobre genética forense

Objetivos específicos: Compreender como profissionais da área de papiloscopia e genética forense utilizam os conhecimentos científicos e tecnologias associadas em suas profissões

Estratégias:

Para esta aula, convidamos profissionais da polícia civil que trabalham diretamente com os aspectos científicos relacionados à identificação humana para realizarem uma palestra acerca dos temas. Foram abordados dois temas principais: a papiloscopia e genética forense com o uso de marcadores de DNA. Cada uma das palestras teve duração média de uma hora e meia, e ambas foram ministradas forma bastante dialogada, com intervenções dos alunos e perguntas que surgiram ao longo das apresentações. Os palestrantes trouxeram relatos de casos reais para exemplificar sua prática, aguçando o interesse dos alunos.

Ao final, informamos que os alunos deveriam ler dois artigos específicos para a próxima aula e esses artigos foram disponibilizados na plataforma de interação professor/aluno.

DICA PARA O PROFESSOR

- Dentro da realidade local, busque profissionais que trabalhem diretamente com identificação humana por meio do DNA. Sugestão: polícia civil, polícia federal, laboratórios de análise, laboratórios acadêmicos, etc.

Recursos didáticos:

- Palestras com profissionais da área;
- Projetor de slides – apresentação Power Point (a critério do palestrante).

Aula 5: Questões sociocientíficas associadas à identificação humana- Parte I

Objetivos específicos: Compreender as relações diretas entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais na identificação individual humana.

Estratégias:

Iniciamos a aula com uma breve exposição dialogada a respeito do conceito de questões sociocientíficas (QSC). O termo QSC foi conceituado junto aos alunos da seguinte maneira: são questões que têm uma base na ciência, envolvem o conhecimento científico e aspectos políticos, sociais, econômicos, ambientais, históricos e outros aspectos que estão relacionados à própria sociedade e suscitam diferentes opiniões, sendo controversas. Após fornecer alguns exemplos que se enquadram no conceito, o professor sugeriu aos alunos que trouxessem outros exemplos de QSC relacionados aos seus cursos de formação.

Após essa introdução teórica, convidamos os alunos a discutir dois textos que haviam lido na preparação para essa aula (HAUTANIEMI, 2007 e ANDRADE, 2015). De maneira geral, os artigos tratam de aspectos sociais relacionados ao fazer científico, tais como as questões de migração, diferenças culturais entre povos, o uso da ciência para reaproximar pessoas desaparecidas, entre outros. Ambos os textos favorecem a discussão do impacto, tanto positivo quanto negativo, que a ciência pode ocasionar na vida pessoal de coletiva dos cidadãos, levantando questões éticas, ideológicas, políticas, culturais, etc.

Finalizamos o encontro com uma pergunta para nortear a discussão: Um dia vocês vão ser profissionais, vocês vão ter a oportunidade de ter que tomar decisões em relação a algumas dessas questões, a fazerem ou não um teste genético. Agora se imaginem antes de ler esses textos e depois... o que mudou pra vocês?

Recursos didáticos:

- Projetor de slides – Apresentação Power Point;
- Artigos para discussão (HAUTANIEMI, 2007 e ANDRADE, 2015);
- Discussão em sala.

Quadro de referências para consulta e elaboração da exposição teórica:

LOPES, N. Aspectos formativos da experiência com questões sociocientíficas no ensino de ciências sob uma perspectiva crítica. Dissertação de Mestrado em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

REIS, P.; GALVÃO, C. Os professores de Ciências naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista electrónica de Enseñanza de la Ciencias*. v. 7, n. 3, p. 746 772, 2008.

SILVA, A. J.; ARAUJO, W. S.; SANTOS, W. L. P. A controvérsia científica como catalisadora de engajamento sociopolítico. *Indagatio Didactica*. v. 8, n. 1, p. 1902 – 1916. 2016

Aula 6: Questões sociocientíficas associadas à identificação humana- Parte II

Objetivos específicos: Estimular a tomada de decisão frente a QSC a partir de conhecimento prévio

Estratégias:

Iniciamos o encontro retomando as discussões da aula anterior e convidando os alunos a participarem de uma dinâmica envolvendo QSC. O material utilizado foi adaptado do livro “O ‘admirável mundo novo’ em discussão” (REIS, 2003) e está disponível a seguir.

Questões sociocientíficas utilizadas no encontro

Situação 1

Imagine que você é um trabalhador da fábrica de plásticos *Plastic*, uma multinacional localizada em Jacarta, Indonésia. Um dia, o diretor da fábrica faz um anúncio aos funcionários.

- Colaboradores, devido a uma reestruturação da fábrica todos os empregados têm que se recandidatar aos seus postos de trabalho. Esta recandidatura inclui a recolha de uma amostra de sangue para a realização de um teste genético que, segundo a direção da empresa, pretende detectar casos de susceptibilidade genética a algumas das substâncias utilizadas na produção dos plásticos.

Assim como você, os demais trabalhadores da fábrica sentem-se indignados e questionam o porquê de tal medida.

- De acordo com vários estudos, a presença de determinados genes aumenta a probabilidade dos seus portadores sofrerem de câncer quando em contato com essas substâncias tóxicas. Esta medida surge para bem dos trabalhadores.

Apesar dessa explicação, você e seus colegas de trabalho consideram que o verdadeiro motivo é a vontade da fábrica reduzir as despesas com cuidados médicos. De fato, esse argumento tem sido utilizado por muitas indústrias para atribuírem a responsabilidade pela doença ao indivíduo geneticamente diferente, e não à poluição no local de trabalho. O governo indonésio vê-se obrigado a aceitar esta medida, pois não quer pôr em causa os 50 000 postos de trabalho da *Plastic*.

- Qual a sua opinião sobre esta medida? Quais as suas consequências para os trabalhadores?

- Considera que as empresas têm o direito de ter acesso ao património genético dos seus funcionários?

Situação 2

Mariana, uma jovem moça, é casada com Marcelo e eles pretendem ter filhos em breve. Ambos realizam um teste genético e descobrem que tanto um quanto o outro possuem o alelo recessivo para fibrose cística. Essa doença possui padrão de herança autossômico recessivo. Mariana e Marcelo conversam para tentar chegar a uma decisão sobre seu futuro e o de sua família.

- Se você estivesse nessa situação, o que faria? Acabaria a relação? Admitiria a possibilidade de casar e ter filhos aceitando a possibilidade de 1 em 4 poder contrair uma doença emocionalmente esgotante, cara de tratar e que, provavelmente, acabaria em morte prematura?

- Se você/sua mulher engravidasse, admitiriam a hipótese de realizar um teste genético no feto e de abortar caso este revelasse a presença dos dois alelos recessivos?

- Na sua opinião, os testes genéticos em recém-nascidos devem ser obrigatórios ou voluntários? Quem deverá ter acesso aos resultados destes testes?

Situação 3

Joaquim Dias trabalha em uma fábrica de alimentos. Um dia, foi encontrado no armazém da fábrica o corpo de um trabalhador esfaqueado. A polícia identifica a vítima: Pedro, grande amigo de Joaquim. As únicas pistas encontradas são alguns pedaços de pele encontrados debaixo das unhas da vítima.

Durante a investigação, os seguranças da fábrica são entrevistados.

- No dia do crime, apenas os trabalhadores se encontravam no interior da fábrica.

Diante disso, a polícia acredita que o assassino é um dos 100 homens que trabalham na fábrica. Com o objetivo de o detectar, a polícia decide efetuar uma análise do DNA dos trabalhadores. Para tal, pretende recolher amostras de saliva com o objetivo de comparar o DNA de cada um dos trabalhadores com o DNA das células da pele encontrada nas unhas da vítima.

Ao se deparar com essas informações sobre a investigação, Joaquim de queixa.

- Desejo fortemente que o culpado seja encontrado e estou disposto a fornecer a amostra de saliva. Isso permitirá detectar o assassino, se todos os colegas cooperarem. Mas a polícia não tem qualquer razão para desconfiar de mim, pois Pedro era um grande amigo meu. Não se fala que todos são inocentes até que se prove o contrário? Nesta situação, parece que a polícia parte da premissa contrária. Além disso, não quero que minha informação genética faça parte de algum banco de dados cuja utilização eu não posso controlar. Isso é uma invasão permanente a minha privacidade!

- Qual seria a sua decisão se estivesse na situação do Joaquim?

- A recolha de elementos de identificação pelo DNA poderia ser feita ao nascer. Você concorda com a criação de bancos de dados com elementos de identificação genética de todos os indivíduos? Em caso afirmativo, quem deveria ter autorização para acessar e utilizar esta informação?

Situação 4

Joana Almeida foi presa recentemente, de maneira preventiva, por ser considerada suspeita da morte de Carla Antunes, que ocorreu há um ano. A investigação ainda corre na justiça. No tribunal, os advogados de acusação e defesa expõem seus argumentos.

- (advogado de acusação) Foram encontradas algumas pistas no local do crime, a casa da vítima. Sugiro a realização de teste de DNA em Joana para comparar com o DNA encontrado nessas pistas.

- (advogado de defesa) Esse teste não será conclusivo! A minha cliente, Joana, era amiga da vítima e visitava frequentemente a sua amiga, partilhando com ela roupas, maquiagem e utensílios como escovas e secador de cabelo. Logo, o seu DNA pode ser facilmente encontrado na cena do crime.

- Deverá a polícia obrigar a Joana a efetuar o teste de DNA?

- Você considera válidos os argumentos apresentados pelo advogado de Joana?

- Qual a sua opinião pessoal sobre a utilização das "impressões digitais de

DICA PARA O PROFESSOR

• Em turmas maiores, o livro ‘O “admirável mundo novo” em discussão (REIS, 2003) apresenta várias outras QSC que podem ser debatidas, para diversificar a discussão e evitar repetições de temas nos grupos.

DNA" em investigação criminal, tendo em conta o fato de não se conhecer com precisão a probabilidade de existirem dois ou mais indivíduos com a mesma sequência específica de DNA?

Em duplas ou trios, cada grupo de alunos recebeu uma situação problema específica que se seguia de perguntas norteadoras para debate. Os alunos deveriam discutir em um movimento de se imaginar vivendo tal realidade, de maneira a tomar uma decisão sobre ela e chegar a um consenso.

Após aproximadamente 20 minutos de atividade, os alunos foram convidados a partilhar com toda a classe suas reflexões, de modo que todos puderam tomar conhecimento de cada uma das situações problema propostas e ampliar a discussão. A dinâmica proposta neste encontro favorece, de maneira lúdica e simulada, uma transposição para o campo da formação de atitudes e valores nos participantes.

Recursos didáticos:

- Dinâmica de grupo: discussão de uma questão sociocientífica;
- Material adaptado do livro: "O 'admirável mundo novo' em discussão" (REIS, 2003).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, G. B.; MARZULLO, M. P.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M. N.; LOBO, J. Estudando uma característica complexa: as impressões digitais. *Genética na Escola*, v. 12, n. 2, 2017 (artigo aceito para publicação).
- ANDRADE, R. O. Violência, medo e preconceito: pesquisadores de várias áreas usam levantamentos históricos e testes de DNA para reaproximar famílias separadas pela hanseníase. *Revista FAPESP*, v. 236, p. 78 – 83, 2015.
- FRANCISCO, R. A.; SILVA, R. H. A.; PEREIRA, J. M.; SOARES, E. G.; MATHEUCCI JUNIOR, E.; IWAMURA, E. S. M. GUIMARÃES, M. A. A antropologia forense como triagem para as análises da genética forense. *Saúde, Ética & Justiça*. v. 18, n. 1, p. 128-33, 2013
- FUNABASHI, K. S.; MONTEIRO, A. C.; DE MORAES, D. A.; ROCHA, M. R.; MOREIRA, P. C. F.; IWAMURA, E. S. M. A importância da identificação humana nos desastres de massa naturais, acidentais ou provocados: uma abordagem multidisciplinar. *Saúde, Ética & Justiça*, v. 14, n. 2, p. 54-64, 2009.
- GARRIDO, R. G. Evolução dos processos de identificação humana: das características antropométricas ao DNA. *Genética na Escola*, v. 05., n. 02, p. 38-40, 2009
- HAUTANIEMI, P. Conectando famílias de construções genéticas: testes de DNA na reunificação da família somali na Finlândia. *Cadernos Pagu*. v. 29, p. 285-303, 2007
- REIS, P. G. R. O “admirável mundo novo” em discussão. Lisboa: Ministério da Educação, 2003.
- SILVA, E. C.; SOUSA, A. S.; BARRETO, E. S.; AARESTRUP, J. R. Estratégias para a identificação humana: do geral ao genoma. *Revista Brasileira de Educação e Saúde*, v. 3, n. 3, p. 46 - 52, 2013.