

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**GENÉTICA E SUAS APLICAÇÕES: IDENTIFICANDO
O TEMA EM DIFERENTES CONTEXTOS
EDUCACIONAIS**

TESE DE DOUTORADO

Daiana Sonogo Temp

Santa Maria, RS, Brasil

2014

GENÉTICA E SUAS APLICAÇÕES: IDENTIFICANDO O TEMA EM DIFERENTES CONTEXTOS EDUCACIONAIS

Daiana Sonogo Temp

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós
Graduação em Educação em Ciências- Química da Vida e Saúde da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutora em Educação em Ciências - Química da Vida e Saúde

Orientadora: Profa. Dra. Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Temp, Daiana Sonogo
Genética e suas aplicações: identificando o tema em diferentes contextos educacionais. / Daiana Sonogo
Temp.-2014.
181 p.; 30cm

Orientadora: Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, RS, 2014

1. Genética 2. Ensino 3. Professores 4. Aluno 5.
Provas de seleção I. Bartholomei-Santos, Marlise Ladvocat
II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Daiana Sonogo Temp. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail: daianatemp@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências - Química
da Vida e Saúde**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova
a Tese de Doutorado**

**GENÉTICA E SUAS APLICAÇÕES: IDENTIFICANDO O TEMA EM
DIFERENTES CONTEXTOS EDUCACIONAIS**

elaborada por
Daiana Sonego Temp

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutora em Educação em Ciências - Química da Vida e Saúde

COMISSÃO EXAMINADORA

**Marlise Ladvoat Bartholomei-Santos, Dra. (UFSM)
(Presidente/ Orientadora)**

Lenira Maria Nunes Sepel, Dra. (UFSM)

Noemi Boer, Dra. (UNIFRA)

Rosane Teresinha Nascimento da Rosa, Dra. (CMSM)

Francele de Abreu Carlan, Dra. (UFPEL)

Santa Maria, 15 de dezembro de 2014.

*Dedico este trabalho a minha família, pessoas
especiais e essenciais na minha vida.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida;

De forma especial, com carinho e eterna gratidão à Professora Marlise pessoa iluminada que acreditou no meu trabalho e proporcionou a conquista deste sonho. Nunca esquecerei das suas orientações e carinho demonstrados.

À Direção do Colégio Cilon Rosa, aos colegas e alunos participantes da pesquisa.

Ao Comando do Colégio Militar de Santa Maria, em especial à Seção 6º Ano.

Aos professores e alunos participantes da pesquisa.

Às Professoras componentes da Banca- Francele, Lenira, Noemi e Rosane- pelo carinho e respeito na leitura e orientações relativas à Tese.

À Colega e Amiga Elenize por acompanhar, incentivar e acreditar no meu trabalho. As minhas madrinha Dada e Zeti.

A minha irmã Daniela pessoa presente em todos os momentos.

Com muito amor agradeço a minha Mãe Maria e meu Pai Gercí: pessoas que lutaram para que suas filhas conquistassem seus sonhos; presença essencial na minha vida, na vida e crescimento dos meus filhos. Pai e Mãe, sem vocês esta conquista não seria possível.

Ao meu marido Haury companheiro em todas as horas. Obrigada pelo carinho, confiança e amor demonstrados em todos os momentos.

Aos meus maiores tesouros: meus filhos Matheus, Gabriel e Ana Júlia. Saibam que esta conquista é também para vocês. Obrigada por compreenderem os muitos momentos de ausência. Amo vocês!

“Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Ascender à Ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado”.

Gaston Bachelard

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências - Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

GENÉTICA E SUAS APLICAÇÕES: IDENTIFICANDO O TEMA EM DIFERENTES CONTEXTOS DE ENSINO

Autora: Daiana Sonogo Temp

Orientadora: Profa. Dra. Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos

Local e data da defesa: Santa Maria, 15 de dezembro de 2014.

A Genética, subárea da Biologia, é de grande importância para o estudo e compreensão da diversidade, hereditariedade e evolução dos seres vivos. O entendimento significativo desta subárea, com suas correlações e aplicações, permite que o indivíduo atue na sociedade de forma crítica. O objetivo principal deste estudo foi reconhecer como o conteúdo de Genética e suas aplicações são explorados em diferentes situações de ensino. Esta pesquisa teve como enfoque uma abordagem quanti-qualitativa, utilizando como instrumentos de coleta testes compostos por exercícios enfocando Genética, relações e aplicações com os alunos do ensino médio e do ensino superior, questionário aplicado aos professores e análise documental. Participaram da pesquisa estudantes concluintes do ensino médio nos anos de 2013 e 2014 em duas escolas, escolhidos porque estudaram Genética há um ano, no mínimo; estudantes universitários iniciantes matriculados em cursos que contemplam a área Biológica, no primeiro ou segundo semestre do ano de 2012; além de professores de Biologia de escolas públicas e particulares localizadas na cidade de Santa Maria, RS, Brasil no segundo semestre de 2013. Também foi feita a análise de provas de seleção para ingresso em Instituições de Ensino Superior Brasileiras e Exame nacional do Ensino Médio (ENEM) no período de 2009 a 2013. Os resultados mostraram que os alunos, iniciantes na universidade ou concluintes do ensino médio, não apresentaram conhecimento significativo relacionado à Genética e suas aplicações. As principais dificuldades estão relacionadas ao entendimento da tríade genes-cromossomos-DNA, à falta de interrelacionamento entre conteúdos estudados em anos anteriores e à utilização de regras matemáticas para probabilidades e cálculos envolvendo frações. Os alunos apresentaram concepções errôneas relacionadas aos conceitos de código genético e genoma, relação entre número de cromossomos e moléculas de DNA, presença de tipos diferentes de DNA de acordo com o tipo celular no mesmo indivíduo, confusão entre os conceitos de organismos transgênicos e geneticamente modificados. As provas de seleção analisadas apresentaram um modelo que preza pela correlação de diferentes conteúdos, mas normalmente voltadas aos conteúdos de Genética básica em detrimento de temas relacionados às aplicações da Genética. Os professores, por sua vez, consideraram que os conteúdos de Genética básica são essenciais para a formação dos indivíduos e que a dificuldade em aprender Genética está relacionada ao excesso de conceitos, conteúdo abstrato, além da correlação entre conteúdos, como ácidos nucleicos, e entre disciplinas, principalmente Matemática e Química. A partir dos resultados foi desenvolvido um caderno didático composto por modelos didáticos e materiais auxiliares para o ensino de Genética.

Palavras-chave: Genética. Ensino. Professores. Aluno. Provas de seleção.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências - Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

GENETICS AND ITS APPLICATIONS: IDENTIFYING THE MATTER IN DIFFERENT TEACHING CONTEXTS

Author: Daiana Sonogo Temp
Advisor: Profa. Dra. Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos
Defense Place and Date: Santa Maria, December, 15th, 2014.

Genetics, a subarea within Biology, has a major importance for the study and comprehension of diversity, heredity and biological evolution. A significant understanding of this subarea, with its correlations and applications, allows that individuals perform in a critical way in the society. This study aimed to recognize how the contents of Genetics and its applications are explored in different teaching situations. This research had a quali-quantitative approach, using for data collection instruments as tests composed by exercises focusing on Genetics and its relationships/applications applied to High School students and University students, a questionnaire applied to teachers, and documental analysis. The participants in the study were High School senior students in the years of 2013 and 2014 from two schools, chosen because they had studied Genetics at least one year before, University freshman enrolled in courses within the Biological Area, in the first or second semester in 2012; and also Biology teachers from public and private schools located in the town of Santa Maria, Rio Grande do Sul state, Brazil. Admission exams for entering High Education in Brazil in the period from 2009 to 2013 were also analyzed. Results showed that students, both High School seniors and University freshmen, did not present a significant knowledge related to Genetics and its applications. The main difficulties are related to the understanding of the triad genes-chromosomes-DNA, lacking of inter-relationships among contents previously studied and utilization of math rules for probabilities and calculations involving fractions. Students presented misconceptions related to the concepts of genetic code and genome, relationship between number of chromosomes and DNA molecules, presence of different DNA molecules in different cell types in a single individual, confusion between the concepts of transgenic and genetic modified organisms. The admission exams presented a model favoring the correlation among different contents, but usually toward basic Genetics to the detriment of subjects related to the applications of Genetics. Teachers, on the other hand, considered that the basic contents of Genetics are essential to the individual formation and that the difficulty in learning Genetics is related to the excess of concepts, abstract content, besides correlation between contents, as nucleic acids, and to other matters, mainly Mathematics and Chemistry. Based on the results we developed a didactic booklet containing models and auxiliary teaching resources in Genetics.

Keywords: Genetics. Teaching. Teachers. Students. Admission exams.

LISTA DE FIGURAS

REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1 – Esquema da trajetória do Saber na Transposição Didática.....36

Figura 1 – Representação da interação do subsunçor com o novo conceito originando uma nova informação.44

ARTIGO 3: Reconhecendo e comparando concepções de professores e alunos sobre Genética

Figura 1: Conhecimentos que os alunos devem apresentar após um ano de o conteúdo ser trabalhado na escola segundo os professores pesquisados 106

ARTIGO 4: Genética e ingresso nas universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos?

Figura 1: Frequência (em porcentagem) das categorias estudadas no 1º. Ano do EM em relação ao total de questões de Genética presentes nas provas analisadas 128

Figura 2: Frequência absoluta das quatro habilidades encontradas para a resolução das questões de Genética nas provas analisadas no período de 2009 a 2013..... 129

ARTIGO 5: Brincando, construindo e aprendendo: a produção e melanina como exemplo de herança

Figura 1: Via biossintética da melanina 148

Figura 2: Cromossomo 11 apresentando a localização do gene que contém a informação para a produção da enzima tirosinase 148

Figura 3: Representação de aminoácidos com o uso de pedras coloridas 150

Figura 4: Segmentos do alelo da tirosinase, mostrando as fitas codificadora (superior) e molde (inferior) e as ligações entre os nucleotídeos. 151

Figura 5: Segmento do RNA mensageiro transcrito a partir da fita molde de DNA. (A) RNA mensageiro normal. (B) RNA mensageiro contendo inserção de uma citosina 151

Figura 6: Representação da estrutura primária de uma região da enzima tirosinase ativa (A) e inativa (B) mostrando a diferença na sequência de alguns aminoácidos	151
Figura 7: Representação da estrutura terciária da enzima tirosinase funcional (A) e inativa (B)	152
Figura 8: Frascos simulando os alelos A e a e a molécula de O ₂	153
Figura 9: Bonecos confeccionados com E.V.A. representando o fenótipo normal e albino	154
Figura 10: Tubo de ensaio com água simulando o aminoácido tirosina	155
Figura 11: Simulação da reação tirosina + tirosinase em indivíduos com genótipo AA (A) e Aa (B)	155
Figura 12: Produto da reação tirosina + tirosinase originando DOPA.....	156
Figura 13: Simulando a reação DOPA + tirosinase em indivíduos AA (A) e Aa (B)	156
Figura 14: Produto da reação DOPA+ tirosinase originando DOPAQUINONA	157
Figura 15: Reação da DOPAQUINONA + O ₂ produzindo o pigmento melanina	157
Figura 16: Sequência das reações que levam á produção da melanina em indivíduos AA e Aa.....	158
Figura 17: Sequência das reações em indivíduos aa, onde não ocorre formação de melanina	158

DISCUSSÃO

Figura 1: Mapa conceitual representando os principais resultados encontrados nas pesquisas que originaram a presente tese de Doutorado	162
Figura 2: Mapa conceitual apresentando os pontos não contemplados pelo discurso dos professores em relação às concepções dos alunos e provas de seleção.....	164

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1: Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento entre concluintes do Ensino Médio

- Tabela 1: Frequências absolutas e relativas dos tipos de respostas dos alunos com relação aos conhecimentos em Genética na categoria nível celular56
- Tabela 2: Frequências absolutas e relativas dos tipos de respostas dos alunos com relação aos conhecimentos em Genética na categoria aplicações da Genética59

ARTIGO 2: Identificando o conhecimento de Genética entre alunos ingressantes na universidade

- Tabela 1: Temas abordados nas questões apresentadas aos participantes da pesquisa, conhecimento necessário para responder corretamente as questões e porcentagem de respostas corretas e erradas para cada questão.....87

ARTIGO 3: Reconhecendo e comparando concepções de professores e alunos sobre Genética

- Tabela 1: Categorias definidas pelas pesquisadoras após a análise das respostas dadas às questões D1(definição de aprendizagem em Genética) pelos professores participantes da pesquisa 102
- Tabela 2: Categorias e subcategorias que surgiram a partir das respostas dos professores na questão D2 bem como o número de vezes que cada subcategoria foi citada..... 103
- Tabela 3: Respostas dos professores na questão D3 sobre a dificuldade em aprender Genética..... 104
- Tabela 4: Categorias que emergiram a partir das respostas dos professores na questão D5 sobre a importância do aprendizado de Genética 105
- Tabela 5: Afirmativas constantes nos teste de V ou F aplicado aos alunos concluintes do Ensino Médio, respostas consideradas corretas e quantidade de acertos e erros 107

ARTIGO 4: Genética e ingresso nas universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos?

- Tabela 1: Número de questões e sua frequência, em cada categoria, dos temas de Genética nas provas de diferentes vestibulares e ENEM no período de 2009 a 2013..... 127

LISTA DE QUADROS

ARTIGO 1: Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento entre conluentes do Ensino Médio

Quadro 1: Temas presentes nas 12 questões formadoras do teste utilizado com os alunos do terceiro ano do EM nas duas escolas55

ARTIGO 3: Reconhecendo e comparando concepções de professores e alunos sobre Genética

Quadro 1: Categorização da amostra de professores que responderam a pesquisa101

ARTIGO 4: Genética e ingresso nas universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos?

Quadro 1: Instituições escolhidas para análise das provas de Biologia, conteúdo de Genética, correlações e habilidades.....125

Quadro 2: Categorização dos conteúdos de Genética e suas correlações abordados em questões de vestibular de seis IES e do ENEM no período de 2009 a 2013126

Quadro 3: Habilidades necessárias para responder as questões analisadas128

ARTIGO 5: Brincando, construindo e aprendendo: a produção e melanina como exemplo de herança

Quadro 1: Sequência de nucleotídeos de um segmento do alelo normal e do alelo mutante para a produção de tirosinase e dos respectivos trechos transcritos em RNAs mensageiros e traduzidos em proteínas, e número de aminoácidos presentes nas proteínas codificadas, de acordo com Tomita et al. (1989).....149

Quadro 2. Comparação entre os conjuntos de modelos150

DISCUSSÃO

Quadro 1: Contradições encontradas nas respostas fornecidas pelos professores participantes da pesquisa163

LISTA DE SIGLAS

AC: Alfabetização Científica
AS: Aprendizagem Significativa
CCNE: Centro de Ciências Naturais e Exatas
DCN: Diretrizes Curriculares Nacionais
DNA: Ácido Desoxirribonucleico
EB: Educação Básica
EF: Ensino Fundamental
EM: Ensino Médio
ENEBIO: Encontro Nacional de Ensino de Biologia
ENEM: Exame Nacional do Ensino Médio
EREBIO: Encontro Regional dos Ensino de Biologia
ES: Ensino Superior
FUVEST: Fundação Universitária para o Vestibular
IES: Instituição de Ensino Superior
JAI: Jornada Acadêmica Integrada
LDBEN: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MC: Mudança Conceitual
OCA: Albinismo Oculocutâneo
OGM: Organismos Geneticamente Modificados
PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais
RNA: Ácido Ribonucleico
RNAm: RNA mensageiro
RS: Rio Grande do Sul
TD: Transposição Didática
UFBA: Universidade Federal da Bahia
UFPA: Universidade Federal do Pará
UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSM: Universidade Federal de Santa Maria
UNB: Universidade de Brasília
USP: Universidade de São Paulo

LISTA DE APÊNDICES

ARTIGO 1: Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento entre concluintes do Ensino Médio

Apêndice 1: Teste realizado com os alunos.....78

ARTIGO 2: Identificando o conhecimento de Genética entre alunos ingressantes na universidade

Apêndice1: Teste realizado com os alunos.....94

ARTIGO 3: Reconhecendo e comparando concepções de professores e alunos sobre Genética

Apêndice 1: Instrumento de coleta de dados com os professores 119

Apêndice 2: Instrumento de pesquisa utilizado com os alunos..... 121

ARTIGO 4: Genética e ingresso nas universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos?

Apêndice 1: Quadro completo referente à análise das provas de seleção para ingresso nas IES e ENEM analisadas no período de 2009 a 2013.... 136

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
1.1 Objetivos	31
1.1.1 Objetivo geral	31
1.1.2 Objetivos específicos.....	31
2 REFERENCIAL TEÓRICO	33
2.1 Transposição Didática (TD)	33
2.2 Alfabetização Científica (AC)	37
2.3 Mudança Conceitual (MC)	40
2.4 Aprendizagem Significativa (AS)	43
2.5 Aplicações das Teorias de Transposição Didática, Mudança Conceitual, Aprendizagem Significativa e Alfabetização Científica	46
3 RESULTADOS	49
3.1 Artigo 1: Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do Ensino Médio	50
Resumo.....	51
Abstract.....	51
1 INTRODUÇÃO	52
2 METODOLOGIA	54
3 RESULTADOS.....	55
4 DISCUSSÃO	62
5 CONCLUSÕES	73
6 REFERÊNCIAS.....	74
3.2 Artigo 2: Identificando o conhecimento de Genética entre alunos ingressantes na universidade	82
RESUMO	83
1 INTRODUÇÃO	83
2 METODOLOGIA	86
3 RESULTADOS.....	87
4 DISCUSSÃO	88
5 CONCLUSÕES	91
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
3.3 Artigo 3: Reconhecendo e comparando concepções de alunos e professores sobre Genética	97
Resumo.....	98
Abstract.....	98
1 INTRODUÇÃO	99
2 METODOLOGIA	101
2.1 Participantes da pesquisa	101
3 RESULTADOS.....	102
4 DISCUSSÃO	108
5 CONCLUSÕES	114
6 REFERÊNCIAS.....	115
APÊNDICE 1 – Instrumento de coleta de dados com os professores.....	119
3.4 Artigo 4: Genética e ingresso nas universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos?	122

Resumo	123
Abstract	123
1 INTRODUÇÃO	123
2 METODOLOGIA.....	125
3 RESULTADOS	126
4 DISCUSSÃO	129
5 CONCLUSÕES	132
6 REFERÊNCIAS.....	133
3.5 Trabalho Apresentado: Resumo Expandido: Tabuleiro de genética: resolvendo exercícios de herança e heredogramas.....	141
1 INTRODUÇÃO	142
2 REFERENCIAL TEÓRICO	142
3 METODOLOGIA.....	143
4 REFERÊNCIAS.....	144
3.6 Artigo 5: Brincando, construindo e aprendendo: a produção da melanina como modelo de herança	146
1 INTRODUÇÃO	147
2 MODELOS DIDÁTICOS	149
3 REFERÊNCIAS.....	159
4 DISCUSSÃO	161
5 CONCLUSÕES	171
6 PERSPECTIVAS	173
REFERÊNCIAS	175

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Biologia, nas suas diferentes subáreas, se relaciona ao aprendizado de inúmeros conceitos. Em especial, temos na Genética um campo de estudo singular, pois apresenta importância no desenvolvimento de processos humanos e se destaca em relação aos diferentes estudos da área de Biologia (MARRERO e MAESTRELLI, 2001; GERCKE, 2007).

O ensino de Genética está alicerçado na aprendizagem de diversos conceitos. Estes, na maioria, são abstratos e dificultam a sua compreensão e aprendizagem (MARTINEZ *et al*, 2008.). Ensinar Genética é um desafio, pois esta vem sendo desenvolvida de forma fragmentada dificultando a compreensão significativa dos temas pelos alunos (GOLDBACH, 2011).

Entre as principais barreiras encontradas nesta subárea estão a dificuldade em relacionar os conceitos de gene, alelos e cromossomos e a função desses componentes na hereditariedade das características de um organismo (CARDOSO *et al.*, 2010). A pesquisa de Cantiello e Trivelato (2001) com provas de vestibular da Fundação Universitária para o Vestibular (FUVEST) identificou que as questões de Genética apresentam menor número de acertos quando comparadas às outras subáreas da Biologia.

Devido aos fatores citados a Genética é considerada por diferentes autores como a subárea da Biologia que apresenta maiores dificuldades para a consolidação da aprendizagem (AMORIM, 1997; MOREIRA e SILVA, 2001; CASTELÃO e AMABIS, 2008; BARBOSA, 2008; KLAUTAU *et al.* 2009; GERCKE, 2007; KOVALESKI e ARAÚJO, 2013).

Considera-se que compreender Genética é de fundamental importância no momento em que vivemos e atuamos em uma sociedade movida por inovações científicas e tecnológicas que permeiam nossas vidas. Podemos exemplificar esta importância no momento que realizamos uma visita ao supermercado. Vários produtos apresentam em seus rótulos conceitos relacionados à aplicação da Genética: salgadinhos produzidos com milho transgênico, xampus e cremes compostos por DNA de origem vegetal, refrigerantes com advertência para fenilcetonúricos, entre outros (BEZERRA e GOULART, 2013).

Indivíduos portadores de diabetes tipo I têm, em alguns grupos de bactérias geneticamente modificadas, aliadas para a produção de insulina. Pesquisa de Pedrancini *et al.* (2008) mostrou que alunos do Ensino Médio (EM) não reconhecem a importância da biotecnologia (Genética aplicada) relacionada à manipulação de bactérias para a produção de insulina humana.

Laboratórios especializados selecionam embriões livres de determinadas anomalias Genéticas e pessoas procuram aconselhamento genético para serem orientadas e decidirem se terão filhos sujeitos a nascerem com anomalias (BONZANINI, 2011; ZATZ, 2012). A tecnologia molecular desvendou como os genes funcionam, proporcionou a pesquisa com células-tronco, iniciou processos de terapia gênica e criou um vocabulário de conceitos que se tornaram familiares (CANTISANI *et al.*, 2008; PEDRANCINI *et al.*, 2007). Na saúde e bioética encontramos mais exemplos. Quantas vezes os testes de paternidade (teste de DNA) já foram motivo de discórdia em programas de televisão e telenovelas?

Todos nós, de uma forma ou outra estamos ligados a esta subárea do conhecimento que teve suas bases fundadas, em 1865, por um monge conhecido por Gregor Mendel (LANNES *et al.*, 2005).

Diferentes trabalhos têm mostrado que o conhecimento apresentado população não é suficiente para que sejam compreendidas a importância e aplicabilidade da Genética na sociedade (LORETO e SEPEL, 2003; CANTISANI *et al.*, 2008). Pesquisas na área de ensino de Genética apontam que os alunos concluintes do EM não sabem conceitos básicos como a relação gene-cromossomo-DNA e a finalidade dos processos de mitose e meiose (SCHEID e FERRARI, 2006; BARBA, 2011).

É interessante salientar que, na maioria destas pesquisas, os entrevistados haviam concluído o Ensino Médio (EM) ou cursavam o Ensino Superior (ES). A partir destes resultados podemos inferir que os conhecimentos escolares não são suficientes para que os indivíduos possam refletir e analisar questões extraescolares (PEDRANCINI *et al.*, 2008). Os alunos, no modelo atual de sociedade tecnológica, se interessam menos pelos conteúdos, reduzindo a aprendizagem e levando à formação de concepções errôneas (POZO e GOMEZ-CRESPO, 2001).

Existe falha em algum momento da escolarização básica que não consegue formar cidadãos alfabetizados cientificamente. Alfabetizar cientificamente significa conectar a teoria científica com a vida e reconhecer os processos químicos, físicos e

biológicos no mundo ao seu redor (KIM e IRVING, 2010). A principal função da escola é auxiliar o indivíduo a compreender um conceito, estruturá-lo e contextualizá-lo nos momentos diários (TAVARES, 2007).

A alfabetização científica é necessária para (DRIVER *et al.*, 1999):

- a) Tornar a Ciência acessível aos cidadãos;
- b) Reorientar o ensino de Ciências também para futuros cientistas;
- c) Modificar concepções errôneas da Ciência frequentemente aceitas e difundidas;
- d) Tornar possível a aprendizagem significativa de conceitos.

Em diferentes momentos da formação o cidadão é exposto a conceitos sobre as aplicações da Genética, seja na família, na leitura de revistas e jornais, por meio eletrônico e na escola. Mesmo que a informação possa ser encontrada em diferentes fontes, o professor deve promover a transposição didática do conhecimento científico para o aluno.

A mídia influencia, geralmente, de forma negativa para a construção de conceitos relacionados à Genética e suas aplicações (MORENO, 2007). Este conhecimento deve permitir que, em uma sociedade informada, os cidadãos compreendam, em nível básico, os avanços da investigação e da importância desta subárea de estudo (AYUSO e BANET, 2002).

Contudo, as pesquisas mostram que a escola está falhando na função de formar indivíduos com conhecimento adequado em relação à Genética (XAVIER *et al.*, 2006). Diversos fatores podem estar relacionados, como pouco tempo disponível para o ensino de Genética, a presença de currículo voltado aos exames de seleção para ingresso em universidades, a não utilização de materiais didáticos que facilitam a aprendizagem (*sites* especializados, jogos e modelos didáticos), a ausência de formação continuada dos professores, a existência de concepções errôneas (por alunos e professores) e o desinteresse dos alunos pelas aulas que dificultam a formação de um conhecimento científico (DOLAN *et al.*, 2004; FREITAS e SILVA, 2005; CID e NETO, 2005; ALVES e CALDEIRA, 2005; SCHEID e FERRARI, 2006). Os programas curriculares sobrecarregados aliados ao pouco tempo para o ensino, implicam na escolha por conteúdos pouco interligados em prejuízo dos debates com significado na vida diária (SILVA e SILVA, 2012).

Um problema relacionado ao processo de ensino é

[...] os professores apresentam aos alunos conhecimentos que estes supostamente devem saber. Os alunos copiam tais conhecimentos como se fossem informações que têm que ser memorizadas, reproduzidas nas avaliações e depois esquecidas. Esta é a forma clássica de aprender baseada na narrativa do professor e na aprendizagem mecânica do aluno (MOREIRA, 2011 b, p. 43).

O aprendizado ocorre, normalmente, quando o aluno atribui algum significado ao que está aprendendo, caso contrário a aprendizagem é memorística, limitando-se a uma repetição de conteúdos (ZOMPERO e LABURÚ, 2010). O conhecimento científico abordado de forma não fragmentada pode contribuir para uma sólida compreensão em relação aos limites e aplicações do avanço científico (JUSTINA, 2001).

Assim, é papel da instituição escolar, na figura do professor, rever sua forma de ensino e buscar alternativas que levem à formação de uma sociedade cientificamente informada (BUENO, 2001), pois é necessário que a simples memorização da palavra seja ultrapassada (CORAZZA-NUNES *et al.*, 2006). Há necessidade de educar para uma cidadania responsável por meio de uma alfabetização que contemple uma formação científica (ALVES e CALDEIRA, 2005; PEDRANCINI *et al.*, 2008). As metodologias didáticas que tornam os alunos parte do processo educativo são importantes para a consolidação da aprendizagem conforme é salientado na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) (BRASIL, 1996).

Diferentes documentos que orientam o ensino no país (BRASIL, 2000; BRASIL, 2002; BRASIL, 2006) ou regulam o ensino (BRASIL, 2013), enfatizam que o ensino de Genética deve ser realizado com o objetivo de inserir o educando no mundo das aplicações da Genética, fazendo-os compreender o DNA como a molécula da vida. As orientações destes documentos têm o objetivo de “promover o desenvolvimento de competências e habilidades para que o aluno do EM possa ser um cidadão crítico, participativo e seguro ao tomar decisões que irão trazer consequências não só para sua vida, mas também para o futuro do país e do mundo” (BRASIL, 2000).

As implicações do ensino de Genética suscitaram questões que levaram ao desenvolvimento desta pesquisa, tendo como questão norteadora: ***Os processos de ensino, as avaliações utilizadas pelas Instituições de Ensino Superior e Exame Nacional do Ensino Médio e a visão dos professores em relação aos***

conhecimentos de Genética e suas aplicações estão interligados para que ocorra a efetiva construção do conhecimento entre estudantes concluintes do Ensino Médio e Universitários?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Compreender como os conceitos envolvidos no estudo da subárea da Genética são explorados em diferentes situações do processo educacional envolvendo alunos com diferentes níveis de escolaridade, professores de Biologia e exames de seleção para universidades públicas brasileiras.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Identificar se estudantes concluintes do Ensino Médio apresentam conhecimento significativo relacionado à Genética e suas aplicações;
- b) Reconhecer se estudantes ingressantes na universidade e matriculados em cursos da área Biológica numa universidade pública brasileira apresentam conhecimento de Genética compatível com o esperado para egressos do Ensino Médio;
- c) Analisar as concepções que professores de Biologia têm em relação ao processo de ensino e aprendizagem de Genética, suas aplicações e relações confrontando este discurso com as concepções em Genética apresentadas por alunos concluintes do Ensino Médio;
- d) Verificar quais conteúdos de Genética e habilidades são explorados com maior frequência em exames de seleção para o ingresso em universidades públicas brasileiras e no Exame Nacional do Ensino Médio;
- e) Desenvolver um Caderno Didático composto por práticas, modelos didáticos e materiais alternativos que auxiliem professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem de Genética.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de ensino e aprendizagem de Ciências é permeado por diferentes práticas pedagógicas que se interligam e se complementam na busca pela formação de indivíduos aptos a participarem de discussões que envolvam o conhecimento científico e diferentes aplicações da Ciência.

O entendimento de Teorias como Transposição Didática (TD), Alfabetização Científica (AC), Mudança Conceitual (MC) e Aprendizagem Significativa (AS) é necessário para que o objetivo do ensino de Ciências e Biologia seja alcançado: auxiliar na formação científica dos educandos.

2.1 Transposição Didática (TD)

O conceito de TD é definido por Chevallard (1991) como

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática. (CHEVALLARD, 1991, p.39).

O saber científico, na sua forma natural, normalmente apresenta linguagem e formato incompatíveis com o saber a ser ensinado na sala de aula. Assim, este saber científico deve ser adaptado de forma que se torne acessível aos professores e alunos.

Para que esta TD aconteça o professor precisa utilizar metodologias que favoreçam esta transformação do saber sábio (saber científico) ao saber ensinado (saber escolar). Neste processo três diferentes atores estão interrelacionados: o saber, o professor e o aluno. A escola constitui o espaço privilegiado para a transmissão da cultura universal e dos saberes escolhidos como importantes para a inserção na sociedade (COBERN, 1996).

O processo de TD ocorre quando (CARVALHO, 2010):

- a) O conteúdo é selecionado ou recortado de acordo com o que o professor considera importante;
- b) Alguns fatos ou temas são mais enfatizados, reforçados ou diminuídos;

- c) O conhecimento é dividido para facilitar a sua compreensão e depois o professor volta a restabelecer a ligação entre aquilo que foi dividido;
- d) Distribui-se o conteúdo no tempo para organizar uma sequência, um ordenamento, uma ordem linear ou não linear de relações;
- e) Determina-se uma forma de apresentar o conteúdo por meio de textos, gráficos, entre outros recursos.

O professor recebe o conhecimento científico (saber sábio) parcialmente transformado por meio dos livros didáticos que trazem o conhecimento em um formato diferencial cabendo ao professor transpor este conhecimento ao aluno (ALMOULOU, 2011).

Na visão de Carvalho (2010), para que a TD seja eficiente o professor deve:

- f) Saber fazer recortes na sua área de especialidade;
- g) Saber selecionar os aspectos mais relevantes;
- h) Dominar o conhecimento em questão;
- i) Relacionar o conhecimento com outras áreas;
- j) Saber contextualizar o conhecimento;
- k) Dominar estratégias de ensino eficazes para organizar situações de aprendizagem.

O professor precisa compreender que a TD não visa a alteração do conteúdo, mas

[...] criar um caminho mais curto para o aluno construir seus conhecimentos. O trabalho do professor seria semelhante ao inverso do trabalho do pesquisador. O professor deve construir situações-problema em que o conhecimento apontado seja recontextualizado e repersonalizado em vista de se tornar um conhecimento do aluno, ou seja, uma resposta mais natural às condições indispensáveis para que esse conhecimento tenha um sentido (ALMOULOU, 2011, p. 195).

O conteúdo de Biologia é considerado, por muitos alunos apenas como um processo de memorização de conceitos que não apresentam interação nem utilidade na sua vida cotidiana. Nascimento (2013) demonstra esta situação utilizando como exemplo o ensino da meiose.

Os alunos têm a impressão mais duradoura a respeito da meiose de que é uma sucessão de quadros com diferentes posições de cromossomos, que culmina com a formação de quatro células que possuem a metade do número de cromossomos da célula mãe. Tal visão é reforçada, inclusive, pela maneira como a meiose é, de forma resumida, definida na maioria dos livros didáticos: tipo de divisão celular em que uma célula dá origem a

quatro células com a metade do número de cromossomos da célula original (NASCIMENTO, 2013, p.18).

Os alunos não fazem a relação do processo de meiose com as aplicações da Genética. Não há compreensão de que o processo de meiose é responsável pela formação de gametas que originarão novos seres vivos.

É importante que o saber a ser ensinado apresente interações com outros saberes tornando a sua aprendizagem facilitada para o aluno. Desta forma, o conhecimento científico passa a ter lugar de destaque na vida do estudante que consegue transpor o conhecimento aprendido na escola para sua vida. Visões empobrecidas e distorcidas da Ciência criam o desinteresse e a rejeição de muitos estudantes e acabam se convertendo em um obstáculo epistemológico (CACHAPUZ *et al.*, 2011). Bachelard (1996) define que como obstáculo epistemológico todos os fatores que impedem a transformação do conhecimento não científico em conhecimento científico, como a presença de concepções prévias.

A TD é responsável pela concretização do currículo estabelecido, pois os objetos do conhecimento científico (saber científico) ao se inserirem no contexto escolar se transformam em objetos de ensino, ou seja, um conteúdo em um formato a ser ensinado (MIGLIO e TERÁN, 2001). Selbach (2010) salienta que “aprender é se informar e, dependendo da natureza da informação pode ser transformar” (p.19).

Chevallard (1991) explica que o processo de TD inicia por um grupo invisível pensante, nomeado noosfera, formado por especialistas vinculados à Educação, como universidades, professores, técnicos, especialistas que escolhem qual saber deve ser ensinado e a forma como estes saberes chegam às escolas, neste caso o livro didático.

A Figura 1 apresenta o caminho percorrido pelo saber científico até se tornar um saber a ser ensinado.

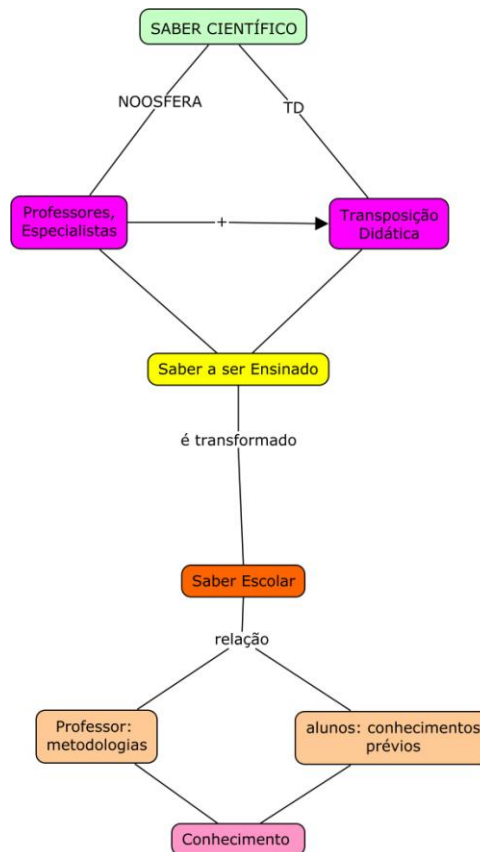


Figura 2 – Esquema da trajetória do Saber na Transposição Didática.

Fonte: Adaptado de Matos Filho et al., 2010, p. 1193.

Ao se analisar a Figura 1 é possível visualizar que os professores a partir de seu contato com o aluno são os grandes canais de comunicação com o mesmo. Cabe ao professor utilizar metodologias adequadas que promovam a aproximação do saber científico com o saber escolar em relação aos temas escolhidos pela noosfera como essenciais para a formação do aluno.

É importante que os conceitos e modelos de TD sejam trabalhados com licenciandos, futuros professores, para que cheguem às escolas compreendendo a importância da busca por metodologias que facilitem a TD e, ao mesmo tempo, levem à formação de uma Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1980).

Professores em atuação devem procurar se apropriar e compreender o conceitos relacionados às diferentes teorias que dão suporte ao processo de ensino. É necessária a criação de espaços para formação continuada e discussão nos quais estes docentes tenham acesso a conhecimentos teóricos importantes para o ensino de Ciências.

2.2 Alfabetização Científica (AC)

Alfabetização Científica tem como objetivo levar à população as informações decorrentes do avanço e aplicações da Ciência. É a conversão da educação científica para uma educação geral a todos os estudantes (CACHAPUZ e GIL-PÉREZ, 2011). Alfabetizar cientificamente é apresentar a capacidade de ler, compreender e expressar opiniões sobre ciências e tecnologias (KRASILCHICK e MARANDINO, 2004).

Chassot (2003) define AC como “um conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem” (p. 90).

Norris e Phillips (2003) identificaram os seguintes significados para a AC:

- a) Conhecimento do conteúdo científico e habilidade em distinguir Ciência de não Ciência;
- b) Compreensão da Ciência e suas aplicações;
- c) Compreensão do que vem a ser Ciência;
- d) Habilidade para pensar cientificamente;
- e) Habilidade de usar o conhecimento científico na solução de problemas;
- f) Conhecimento necessário para participação inteligente em questões sociais relativas à Ciência;
- g) Conhecimento dos riscos e benefícios da Ciência.

A Genética é uma subárea das Ciências que ganhou destaque nas últimas décadas devido ao desenvolvimento de técnicas utilizadas em diferentes áreas do conhecimento (JUSTINA e FERRARI, 2010). Torna-se necessário que os alunos sejam conhecedores destas tecnologias para que possam opinar e realizar escolhas. Podemos citar como exemplo os alimentos transgênicos comprados, diariamente, nos mercados em que muitas pessoas não têm ideia das tecnologias empregadas para a produção deste tipo de alimento (SASSERON e CARVALHO, 2011). Quando questionadas quanto ao seu posicionamento em relação a este tipo de alimento não apresentam o conhecimento científico necessário à argumentação, ou seja, faltam-lhes o conhecimento técnico adequado para a tomada de decisão.

Uma pessoa para ser considerada alfabetizada cientificamente precisa

[...] ter conhecimento das relações entre Ciência e Sociedade, saber sobre a ética que monitora os cientistas, conhecer a natureza da Ciência, diferenciar Ciência de Tecnologia, possuir conhecimento sobre conceitos básicos das

Ciências e, por fim, perceber e entender as relações entre as Ciências e as humanidades (SASSERON e CARVALHO, 2011, p. 62).

A AC pode ser dividida em cinco estágios (SCODINO e GOÉS, 2013):

- a) Nominal: o aluno já ouviu falar no termo específico em questão, mas não sabe defini-lo;
- b) Funcional: o aluno sabe definir os termos científicos, mas não conhece o significado;
- c) Conceitual: o aluno define o termo, se apropria do significado, mas não estabelece relações destes termos com o cotidiano;
- d) Procedimental: o aluno define termos científicos e faz correlações para resolver questões do cotidiano, mas restringe este processo a uma área da Ciência;
- e) Multidimensional: é o estágio final da AC. O aluno é capaz de mobilizar conhecimentos de diferentes disciplinas que já domina em nível procedimental para resolver problemas do cotidiano.

O Quadro 1 exemplifica estas cinco fases levando em consideração conteúdos de Genética.

Fase	Exemplo
1	Nominal O aluno já escutou a palavra transgênico, mas não compreende o seu significado.
2	Funcional O aluno compreende que transgênicos são organismos que apresentam sequências gênicas de interesse provenientes de outras espécies, porém, não sabe explicar, com suas palavras, o conceito.
3	Conceitual O aluno explica a formação do transgênico, mas não aplica o conhecimento ao cotidiano. Por exemplo, não compra salgadinho com milho transgênico porque acredita que possa fazer mal à saúde.
4	Procedimental O aluno compreende que o milho transgênico apresenta uma sequência genética desejada oriunda de outra espécie. Entende que este DNA transgênico não irá afetar nem se misturar com o seu DNA.
5	Multidimensional O aluno entende que os alimentos transgênicos, na maioria, foram criados com o objetivo de aumentar a produção de alimentos e diminuir o uso de agrotóxicos nas lavouras. Consegue relacionar Biologia, Agricultura, Economia e Saúde.

Quadro 1 – As cinco fases da AC segundo Scodino e Góes (2013) utilizando como exemplo a apropriação do conhecimento do conceito de transgênicos.

Santos e El-Hani (2009) apontam que as discussões sobre o ensino e aprendizagem do conhecimento biológico devem priorizar um caráter interdisciplinar de forma que um mesmo conceito possa ser inserido em diferentes áreas. O modelo de AC deve ter o objetivo de alcançar a Fase Multidimensional. O aluno deve ser

exposto a aulas direcionadas a apresentação de assuntos de interesse no meio científico e tecnológico como DNA, cromossomos, genoma, clonagem, transgênicos e efeito estufa (BRASIL, 2000).

Os alunos encontram em jornais, revistas e *on line* diferentes textos e notícias relacionadas às aplicações da Genética. Muitas vezes estas informações são sensacionalistas e não apresentam o conhecimento científico de forma adequada podendo levar o aluno a formar uma concepção errônea e distorcida sobre o fato (PAIVA e MARTINS, 2005). O professor é responsável em oferecer ao aluno uma base sólida de conhecimento para que o mesmo compreenda as informações e tenha a capacidade de formar sua opinião sobre os diferentes assuntos relacionados à Genética (BATISTETI *et al.*, 2012). A aprendizagem das diferentes áreas das Ciências deve apresentar função formativa e não o acúmulo de conhecimentos (BRASIL, 1996). A forma descontextualizada como o conteúdo é trabalhado na escola faz com que os conceitos científicos se transformem em palavreados sem sentido repetidos pelos alunos (SANTOS, 2007).

Podemos considerar que o processo de ensino será eficaz na promoção da AC quando o aluno conseguir

Ler e entender as informações contidas em uma bula de remédios; adotar profilaxias básicas para evitar doenças que afetam a saúde pública; exigir que as mercadorias atendam as exigências legais de comercialização, como especificação da data de validade, cuidados técnicos de manuseio e indicação dos componentes ativos; operar produtos eletroeletrônicos e ter a capacidade de discutir problemas relacionados às Ciências. (SANTOS, 2007, p. 480).

Há necessidade do preparo dos professores para que a AC seja contemplada nos currículos escolares. Nos cursos de Licenciatura deve haver a preocupação em formar professores aptos a incluir, nas suas aulas, diferentes temas que promovam a AC dos alunos (FREITAS e SOUZA, 2012). Os alunos não precisam de muita informação, mas de auxílio metodológico para que possam organizar, interpretar e dar sentido a essa informação (POZZO e CRESPO, 2009). Os conteúdos “devem ser selecionados em função da sua importância social, de seu significado direto na vida dos alunos e de sua relevância científica e tecnológica para a evolução da espécie e progresso mundial” (SELBACH, 2010, p. 35).

Lorenzetti e Delizoicov (2001) enunciam que

Os alunos não são ensinados como fazer conexões críticas entre os conhecimentos sistematizados pela escola com os assuntos de sua vida. Os educadores deveriam propiciar aos alunos a visão de que a Ciência, como as outras áreas, é parte de seu mundo e não um conteúdo separado, dissociado da sua realidade. As escolas, através de seu corpo docente, precisam elaborar estratégias para que os alunos possam entender e aplicar os conceitos científicos básicos nas situações diárias, desenvolvendo hábitos de uma pessoa cientificamente instruída (LORENZETTI e DELIZOICOV, 2011, p. 7).

O conceito e aplicação da AC deve ser explorado desde o início da escolaridade e nos cursos de formação de professores. A partir da identificação da importância de indivíduos Alfabetizados Cientificamente os professores deverão buscar temas e metodologias que facilitem a apropriação da Ciência e que consigam se relacionar com o contexto diário dos estudantes.

2.3 Mudança Conceitual (MC)

Diferentes trabalhos têm buscado compreender a importância do reconhecimento das concepções prévias presentes entre os alunos (DRIVER, 1989; SANTOS, 1991; PACCA e VILLANI, 1992; MORTIMER, 1996; NARDI e GATTI, 2009). Estas concepções prévias são consideradas importantes fatores que dificultam a formação do conhecimento científico correto entre os alunos.

No contexto educacional, encontram-se concepções errôneas entre professores e alunos. Tais concepções, normalmente errôneas, apresentam origens diversas, mas, principalmente, são oriundas das relações familiares e sociais e das formações veiculadas pelos diversos meios de comunicação. O aluno, nosso foco de atenção, chega à sala de aula acompanhado por conhecimentos conflitantes ao conhecimento apresentado pela Ciência. Cabe ao professor decidir se irá trabalhar com estas concepções de senso comum buscando transformá-las em conhecimento científico ou apenas transmitir o conteúdo sem haver a preocupação na realização da Mudança Conceitual. Para que a Ciência seja objetiva e plenamente educadora é preciso que seu ensino seja socialmente ativo levando a ruptura do senso comum. (BACHELARD, 1996).

Mortimer (1996) acredita que há condições do aluno apresentar diferentes concepções em relação ao mesmo tema utilizando, cada uma delas, em um determinado momento. Os denominados perfis conceituais de Mortimer se referem à presença de concepções derivadas do senso comum e concepções científicas

presentes no mesmo indivíduo que escolhe que escolhe, em cada situação, qual concepção será utilizada.

Para Bachelard (1996), o conhecimento errôneo e provisório deve ser eliminado. O autor enfatiza que “é preciso aceitar uma verdadeira ruptura entre o conhecimento sensível e o científico” (p. 294), pois o progresso da Ciência e do conhecimento passa por obstáculos (p. 17). Moreira e Greca (2003) acreditam que os conhecimentos prévios precisam ser alterados, pois “ignorá-los não resolve o problema porque eles continuarão atuantes na estrutura cognitiva de quem aprende” (p. 49).

Concepções prévias são

[...] formas pessoais, perspectivas ou filosofias que diferem de pessoa para pessoa. Podem ser definidas como estruturas mentais conscientes ou subconscientes formadas por crenças, conceitos, significados, regras, imagens mentais e preferências, inerentes a cada indivíduo. A importância destas concepções reside no fato de serem orientadas pelo pensamento individual de cada sujeito, influenciando o seu comportamento, refletindo-se na ação pedagógica (REIS *et al.*, 2006, p.53).

Em uma mesma sala de aula é possível encontrar uma variedade de concepções prévias que representam o conhecimento de cada aluno. Para que ocorra a Mudança Conceitual o professor precisa compreender que é “impossível anular de um só golpe todos os conhecimentos habituais” (BACHELARD, 1996, p. 18).

Em relação às concepções prévias encontramos em Santos (1991):

As representações dos alunos não constituem unidades isoladas sem relação com as suas competências do pensar, pelo contrário são tão interdependentes que não podem evoluir se não evoluem os seus processos de pensamento e, por sua vez, é a evolução destes processos que capacita o sujeito a mudar suas concepções. (SANTOS, 1991, p. 37).

O processo de Mudança Conceitual passa por etapas: a) identificação das concepções prévias; b) uso de metodologias que mostrem ao aluno que sua concepção não representa o conhecimento científico nem explica determinado contexto; c) uso de metodologias que identifiquem a curto, médio e longo prazo se a Mudança Conceitual ocorreu de forma definitiva.

Nos conteúdos de Genética podemos realizar esta verificação nos diferentes anos que compõem a Educação Básica (EB). Por exemplo, nos anos finais do Ensino Fundamental (EF) o aluno é apresentado à Citologia através de conceitos

como DNA, proteínas e genes que começam a ser discutidos. No Ensino Médio (EM) estes conceitos são aprofundados e relacionados a novos conteúdos como ácidos nucleicos, síntese de proteína e Leis da Genética. Nestes momentos, antes e após o ensino de tais conteúdos, será adequada uma investigação acerca das concepções prévias trazidas pelos estudantes bem como a ocorrência ou não de Mudança Conceitual. As ideias alternativas poderão ser transformadas em ideias científicas, desde que expostas a situações de conflito, normalmente propiciadas por metodologias diferenciadas (MORTIMER, 1996).

Há necessidade de compreender que a

Mudança Conceitual não se relaciona com a aquisição de uma nova cultura, mas sim mudar uma cultura experimental, de derrubar obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1996, p. 23)

O modelo educacional atual está alicerçado na transmissão de conteúdos trabalhados, normalmente nos livros didáticos, dos quais os professores têm acesso através de um material resumido composto por conteúdos elencados, por um grupo de pesquisadores (a noosfera de Chevallard), como os mais importantes ou necessários para a formação do aluno.

Os professores, de acordo com dados do MEC (BRASIL, 2001), buscam seu conhecimento e formação continuada nestes livros didáticos ao invés de utilizarem livros básicos (utilizados e indicados nos cursos de graduação e pós-graduação) para seu aprimoramento. Bachelard (1996) exemplifica este fato ao mencionar que os livros atuais já trazem respostas prontas enquanto os livros científicos, principalmente os do século XVIII, dialogam com o leitor.

A Mudança Conceitual pode levar o aluno a olhar de modo diferente a natureza. Ele passa a compreender os processos naturais entendendo que suas explicações anteriores, errôneas, não têm sentido: “quando a transformação acontece todo um universo fica descolorido” (BACHELARD, 1996, p. 295). Aprender Ciência está relacionado a entrar num mundo ontológico e epistemologicamente diferente do mundo cotidiano (MORTIMER, 1996, p.18). A MC mostra ao aluno a realidade científica da natureza desmistificando fenômenos que outrora eram considerados enigmas. Compreender os processos científicos capacita os indivíduos a compreenderem as mudanças que ocorrem na sociedade. Desta forma, as atitudes em relação ao uso das tecnologias são exercidas com base em um conhecimento correto.

Reconhecer que dependendo da forma como o professor trabalha os conceitos em sala de aula pode gerar obstáculos epistemológicos, utilizar metodologias adequadas e compreender que os alunos não chegam à sala de aula isentos de conhecimento são alguns fatores que podem contribuir para que ocorra a Mudança Conceitual.

É importante que os professores reconheçam que suas concepções de Ciências têm implicações diretas no modo como ensinam sendo necessária a criação de espaços para a reflexão do professor (CACHAPUZ *et al.*, 2011, p.73-74).

O processo de formação continuada é um momento especial no qual o professor pode repensar sua prática em sala de aula e rever suas concepções. Grupos de estudos, cursos de capacitação e a participação em cursos de pós-graduação são momentos nos quais o conhecimento e a prática educativa podem ser colocados em debate e repensados.

2.4 Aprendizagem Significativa (AS)

A Teoria da Aprendizagem Significativa (AS), definida por David Ausubel na década de 1960, propõe que a aprendizagem de diferentes conteúdos está relacionada com o conhecimento que o aluno apresenta (fator essencial) e as interações que serão realizadas com este saber já apresentado.

Estes saberes prévios são denominados subsunçores (AUSUBEL, 1980), (inseridores, facilitadores) e são encontrados na estrutura cognitiva do aprendiz. Os subsunçores (conceitos âncoras) podem ter origem a partir das experiências no meio social, por meio da aprendizagem mecânica ou através da exploração de conceitos pelo professor. É importante compreender que a aprendizagem mecânica pode ocorrer, porém após a assimilação destes conceitos devem ser explorados de forma que os torne significativos (AUSUBEL, 1980).

A aprendizagem é mais significativa quando o novo conteúdo é incorporado às estruturas cognitivas do aluno e adquire certa relação com seu conhecimento prévio (PELIZZARI *et al.*, 2002). Quando o conteúdo a ser aprendido não consegue se ancorar a conceitos subsunçores e não é significativo para o aluno, Ausubel (1980) considera que ocorreu aprendizagem mecânica. Assim, a AS está relacionada à mudança do conhecimento prévio em conhecimento científico, ou seja, ao contrário da aprendizagem mecânica, que é temporária e não leva à

transformação do conhecimento. Ausubel (1980) define Aprendizagem mecânica como “a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma relação com os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva” (p.104).

Para que a AS ocorra dois importantes fatores são necessários: o aluno deve apresentar pré-disposição a aprender e o conteúdo tem que apresentar significado. O armazenamento das informações no cérebro humano forma uma hierarquia conceitual no qual os elementos mais específicos do conhecimento são ligados e assimilados a conceitos mais gerais e inclusivos. Desta forma é importante que o professor busque reconhecer os conhecimentos prévios apresentados pelos alunos.

O professor tem papel fundamental na facilitação da AS porque “cabe a ele ensinar de acordo com o conhecimento prévio do aprendiz” (MOREIRA e GRECA, 2003, p. 35). É importante que o professor reconheça se os subsunçores encontrados na estrutura cognitiva podem ser utilizados como conceitos âncoras ou se estão dificultando o aprendizado, ou seja, se são obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996).

Rosa (2011) aponta alguns pontos a serem explorados pelo professor:

- a) Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino;
- b) Identificar quais são os subsunçores relevantes para a aprendizagem do conteúdo a ser ensinado;
- c) Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe;
- d) Ensinar, utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.

A assimilação dos novos conceitos exige a interação dos subsunçores com a nova informação. Após certo tempo as novas ideias e os subsunçores originam um conhecimento único, indissociável. A Figura 2 apresenta esta relação.

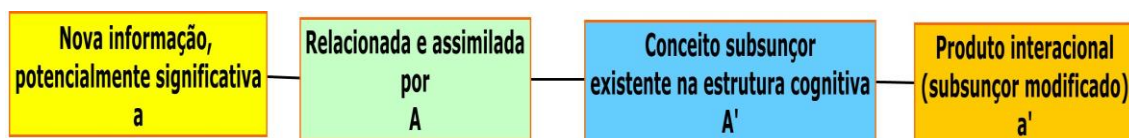


Figura 3 – Representação da interação do subsunçor com o novo conceito originando uma nova informação.

Fonte: Adaptação de Moreira (2011b, p. 40)

Moreira (2011) explica a interação do subsunçor da seguinte forma:

[...] **a** interage com **A** gerando um produto interacional **a'A'** que é dissociável em **a'+A'** durante a fase de retenção, mas que progressivamente perde dissociabilidade até que se reduza simplesmente a **A'**, o subsunçor modificado em decorrência da interação inicial. Houve, então, o esquecimento de **a'**, mas que, na verdade, está obliterado em **A'**. (MOREIRA, 2011b, p.40).

Em Genética podemos listar alguns conceitos subsunçores citados por Ayuso e Banet (2002): ácidos nucleicos, relação gene-cromossomo-DNA, divisões celulares (mitose e meiose) e fecundação. A AS não é imediata. O uso de metodologias diferenciais baseadas em exercícios, resoluções de situações problema, diferenciações e integrações são importantes antes da introdução de novos conceitos (MOREIRA, 2011, p. 47-48).

A AS ocorrida no Ensino Básico é fundamental para o acompanhamento e formação de conceitos no Ensino Superior. Moreira (2011) aponta que os conteúdos aprendidos de forma mecânica são esquecidos antes do aluno entrar na Universidade. Assim, os subsunçores importantes para o aprendizado de disciplinas básicas já foram esquecidos.

Encontramos em Novak e Gowin (1996) que

Quando a aprendizagem é significativa, o aprendiz cresce, tem uma sensação boa e se predispõe a novas aprendizagens na área. Mas, quando a Aprendizagem é sempre Mecânica, o sujeito acaba por desenvolver uma 'atitude de recusa à matéria de ensino e não se predispõe à Aprendizagem Significativa (NOVAK e GOWIN, 1996, p. 160).

É preciso entender que a AS pode ser esquecida, mas sempre há um resíduo: o subsunçor modificado (MOREIRA, 2011). Quando o aluno entra em contato, novamente, com o conteúdo que foi esquecido, os subsunçores presentes na estrutura cognitiva são "ligados" e as conexões voltam a acontecer.

A dificuldade em aprender Genética pode estar relacionada com a cultura educacional que prioriza o uso do livro didático e não se preocupa em verificar se ocorreu Aprendizagem Significativa. O ensino está voltado à formação de alunos que memorizam conceitos não conseguindo relacionar o conhecimento escolar com o seu cotidiano.

2.5 Aplicações das Teorias de Transposição Didática, Mudança Conceitual, Aprendizagem Significativa e Alfabetização Científica

Os alunos carregam suas próprias concepções sobre os determinados assuntos que são abordados. Com isso, cabe ao professor, através da utilização de conceitos científicos tentar superar o senso comum dos alunos através da MC. Para isso, ele deve, como detentor do saber científico, transpor esse conhecimento para um saber escolar auxiliando na alfabetização científica dos seus alunos.

O professor, antes e após a explanação, por exemplo, das Leis Mendelianas deve compreender como os conceitos subsunçores são reconhecidos pelos alunos (concepções prévias), utilizar metodologias adequadas para o ensino dos novos conceitos (transposição didática), verificar se o conhecimento foi transformado (mudança conceitual) e consolidado de forma significativa (aprendizagem significativa), ou seja, propor situações para que o aluno demonstre se tem o conhecimento adequado para relacionar o conteúdo ao seu cotidiano (alfabetização científica).

Para que ocorra o processo de integração e utilização dos conceitos citados o Ensino de Ciências precisa ser renovado, principalmente em relação aos processos didáticos e metodológicos utilizados nas aulas (CACHAPUZ *et al.*, 2011).

Quando o processo de Transposição Didática é realizado com cautela, em que se valorize o papel ativo do aluno ao confrontar suas concepções prévias com o conhecimento científico, conseguimos a Mudança Conceitual (CACHAPUZ *et al.*, 2011).

Os alunos, muitas vezes, não conseguem analisar um gráfico ou interpretar um texto. Esta dificuldade, quase sempre, está relacionada à ausência de significado do conteúdo para ser aplicado nas situações de sua vida (POZZO e CRESPO, 2009).

A Transposição Didática inicia pela ação da noosfera. Porém, vemos que

O currículo de Ciências não mudou, enquanto a sociedade à qual vai dirigido esse ensino de Ciências e as demandas formativas dos alunos mudaram. O desajuste entre a Ciência que é ensinada e os próprios alunos é cada vez maior, refletindo uma autêntica crise educacional que requer adotar não apenas novos métodos, mas, sobretudo, novas metas, uma nova cultura educacional (POZZO e CRESPO, 2009).

Os currículos são compostos por numerosas informações, mas a maior parte é esquecida, poucas são retidas (as mais relevantes) e devidamente guardadas para uso posterior (CALVIN, 1998).

Para que ocorram mudanças o professor apresenta papel de destaque. Encontramos em Selbach (2010) que

O verdadeiro professor é aquele que ensina seus alunos quando sabe ajudá-los a transformar uma informação em conhecimento. A verdadeira e transformadora aprendizagem é processo que começa com o confronto entre a realidade do que sabemos e algo novo que descobrimos, ou mesmo uma nova maneira de se encarar a realidade (SELBACH, 2010, p.47).

As mudanças são necessárias. Repensar o Ensino de Ciências e executar um modelo de ensino baseado nos conceitos de TD, AC, MC e AS podem ser o início da democratização do conhecimento científico levado à escola.

3 RESULTADOS

Os resultados estão apresentados na forma de Artigos Científicos, Resumo Expandido e Caderno Didático que compõem a Tese. O Quadro 2 apresenta os objetivos específicos relacionados aos artigos/ trabalhos originados a partir dos mesmos.

Objetivo específico	Material desenvolvido	Situação
Identificar se estudantes concluintes do Ensino Médio apresentam conhecimento significativo relacionado à Genética e suas aplicações.	Artigo: Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do Ensino Médio.	Publicado na Revista Ciência e Natura; v. 36, n.2, set-dez/2014, p. 358-372.
Reconhecer se estudantes ingressantes na universidade e matriculados em cursos da área biológica numa universidade pública brasileira apresentam conhecimento de Genética compatível com o esperado para egressos do Ensino Médio.	Artigo: Identificando o conhecimento de Genética entre alunos ingressantes na universidade.	Apresentado na forma oral no V ENEBIO e II EREBIO; Publicado na Revista da SBENBIO, n.7, out/2014, p. 1441-1451.
Analisar as concepções que professores de Biologia têm em relação ao processo de ensino e aprendizagem de Genética, suas aplicações e relações confrontando este discurso com as concepções em Genética apresentadas por alunos concluintes do Ensino Médio.	Artigo: Reconhecendo e comparando concepções de alunos e professores sobre Genética.	Submetido à Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências no mês de outubro de 2014.
Verificar quais conteúdos de Genética e habilidades são explorados com maior frequência em exames de seleção para o ingresso em universidades públicas brasileiras e no Exame Nacional do Ensino Médio	Artigo: Genética e universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos?	Submetido à Revista de Ensino de Ciências e Engenharia da UFRJ.
Desenvolver um Caderno Didático composto por práticas, modelos didáticos e materiais alternativos que auxiliem professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem de Genética.	Resumo Expandido: Tabuleiro de Genética: resolvendo exercícios de herança e heredogramas.	Apresentado na forma de pôster na 29ª. JAI/UFMS no mês de outubro de 2014.
	Artigo: Brincando, construindo e aprendendo: a produção de melanina como exemplo de herança.	Submetido à Revista Genética na Escola
	Proposta: Cartoons como ferramenta para a diagnose de concepções relacionadas à Genética.	Proposta a ser desenvolvida.

Quadro 2 – Resumo dos resultados

3.1 Artigo 1: Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do Ensino Médio

O artigo publicado na Revista Ciência e Natura (CCNE; UFSM; ISSN on-line: 2179-460X; v.36, n.2, 2014) buscou reconhecer os conhecimentos de Genética e suas aplicações entre alunos concluintes do Ensino Médio.

Este grupo de alunos foi escolhido porque os mesmos haviam estudado os conteúdos de Genética e suas aplicações no ano anterior. Desta forma poderíamos identificar se o ensino foi eficaz para a formação de uma aprendizagem significativa.

A escolha do tema ocorreu devido à necessidade de reconhecermos se o ensino escolar é eficiente na função de formar cidadãos que apresentem conhecimentos adequados em relação às aplicações da Genética.

Apresentar conhecimento sobre técnicas relacionadas ao DNA como a formação de seres transgênicos e organismos geneticamente modificados capacita o cidadão a dialogar sobre os possíveis benefícios ou malefícios destas técnicas.

Para a coleta de dados utilizamos um teste composto por questões modificadas de provas de seleção para ingresso em universidades brasileiras.

Os resultados mostraram que os alunos, na maioria, não apresentam o conhecimento esperado em relação à Genética e suas aplicações.

Com este trabalho esperamos estimular os professores de Biologia, em especial, para que repensem os conteúdos que devem ser trabalhados com os alunos, pois a Educação Básica deve ter por objetivo auxiliar na formação de indivíduos portadores de conhecimentos adequados para interagir e agir na sociedade na qual estão inseridos.

GENÉTICA E SUAS APLICAÇÕES: IDENTIFICANDO O CONHECIMENTO PRESENTE ENTRE CONCLUINTES DO ENSINO MÉDIO

Genetics and its applications: identifying this knowledge among high school senior students

Resumo

O presente artigo apresenta os resultados obtidos em uma pesquisa com estudantes concluintes do Ensino Médio matriculados em duas escolas, uma pública e outra privada, localizadas na cidade de Santa Maria, RS, Brasil. O objetivo principal foi identificar os conhecimentos de Genética e suas aplicações apresentados pelos alunos após um ano do conteúdo ter sido estudado nas escolas. A pesquisa utilizou abordagens qualitativa e quantitativa sendo realizada através da utilização de um questionário composto por questões que abordavam conteúdos de Genética e suas aplicações presentes nos principais exames de vestibular. Os resultados mostraram que os alunos apresentam concepções errôneas relacionadas a diferentes conteúdos de Genética, como herança do DNA mitocondrial, produção de clones e transgênicos, projeto genoma humano e relação entre genótipo, fenótipo e meio ambiente. A aquisição de conceitos corretos ligados à Genética é fundamental para que estes estudantes compreendam as diversas tecnologias relacionadas à manipulação do DNA, tenham condições para opinar e realizar escolhas em situações relacionadas ao tema, como no caso de alimentos transgênicos e aconselhamento genético. Assim, é necessário que o processo de ensino seja revisto para que os alunos tenham acesso a conhecimentos corretos, ou seja, ocorra a alfabetização científica nas escolas.

Palavras-chave: Genética, alunos, Ensino Médio, conhecimento, biotecnologia.

Abstract

This article presents the results from a survey of high school senior students enrolled in two schools, one public and one private, located in the town of Santa Maria, Rio Grande do Sul state, Brazil. The study aimed to identify the student's knowledge on genetics and its applications after one year of studying the contents at school. Qualitative and quantitative approaches were used by means of a questionnaire with questions on genetics contents and their applications, modified from college admission exams. Results showed that students present misconceptions related to several issues on genetics, such as the mitochondrial DNA inheritance, the production of clones and transgenic organisms, the human genome project, relationships among genotype, phenotype and environment. The acquisition of correct conceptions related to genetics is essential for the understanding, by the students, of the several technologies involving DNA manipulation, and thereby allowing the conditions to opine and make choices in situations related to the subject, as in the case of transgenic food and genetic counseling. Thus, it is necessary to

review the teaching processes so that students can have access to correct knowledge, and scientific literacy occurs at school.

Keywords: genetics, students, high school, knowledge, biotechnology.

1 INTRODUÇÃO

Uma das funções da escola é auxiliar os alunos a compreenderem e se posicionarem frente às diferentes situações que irão enfrentar na sociedade (LANE e CODO, 1993). Temas relevantes relacionados à política, saúde e educação necessitam de espaço para discussão. Desta forma, o aluno estará recebendo a orientação necessária para que possa escolher suas decisões.

A disciplina de Biologia perpassa diferentes áreas do conhecimento. Em especial, temos na Genética um campo de conhecimento central (KREUZER e MASSEY, 2002) que se relaciona com questões éticas, políticas, de saúde, familiares, econômicas, entre outras. Assim, ensinar Genética vai além da resolução de exercícios de herança, pois é um momento onde temas atuais relacionados à aplicação das biotecnologias poderão ser expostos e explicados de forma correta (GERICKE *et al.*, 2012).

O ensino e aprendizagem de Genética são considerados por diferentes autores como os mais difíceis dentro da Biologia (AMORIM, 1997; MOREIRA e SILVA, 2001; CASTELÃO e AMABIS, 2008; BARBOSA, 2008; KLAUTAU *et al.*, 2009; GERCKE, 2012; KOVALESKI e ARAÚJO, 2013). A interrelação de conteúdos e matérias, a existência de conceitos abstratos, o excesso de terminologias e metodologias inadequadas são fatores que propiciam a dificuldade da consolidação da aprendizagem (BONETI, 2006; WILLIAMS *et al.*, 2012).

Diferentes estudos mostram que os estudantes não apresentam os conhecimentos básicos de Genética como a relação genes-cromossomos- DNA e a capacidade de relacionar os processos de divisão celular com hereditariedade (SANTOS, 2005; SCHEID e FERRARI, 2006; TEMP e BARTHOLOMEI- SANTOS, 2013). Mas, para compreender as aplicações da Genética na sociedade é necessário que os alunos tenham o conhecimento básico de Genética (JUSTINA, 2001).

Compreender Genética é indispensável para que ocorra a aprendizagem científica (GIACOIA, 2006), mas há necessidade de rever e atualizar as metodologias que proporcionem a construção do conhecimento (KRASILCHIK, 2004). O processo de ensino, que leve a real aprendizagem é aquele que explora relações entre ideias, conceitos, semelhanças, solucionando erros conceituais (MOREIRA, 2011).

Educar em Genética requer a priorização da formação de um estudante que compreenda a localização, transmissão e variação nas características hereditárias (AYUSO e BANET, 2002).

Redfield (2012) sugere um currículo que contemple um curso de Genética de acordo com as necessidades do século XXI, considerado o século do gene (MEYER *et al.*, 2011). Entre os conteúdos apontados estão: genômica pessoal, variação natural nas populações, estrutura e função dos genes e cromossomos, variações surgidas por mutação, como os genes afetam os fenótipos, mitose e meiose (mecanismos e consequências Genéticas).

O século XX foi marcado pelo avanço da Genética nas diferentes áreas do conhecimento. Temas como células-tronco, clonagem, seleção de embriões, aconselhamento genético e alimentos transgênicos fazem parte de discussões nos mais variados ambientes e meios de comunicação (SANTOS, 2005).

Assim, a escola e os professores necessitam estar conscientes sobre a importância da alfabetização científica relacionada aos conhecimentos em Genética, suas relações, por exemplo, com a biotecnologia, e aplicações (PRIMON, 2005; KIM e IRVING, 2010). Um dos objetivos da educação escolar é o ensino de uma Ciência atual compatível com a realidade (CARVALHO, 1992).

Entre as implicações da Genética relacionadas à biotecnologia podemos citar a possibilidade de descobrir a origem e tratamento de doenças hereditárias, criar plantas com maior produtividade, produzir hormônios com auxílio de bactérias e a criação de vacinas que salvam milhões de vidas anualmente (WILLIAMS *et al.*, 2012).

Como os conhecimentos relacionados à Genética estão em constante expansão, tornam-se necessárias discussões frequentes para eleger quais conteúdos são essenciais para o ensino (AYUSO e BANET, 2002; FRANZOLIN e BIZZO, 2012) e para a formação de pessoas com sólido conhecimento científico,

que podem compreender melhor as decisões tomadas em uma sociedade (HOFFMAN, 1992).

Devido à importância de um aprendizado significativo em Genética para a formação de cidadãos conscientes, o objetivo deste trabalho foi identificar quais conhecimentos de Genética e suas aplicações são apresentados por alunos concluintes do Ensino Médio após um ano de o conteúdo ter sido estudado.

2 METODOLOGIA

Participaram da pesquisa 154 alunos (87 do sexo feminino e 67 do sexo masculino) matriculados no terceiro ano do Ensino Médio (EM) no segundo semestre de 2013, em duas escolas localizadas na cidade de Santa Maria, RS.

Os alunos desta série foram escolhidos porque estudaram Genética no ano anterior (2012), permitindo observar se eles consolidaram a aprendizagem dos conteúdos deste tema ministrado dentro da disciplina de Biologia (AUSUBEL, 1980).

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizadas as abordagens qualitativa e quantitativa. A pesquisa qualitativa possui o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento principal (LÜDKE e ANDRÉ, 1986). As abordagens quali e quantitativas diferem quanto à forma e à ênfase, porém os métodos qualitativos trazem como contribuição ao trabalho do pesquisador uma mistura de procedimentos de cunho racional e intuitivo capazes de contribuir para a melhor compreensão dos fenômenos (NEVES, 1996).

2.1 Identificando as escolas

A escola designada por A é uma instituição privada que atende alunos da educação infantil até o final do Ensino Médio. O terceiro ano do EM era representado por uma turma composta por 45 alunos. Destes, 39 responderam a pesquisa. A disciplina de Biologia é ministrada em 4 horas aulas semanais (180 min.) no segundo ano do EM (série que se estuda Genética).

A escola B é uma instituição pública estadual possuindo apenas turmas do EM. O terceiro ano era composto por sete turmas (301 a 307) perfazendo um total de 196 alunos matriculados. Destes, 115 participaram da pesquisa. Nesta escola, a

disciplina de Biologia, para as turmas de segundo ano do EM, é dividida entre duas professoras (7 turmas para cada). Os alunos têm 2 períodos semanais de Biologia (90 min.).

2.2 Coleta e análise dos dados

Para a coleta dos dados utilizou-se um questionário composto por 12 questões adaptadas de diferentes provas de vestibulares que buscavam identificar os conhecimentos dos alunos em relação aos conteúdos de Genética estudados no EM, principalmente aqueles relacionados à biotecnologia (APÊNDICE 1). Os temas das questões estão apresentados no Quadro 1. As questões foram compostas por uma frase afirmativa. Após a leitura, o aluno escolhia uma alternativa entre: verdadeira; falsa; estudei, mas esqueci; não vi isto no colégio, podendo justificar sua escolha.

Para a análise dos dados as questões foram agrupadas em duas categorias de acordo com a temática das frases. As categorias criadas a partir da análise das respostas são: nível celular (questões 1, 2, 3, 9 e 12) e aplicações da Genética (questões 4, 5, 6, 7, 8, 10 e 11).

As respostas foram divididas em 5 tipos: certa com justificativa correta; certa com justificativa errada; errada; estudei, mas esqueci; e nunca estudei no colégio.

Questão	Tema
1	Presença de DNA em todos os tipos de células sanguíneas humanas
2	Identificação de cadáveres através do DNA mitocondrial
3	Definição de paternidade quando os pais são gêmeos mono ou dizigóticos
4	Origem das características Genéticas de um clone
5	Exemplo de transgênico
6	Melhoramento genético executado por agricultores
7	Produção da insulina humana em bactérias como exemplo de engenharia Genética
8	Inserção de genes de interesse em um organismo transgênico
9	Definição da paternidade através da análise das bandas de DNA
10	Sequenciamento do genoma humano
11	Biotecnologia e bioética relacionadas à plantação de transgênicos
12	Interação do genótipo com o meio ambiente determinando o fenótipo

Quadro 1 – Temas presentes nas 12 questões formadoras do teste utilizado com os alunos do terceiro ano do Ensino Médio nas duas escolas.

3 RESULTADOS

Os resultados relacionados à categoria nível celular, composta pelas questões 1, 2, 3, 9, 12, são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 – Frequências absolutas e relativas dos tipos de respostas dos alunos com relação aos conhecimentos em Genética na categoria nível celular.

Escola	Certa, com justificativa correta		Certa, justificativa errada		Errada		Estudei, mas esqueci		Nunca estudei no colégio		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
Tema das Questões	1. Presença de DNA nas células sanguíneas	04 10%	15 13%	01 3%	00	22 56%	65 57%	12 31%	33 28%	00	02 2%
	2. Origem do DNA mitocondrial	00	01 1%	22 56%	49 43%	03 8%	22 20%	12 31%	32 28%	02 5%	09 8%
	3. Teste de paternidade	15 38%	09 8%	04 11%	22 19%	13 33%	36 31%	06 15%	40 35%	01 3%	07 6%
	9. Teste de paternidade	14 36%	37 32%	00	00	05 13%	17 15%	18 46%	56 48%	02 5%	5 5%
	12. Conceitos básicos	10 26%	35 30%	12 31%	07 6%	13 33%	49 43%	04 10%	24 21%	00	00

Fonte: Dados da pesquisa.

Na questão 1 - relacionada à presença de DNA em todas as células sanguíneas - encontramos semelhança nos percentuais de respostas. Nas escolas A e B, 56% e 57% dos participantes responderam de forma incorreta a questão. Ao justificarem sua escolha, independentemente da escola, os alunos escreveram que todas as células apresentam DNA localizado no interior do núcleo, não reconhecendo que alguns tipos celulares perdem o núcleo no processo de maturação.

“Para ser uma célula tem que ter DNA” (A);

“Todas as células apresentam membrana, citoplasma e núcleo.” (B).

Entre os alunos que acertaram a questão, e justificaram de forma correta sua escolha, também encontramos semelhanças entre as respostas. A principal justificativa está relacionada à ausência de DNA nas hemácias. Na escola A um

aluno relacionou a ausência de núcleo neste tipo celular como uma adaptação ao transporte de oxigênio (O₂) e três alunos escreveram que as plaquetas são fragmentos celulares.

“Plaquetas não possuem DNA.” (A);

“As hemácias transportam oxigênio, para aumentar o espaço não apresentam núcleo”. (A);

“Hemácias nascem com núcleo e depois perdem.” (B).

O conhecimento sobre a herança materna do DNA mitocondrial é tema da questão 2. Como resultado 56% dos alunos da escola A e 43% dos alunos da escola B marcaram alternativa correta, mas justificaram a resposta de forma errônea. Nas duas escolas os participantes consideram que o DNA mitocondrial é originário da união (durante a fecundação) do DNA materno e DNA paterno.

“DNA mitocondrial não é sempre herdado da mãe” (A);

“O DNA é do pai e da mãe juntos” (A);

“É herdado do pai e da mãe” (B).

“O DNA mitocondrial é a junção das características paternas e maternas” (B)

As questões 3 e 9 discutiam aplicações da Genética (teste de paternidade) com o conhecimento sobre a origem de gêmeos monozigóticos e dizigóticos e a análise de bandas de DNA para a confirmação da paternidade.

Na questão 3 os alunos deveriam identificar, no caso de um exame de paternidade, em qual dos casos o resultado seria confiável: quando os pais eram gêmeos mono ou dizigóticos.

Neste caso, os resultados apresentaram certa diferença entre as escolas. Na escola A 38% dos alunos responderam e justificaram de forma correta a questão e 33% responderam incorretamente.

Na escola B, 31% acertaram a resposta e 35% responderam que estudaram o conteúdo, mas esqueceram.

Os participantes, das duas escolas, que acertaram e justificaram corretamente sua resposta escreveram que gêmeos monozigóticos, por serem

originários de um mesmo óvulo e mesmo espermatozoide, apresentam material genético igual.

“Gêmeos monozigóticos têm o mesmo padrão de fragmentos de DNA, então não teria como saber quem é o pai” (A);

“São monozigóticos, possuem o mesmo DNA, não é possível identificar” (B);

“Como Renato é filho de um homem que é gêmeo monozigótico (vem do mesmo zigoto) é impossível saber quem é o pai, pois os irmãos têm o mesmo DNA” (B).

A questão 9 apresentava uma imagem que comparava o padrão de DNA de uma criança com o padrão de quatro casais que reclamavam a paternidade do menino. Nas duas escolas os resultados foram semelhantes: 46% da escola A e 48% da escola B assinalaram a alternativa “estudei o conteúdo, mas esqueci”.

Os alunos que acertaram e justificaram corretamente a questão (36% da escola A e 32% da escola B) apresentaram justificativas semelhantes. Eles analisaram a imagem e compararam os padrões de bandas do menino e dos casais.

“É mais provável que os pais do bebê 81 sejam o casal C, devido a maior quantidade de bandas semelhantes” (A);

“Os pais do bebê são o casal C. O D não pode ser por causa do 8º, 10º, 11º, 12º e 14º traços de cima para baixo, que do bebê são diferentes” (A);

“As fitas não correspondem. O certo seria o C” (B);

“Não se completam os genes do pai e da mãe” (B).

O estudo do conteúdo de Genética é permeado pelo aprendizado de diferentes conceitos. A relação entre genótipo, fenótipo e meio ambiente foi o tema da questão 12.

Como resultado, 33% dos alunos da escola A e 43% da escola B erraram a questão. Os alunos demonstraram certa confusão no momento de definir os conceitos ou responderam que características Genéticas não sofrem interações com o meio ambiente.

“A característica cor da pele é determinada pelo genótipo humano” (A);

“O meio não interfere em característica como esta. A cor da pele tem valor apenas com a Genética do indivíduo” (A);

“A característica cor da pele é definida pelo genótipo” (B).

A segunda categoria – aplicações da Genética - composta pelas questões 4, 5, 6, 7, 8, 10 e 11 tem seus resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Frequências absolutas e relativas dos tipos de respostas dos alunos com relação aos conhecimentos em Genética na categoria aplicações da Genética.

Escola		Certa, com justificativa correta		Certa, justificativa errada		Errada		Estudei, mas esqueci		Nunca estudei no colégio	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Tema das Questões	4.Clonagem	17 43%	31 27%	03 8%	03 3%	17 44%	52 45%	02 5%	22 19%	00	07 6%
	5.Transgênico	33 84%	74 65%	00	00	00	07 6%	05 13%	29 25%	01 3%	04 4%
	6.Melhoramento genético	31 79%	67 59%	00	01 1%	03 8%	19 17%	03 8%	18 16%	02 5%	09 7%
	7. Engenharia Genética	18 45%	35 30%	00	00	01 3%	16 14%	12 31%	38 33%	08 21%	26 23%
	8.Produção de transgênico:	19 49%	39 34%	06 15%	07 6%	01 3%	23 20%	11 28%	24 21%	2 5%	22 19%
	10. Genoma humano	04 10%	23 20%	08 21%	08 7%	10 26%	36 31%	13 33%	33 29%	04 10%	15 13%
	11.Bioética	12 31%	22 19%	00	00	17 44%	43 38%	08 20%	38 33%	02 5%	12 10%

Fonte: Dados da pesquisa.

A questão 4 trazia como tema principal o conceito de clonagem. No texto o aluno precisava compreender que o clone apresenta características Genéticas iguais ao do ser doador de DNA.

Na escola A encontramos 43% de respostas corretas e 44% de respostas erradas e na escola B temos apenas 27% de respostas justificadas corretamente e 45% de respostas erradas.

Entre os alunos que acertaram as respostas verificamos que os mesmos apresentam o conhecimento de que as características Genéticas são herdadas daquele ser que doou o núcleo para o experimento.

“O animal terá as características Genéticas do jumento, pois ele foi o doador do núcleo” (A);

“Terá as características do jumento, pois o DNA usado foi o dele” (B).

Considerando as justificativas escritas pelos alunos que erraram a questão, encontramos semelhanças entre as respostas: o clone será uma mistura do DNA dos diferentes seres que participaram do experimento.

“Não só da égua, terá uma mistura de todos os outros” (A);

“Terá as características dos dois: égua e jumento” (B).

As questões 5 e 8 exploram o conhecimento sobre transgênicos. Na questão 5 os alunos identificavam o conceito através de um exemplo. Já na questão 8 era apresentado um caso onde, após a leitura de uma notícia, o aluno precisava compreender que o gene desejado deveria ser inserido no zigoto ou no embrião e não em todas as células adultas do ser receptor.

Com relação à questão 5, 84% dos alunos da escola A e 65% da escola B responderam de forma correta. Nenhum aluno justificou esta questão.

A questão 8 apresentou na escola A 46% e na escola B 48% de respostas corretas. As justificativas apontam que estes alunos compreendem que ao inserir o gene desejável no zigoto, através das divisões celulares (mitose), este gene será transmitido às outras células do organismo.

“O DNA da medusa foi introduzido apenas na primeira célula (ovo ou zigoto), assim ela se multiplica por mitose e passa as características para as outras”;

“O trecho de DNA pode ser inserido apenas no zigoto, depois ele se espalha” (B).

Entre os alunos que erraram, 3% da escola A e 20% da escola B, a justificativa principal é que este tipo de técnica não existe.

“Não é possível juntar gene de medusa com um coelho” (A);

“Este experimento não existe” (B).

O conhecimento sobre melhoramento genético praticado por agricultores desde a antiguidade é o tema da questão 6.

Na escola A, 45% dos alunos acertaram a questão e na escola B, 30%. Nenhum destes alunos justificou sua resposta.

Entre os alunos que erraram, 8% da escola A e 17% da escola B, a justificativa principal é de que não existe melhoramento genético sem a utilização de conhecimento de laboratório e tecnologia.

A questão 7 trata de um exemplo de engenharia Genética: produção de insulina humana por bactérias. Acertaram a questão 45% dos alunos da escola A e 30% da escola B. Os alunos não justificaram sua escolha.

O Projeto Genoma Humano é a temática da questão 10. Os dados apontam que apenas 10% dos alunos da escola A e 20% da escola B apresentavam conhecimento sobre o tema. Entre estes alunos a justificativa está relacionada ao descobrimento da sequência das bases formadoras do genoma humano e não da codificação de todas as proteínas.

“Não são conhecidas todas as proteínas, mas a sequência de bases” (A);

“São muitas proteínas, nem todas são conhecidas” (B).

Entre os alunos que erraram a questão encontramos certa confusão de termos como genótipo, genoma, código genético.

“Genoma são os genes, não as proteínas” (A);

“Decifraram o genótipo e não o genoma” (B).

O tema destaque da questão 11 é bioética. O número de erros foi 44% na escola A e 38% na escola B. Nenhum destes alunos justificou sua resposta.

Entre os alunos que acertaram a questão, 31% da escola A e 19% da escola B, percebemos que eles compreendem a possibilidade de transmissão do gene transgênico através da reprodução.

“Há esse risco, a não ser que a planta resistente ao herbicida seja modificada para não produzir gametas” (A);

“O DNA com o gene transgênico pode ser transmitido, por exemplo, pelo grão-de-pólen” (B).

4 DISCUSSÃO

O estudo e entendimento das funções e características celulares são considerados como conhecimentos básicos na Biologia.

Compreender os diferentes tipos celulares, suas funções e relações nos organismos torna-se fundamental para a aprendizagem dos mais diversos temas, entre eles a Genética.

A categoria Nível celular (Tabela 1) é composta por questões que relacionam conceitos básicos de Biologia celular e Genética aliados às aplicações da Genética.

Nesta categoria não observamos variação significativa nas respostas dos alunos das duas escolas: escola A, particular e escola B, estadual.

As semelhanças entre os resultados podem estar relacionadas à classificação destes conceitos como essenciais para o ensino e aprendizagem dos conteúdos de Genética e suas correlações.

A aprendizagem do DNA como a “molécula da vida” tem seu início nos primeiros anos do ensino fundamental - anos finais - e continua permeando a Biologia durante toda a vida do estudante.

Porém, diferentes trabalhos mostram que a maioria dos estudantes, mesmo após a conclusão do EM, apresentam concepções errôneas com relação ao DNA, como sua presença apenas nas células dos animais, a convicção de que não comeriam alimentos que contivessem DNA e a dificuldade em relacionar a tríade gene-cromossomo-DNA (AYUSO e BANET, 2002; LORETO e SEPEL, 2003; SCHEID e FERRARI, 2006; PEDRANCINI *et al.*, 2007; WILLIAMNS *et al.*, 2012; TEMP e BARTHOLOMEI-SANTOS, 2013).

Esses resultados mostram que a escolarização não é suficiente para levar à formação de um aprendizado cientificamente correto. A sólida compreensão de conceitos como DNA, cromossomos e genes é fundamental para o entendimento de questões polêmicas presentes no dia-a-dia (PEDRANCINI *et al.*, 2007).

As questões 1 e 2 da presente pesquisa estavam relacionadas ao DNA: presença da molécula em todas as células e herança do DNA mitocondrial, respectivamente.

A maioria dos estudantes respondeu de forma incorreta as questões e utilizaram justificativa que contrariam o ensino realizado nas escolas.

Com relação à presença de DNA em todas as células encontramos nas justificativas que “uma célula tem que ter DNA no interior do núcleo”. Embora isto seja verdadeiro para a maioria das células eucarióticas, este tipo de resposta mostra uma compreensão incompleta de fenômenos celulares, como o fato de hemácias maduras de mamíferos serem células anucleadas e organismos procariontes não apresentarem núcleo.

O estudo das células sanguíneas, entre elas as hemácias, inicia no 1º ano do EM onde as mesmas servem como exemplo de células anucleadas. No 2º Ano do EM o tema é intensificado junto com o estudo do Sistema Circulatório onde as funções e características das células sanguíneas são relacionadas. Também no estudo do Reino Animal, principalmente Classe Mammalia (mamíferos) é feita uma caracterização das hemácias dos mamíferos justamente por não apresentarem núcleo.

Outro ponto em destaque é a colocação de que “todas as células apresentam núcleo”. O estudo da citologia inicia, normalmente, no 5º ano do Ensino Fundamental (EF) onde o aluno é apresentado à estrutura celular como formadora dos seres vivos.

Nos anos seguintes o conhecimento vai sendo aprofundado, sendo que no 7º ano conceitos mais específicos como procariontes e eucariontes são apresentados e exemplificados.

Os estudantes ao responderem que todos os seres vivos possuem células nucleadas mostram esquecimento com relação a um expressivo grupo de seres vivos: os representantes do Reino Monera, composto por bactérias e cianobactérias.

É importante salientar que 31% dos alunos da escola A e 28% da escola B responderam que “estudaram o conteúdo, mas esqueceram”, ou seja, ocorreu apenas memorização dos conteúdos em detrimento de uma aprendizagem significativa.

Este fato pode estar relacionado à fragmentação dos conteúdos e à memorização de conceitos (MORTIMER, 1996).

A questão 2 referia-se à herança do DNA mitocondrial. Como resultado temos que nenhum aluno da escola A e apenas 1 aluno da escola B acertou a questão.

O DNA mitocondrial é herdado a partir das mitocôndrias presentes no óvulo (gameta feminino), ou seja, não há participação paterna neste padrão de herança (com raras exceções).

A principal justificativa apresentada pelos alunos é que o DNA mitocondrial é uma “mistura do DNA paterno e do DNA materno”. Assim, observamos que ocorre confusão entre herança do DNA nuclear com herança do DNA mitocondrial.

Mas, por que é importante para o aluno compreender este padrão de herança? Principalmente porque diferentes distúrbios genéticos, como alguns tipos de deficiências auditivas e doenças neuromusculares, são herdados a partir deste padrão. Também porque o DNA mitocondrial pode ser utilizado para a identificação de corpos, solucionar casos de maternidade duvidosa, definir linhagens Genéticas, entre outras (ZATZ, 2012).

O reconhecimento dos diferentes padrões de herança pode ser considerado como tema de alfabetização científica, pois qualifica o indivíduo a compreender o que está sendo noticiado, ler um artigo e perceber a relação do DNA mitocondrial com o contexto, entender a importância da “Eva mitocondrial” para os estudos da ancestralidade humana, entre diversas situações. O ensino de Genética e suas aplicações facilita o entendimento das questões sociais e tecnológicas relacionadas ao assunto (AYUSO e BANET, 2002). Geneticistas enfatizam que as pessoas por não entenderem conceitos básicos como alelos, genes, padrões de herança, meiose e cromossomos muitas vezes não compreendem as informações fornecidas durante o aconselhamento genético (SANTOS, 2005).

Podemos questionar se este conteúdo foi trabalhado com os alunos. Mas, ao analisarmos a Tabela 1 encontramos que 31% dos alunos da escola A e 28% da B responderam que “estudei o conteúdo, mas esqueci”.

Novamente nos deparamos com um modelo de ensino falho para a formação e consolidação do conhecimento. O ensino promovido no ambiente escolar não tem conseguido promover a apropriação dos conhecimentos científicos de modo a utilizá-los em situações que exigem reflexão (MORTIMER, 1996).

É interessante colocar que esta questão do DNA mitocondrial fez parte da prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) no ano de 2013, ou seja, após a coleta de dados com os alunos participantes desta pesquisa.

Entre as aplicações da Genética o teste de paternidade pode ser considerado como uma das mais conhecidas envolvendo a análise do DNA. Este teste é realizado a partir da comparação de sequências de DNA dos indivíduos em questão, por exemplo, suposto pai e filho.

As questões 3 e 8 buscaram identificar o conhecimento dos estudantes com relação ao teste de DNA como uma aplicação da Genética para a solução de casos de paternidade duvidosa ou desconhecida. As questões sobre as diferenças e semelhanças entre gêmeos idênticos pode ser o ponto de partida para analisar a reprodução sexual como fonte de variabilidade (AYUSO e BANET, 2002).

Na questão 3 foram citados conceitos como gêmeos monozigóticos e dizigóticos, comparação de sequências de DNA e fecundação.

Neste caso, observamos certa diferença entre as escolas A e B. Na escola A 38% dos estudantes responderam de forma correta a questão enquanto na escola B, apenas 8% dos estudantes acertaram a mesma.

As justificativas apresentadas foram baseadas em diferentes conceitos que mostraram o conhecimento com relação à diferença entre gêmeos monozigóticos e dizigóticos. Os aspectos mais descritos estão relacionados ao tipo de formação do zigoto e composição Genética dos mesmos.

Esta diferença nos acertos, entre as escolas, pode estar relacionada a dois fatores: em primeiro lugar, o número de aulas: na escola A, de cunho particular, os alunos têm 4 horas/aula de Biologia (180 min.) por semana, enquanto na escola B, estadual, este número é de 2 horas/aula (90 min.), ou seja, a carga horária é reduzida à metade.

Devido a esta maior carga horária inferimos que os professores da escola A utilizam nas suas aulas, além do ensino da Genética clássica, materiais que abordam conteúdos relacionados à aplicação da Genética, como no caso dos testes de paternidade. Aprender Genética demanda tempo para que o aluno compreenda os conceitos e consiga relacioná-los (AYUSO e BANET, 2002).

O segundo fator que pode estar envolvido é a maior preocupação em preparar os estudantes para os vestibulares: a escola A é reconhecida por seu ensino, principalmente no EM, estar voltado ao preparo dos alunos para diferentes exames de vestibular.

O maior número de aulas, a existência de simulados, a realização, de forma orientada, de exercícios retirados dos principais exames do país são fatores que disponibilizam ao aluno maior contato com questões contextualizadas e interrelacionadas. Professores de escola particular são cobrados com relação à aprovação dos alunos nos vestibulares (FRANZOLIN, 2012).

A abordagem do teste de paternidade também pode ser um momento para o professor abordar temas transversais (BRASIL, 2000) como gravidez na adolescência e responsabilidade.

A questão 9 apresentava uma imagem representativa da impressão “digital” de DNA de alguns casais e de uma criança para identificar o casal genitor da criança. Para responder corretamente o estudante precisava saber que metade da informação Genética da criança é herdada do genitor materno e a outra metade do genitor paterno e comparar os padrões “digitais” do DNA entre pais e filho.

Nesta questão 46% dos alunos da escola A e 48% da escola B responderam “estudei, mas esqueci”. Essas respostas refletem a ausência de um conhecimento mais duradouro, pois o aluno tem a lembrança do conteúdo, mas, passado certo tempo não consegue aplicá-lo. Uma questão semelhante estava presente na prova do ENEM no ano de 2013.

Diversos estudos mostram que os alunos confundem conceitos interrelacionados ou não conseguem fazer a relação correta entre eles. Há dificuldade em relacionar meiose e reprodução e meiose com a produção de filhos diferentes dos pais (PEDRANCINI *et al.*, 2007; REDFIELD, 2012).

Conceitos como gene, genótipo, genoma e código genético são considerados por estudantes, em diferentes níveis de ensino, como sinônimos (SILVEIRA, 2014). Para outros, DNA e cromossomos são estruturas diferentes localizadas no núcleo celular. Na pesquisa de Franzolin (2012, p. 126) um dos professores entrevistados respondeu que “a expressão código genético vem sendo abordada como algo particular de cada indivíduo, ou seja, como se cada organismo tivesse seu próprio código genético, em vez de considerar o código genético como universal”.

Professores acreditam que a falta de embasamento teórico aliado a pouca importância dada ao conteúdo são os fatores mais relevantes para a formação destas concepções erradas (JUSTINA e BARRADAS, 2003).

Mas, para que o estudante consiga compreender as mudanças e novidades relacionadas à Genética ele precisa dominar os conceitos básicos desta área como

a natureza do material genético, padrões de herança, expressão gênica e sua regulação, variação Genética e evolução (FRANZOLIN 2012). Caso contrário, a sua compreensão será equivocada ou incompleta não gerando um conhecimento significativo.

A questão número 12 explorava a relação entre os conceitos de genótipo, fenótipo e meio ambiente. Ao ler o enunciado da questão o aluno identificava se os conceitos estavam aplicados de forma correta.

Como resultado 33% de respostas incorretas na escola A e 43% na B.

Os alunos confundiram os conceitos de genótipo e fenótipo ou não relacionaram o meio ambiente como um fator importante para a expressão das características Genéticas.

Estes conceitos são ensinados desde o início do ensino de Genética. Então, podemos concluir que o modelo atual de ensino não leva à consolidação de um aprendizado correto.

A função da escola de formar cidadãos críticos, conscientes, informados e atuantes na sociedade não está acontecendo de forma completamente satisfatória.

A segunda categoria - Aplicações da Genética (Tabela 2) - é composta por questões onde o conhecimento relacionado à aplicação da Genética é abordado em diferentes contextos. A abordagem deste tema na escola auxilia os alunos a estudarem este conteúdo de forma estruturada, pois a informação veiculada pela mídia pode ser enganosa e tendenciosa (FRANZOLIN, 2012).

A compreensão destes temas é considerada como importante para a formação científica dos estudantes, pois inúmeros produtos originados a partir da biotecnologia, como soja e arroz transgênicos, roupas oriundas de algodão modificado, insulina humana produzida por bactérias, são utilizados pela população (AYUSO e BANET, 2002).

Na questão 4 o tema abordado foi clonagem. O estudante deveria identificar que o clone apresenta características Genéticas iguais ao organismo doador do DNA. Este tema ganhou destaque com o nascimento da ovelha Dolly em 1996 (KREUZER e MASSEY, 2002). A notícia da clonagem do primeiro mamífero, veiculada em 1997, levou a diferentes questionamentos: será possível clonar seres humanos? Os clones têm expectativa de vida menor?

Os alunos que erraram a questão mostraram não compreender o processo básico de clonagem: o material genético (DNA nuclear) de um doador é inserido em uma célula gamética anucleada desenvolvendo um embrião (AMABIS e MARTHO, 2009).

A justificativa incorreta mais frequente estava relacionada à formação do clone como uma mistura de material genético dos diferentes seres participantes do processo.

Esta concepção errônea mostra que os alunos não relacionaram material genético (DNA) com características Genéticas. Na realidade, eles entenderam que a herança Genética está relacionada com a célula como um todo.

Para que estas concepções errôneas sejam modificadas é necessário que o conhecimento seja apresentado de uma forma que se torne atrativo e, principalmente, tenha uma relação com a realidade (AYUSO e BANET, 2002).

O uso de textos científicos, pesquisas orientadas e modelos didáticos são ferramentas que auxiliam para o desenvolvimento da aprendizagem significativa (MIRANDA, 2001).

Pesquisas mostram que é na escola onde as mudanças conceituais acontecem, pois há espaço para a abordagem de forma correta de temas relacionados à biotecnologia e suas correlações (SANTOS, 2008).

Outro tema de destaque são os transgênicos: organismos vivos modificados em laboratório onde se introduz uma ou mais sequências de genes de interesse provenientes de outra espécie (KREUZER e MASSEY, 2002).

A discussão em torno dos transgênicos teve seu auge relacionado à produção de sementes transgênicas, como soja e arroz. A mídia divulgava pesquisas apontando se a população era a favor ou contra o plantio destas sementes (JUSTINA e BARRADAS, 2003). As pessoas discutiam os possíveis danos destes grãos à saúde. Ambientalistas perguntavam sobre o risco para o meio ambiente (PEDRANCINI *et al.*, 2008). Porém, quando estas pessoas eram questionadas sobre a origem destes grãos, normalmente não apresentavam o conhecimento correto.

As questões 5 e 8 tratavam sobre este tema de duas formas. Na questão 5 o texto descrevia o conceito de organismo transgênico e na questão 8 era apresentado um caso de transgenia com a transferência de um gene de água viva para um coelho.

Nas duas questões a maioria dos alunos, independente da escola, respondeu corretamente.

Com relação à questão 8 observamos, entre os alunos que erraram a questão, a dificuldade em compreender que para a formação do “coelho transgênico” o gene de interesse, proveniente da água viva, seria inserido no zigoto.

As justificativas apresentadas se relacionam com a impossibilidade deste experimento ser realizado. Para estes alunos, transgênicos são apenas algumas plantas criadas em laboratório.

Esta visão pode estar relacionada com o modelo de ensino onde se utilizam como exemplos de transgênicos apenas os alimentos de origem vegetal. Assim, o aluno retém um conhecimento incompleto, que pode induzi-lo a interpretações equivocadas quando, por exemplo, ler um texto, ouvir uma notícia ou encontrar a identificação de produtos transgênicos nos rótulos de alimentos.

No estudo realizado por Justina & Barradas (2003), 53% dos professores de biologia acreditam que transgênicos fazem mal à saúde, 27% acham que deve haver mais pesquisas e 20% responderam que os transgênicos são inofensivos. Estas concepções também podem influenciar na aprendizagem dos alunos.

Temas como clonagem e transgênicos precisam ser trabalhados de forma diferencial para que não ocorra a formação de indivíduos com concepções errôneas. Os estudantes enfrentarão situações na vida onde precisarão avaliar substâncias oferecidas pelo mercado ou compreender os perigos das substâncias que estão inseridas no ambiente. Pedrancini *et al.* (2008), no seu trabalho com estudantes do Ensino Médio, encontraram que os alunos, muitas vezes, expressam ideias equivocadas e sensacionalistas divulgadas pela mídia. Este fato também foi encontrado no trabalho de Cantisani *et al.* (2008) onde 37% dos alunos entrevistados disseram que aprendem temas relacionados à aplicação da Genética através da televisão, enquanto apenas 24% disseram que na escola estes temas são trabalhados. As informações obtidas através da televisão não são suficientes para os alunos, pois estes não sabem selecionar e interpretar corretamente as notícias (ALVES, 2005).

Bons artigos de divulgação científica podem ser fontes complementares para professores do ensino fundamental, médio e universitário (VIEIRA, 2007).

Na questão 6 o tema é melhoramento genético. O texto abordava os agricultores que, desde milhares de anos, mesmo sem conhecimentos de Genética e suas tecnologias, já utilizavam técnicas de melhoramento genético ao selecionarem as sementes provenientes das plantas mais produtivas (SANTOS, 2005).

Grande parte dos alunos - 79% da escola A e 59% da B - respondeu corretamente. Os alunos que erraram a questão justificaram afirmando que “melhoramento genético está relacionado com técnicas de laboratório”.

A abordagem deste tema é um momento onde o professor pode utilizar a história como aliada para o aprendizado. Através da exposição de exemplos de plantas e animais selecionados ao longo do tempo o aluno poderá compreender que o agricultor ao guardar sementes das plantas mais produtivas estará praticando a seleção Genética.

A aprendizagem em Genética requer o conhecimento adequado de diversos conceitos. Entre eles, o termo genoma é considerado como um dos mais difíceis de ser compreendido.

O genoma é a informação Genética completa contida em uma célula ou organismo. Este assunto ganhou destaque decorrente principalmente do Projeto Genoma Humano, finalizado em 2001, que identificou toda a sequência de nucleotídeos que formam o genoma de seres humanos. Este projeto envolveu a participação de diversos pesquisadores de vários países trabalhando em conjunto para decifrar nosso genoma. O sequenciamento do genoma humano proporcionou uma nova visão do DNA para o século XXI (FRANZOLIN e BIZZO, 2012). O estudo do genoma humano pode explicar as causas das doenças crônicas que afetam a saúde da população (WILLIAMS, 2012).

A questão 10 afirmava que o Projeto Genoma Humano identificou todas as proteínas produzidas pelos seres humanos. A resposta com maior representação foi “estudei, mas esqueci”, contra 10% de respostas corretas da escola A e 20% da escola B.

Aprender Genética e suas correlações implica compreender conceitos subsunçores (AUSUBEL, 1980) e relacioná-los com temas mais específicos.

As questões relacionadas à bioética estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas. Discussões sobre as pesquisas com célula-tronco embrionárias, identificação de produtos transgênicos, terapias gênicas e riscos

ambientais criam discussões e opiniões diversas entre estudantes. Por exemplo: é ético utilizar embriões, que não serão implantados, para pesquisas? As empresas têm que identificar nos rótulos os produtos transgênicos? Se em um exame para a verificação de uma doença hereditária for descoberto que o pai da criança não é o pai biológico o geneticista tem direito de expor esta descoberta (ZATZ, 2012).

A questão 11 discutia se era ético utilizar sementes transgênicas em uma plantação antes de conhecermos os riscos para o ambiente. Entre os alunos 44% da escola A e 38% da escola B erraram a questão. Porém, nenhum deles justificou a resposta. Este fato pode estar relacionado à ausência de conhecimento com relação ao tema. Ao marcar a resposta e não justificar o aluno se exime de expor uma opinião.

Estudantes, independente do nível de escolaridade, apresentam dificuldade em emitir opiniões esclarecidas em relação aos atuais avanços científicos e biotecnológicos (SGANZERLA *et al.*, 2004). Os conhecimentos debatidos no meio científico chegam até os alunos de uma forma resumida, insuficiente para gerar um conhecimento que os insiram no contexto do tema (PEDRANCINI *et al.*, 2008).

Além disso, questões que envolvem bioética raramente são encontradas nos livros didáticos ou citadas pelos professores como um conteúdo importante a ser trabalhado na escola (XAVIER *et al.*, 2006).

Com o crescimento da biotecnologia, cada vez mais, temas polêmicos surgirão e ganharão espaço e discussão nas mídias. Assim, cabe à escola e seus professores utilizarem o espaço da sala de aula para trabalhar estes temas e formar cidadãos com conhecimentos científicos corretos. Somente pela educação chega-se a um nível de esclarecimento que capacite à população entender, discutir eticamente e opinar sobre os novos rumos da Ciência (ALVES, 2005).

Nos Estados Unidos temas como o uso de embriões para o estudo de células-tronco geraram um plebiscito onde a população votou se era contra ou a favor das pesquisas (ZANATO, 2006). No Brasil não ocorreu este tipo de ação, mas escolhemos políticos que irão votar estes projetos.

Independentemente de trabalharmos com Genética e suas aplicações, é necessário que a população apresente conhecimento correto com relação a estes temas para realizar escolhas de forma correta e confiável. Estudar Genética é essencial para que os estudantes possam formar um conhecimento qualificado com

relação a diferentes temas como células-tronco e clonagem (KOVALESKI e ARAÚJO, 2013).

Ao analisarmos a Tabela 2 percebemos que todas as questões apresentam, em maior ou menor grau de porcentagem, a resposta “nunca estudei no colégio”. Este resultado mostra que há uma deficiência na abordagem destes temas nas escolas ou o ensino não contribui para a formação de um conhecimento satisfatório. Muitas vezes, os professores apresentam suas próprias concepções em relação ao tema ou desconhecem o assunto e para evitar discussões em sala de aula acabam optando por não abordar temas polêmicos. Mas o professor, independente das suas crenças e opiniões, tem o dever de apresentar e trabalhar temas diversos como transgenia, clonagem, terapias gênicas, células tronco, pois seus alunos poderão se deparar com questões referentes a estes assuntos e terão que opinar ou fazer escolhas relativas a elas.

É papel da escola contribuir para que os alunos compreendam aspectos relacionados com as aplicações tecnológicas e sociais dos conhecimentos na área da Genética. O uso de temas relacionados à biotecnologia pode favorecer o gosto do aluno em aprender Genética (CAMARGO, 2007). Estudos mostram que os próprios docentes sentem dificuldades para compreender temas relacionados aos conhecimentos produzidos na atualidade (AMORIM, 1997) ou acreditam que determinadas características, como o homossexualismo, são hereditárias ou que os homens são mais inteligentes que as mulheres (CASTÉRA e CLÉMENT, 2012).

Encontramos em Cachapuz *et al.* (2011, p. 20)

Num mundo repleto pelos produtos da indagação científica, a alfabetização científica converteu-se numa necessidade para todos: todos necessitamos utilizar a informação científica para realizar opções que se nos deparam a cada dia; todos necessitamos ser capazes de participar em discussões públicas sobre assuntos importantes que se relacionam com a Ciência e com a tecnologia; e todos merecemos compartilhar a emoção e a realização pessoal que pode produzir a compreensão do mundo natural.

Desta forma, não há como a escola se omitir frente à necessidade da formação científica dos alunos.

5 CONCLUSÕES

O ensino de Genética ultrapassa as fronteiras da sala de aula e da necessidade de responder exercícios. Utilizamos os conhecimentos de Genética em diferentes situações: ao ler no rótulo de um salgadinho que ele é fabricado com milho transgênico; ao escolher produtos de beleza que apresentam na embalagem a sigla DNA; quando opinamos sobre a legalização ou não do estudo das células-tronco; ao nos referirmos aos clones como “monstros” criados por cientistas ou, até mesmo, quando perguntamos por que uma criança é mais parecida com um dos seus pais.

Para que a compreensão destes temas seja adequada importantes conceitos precisam estar aprendidos como genes, alelos, cromossomos, meiose, mitose, variação Genética, DNA, entre outros.

Porém, encontramos que a maior parte dos alunos participantes da pesquisa apresenta concepções errôneas relacionadas à Genética, principalmente com relação às aplicações desta ampla área do conhecimento.

Percebemos um grande número de alunos respondendo que “estudaram, mas esqueceram”, o que pode ser o resultado de um modelo de ensino descontextualizado que preza pela memorização de conceitos.

Também, em algumas questões os alunos disseram nunca ter estudado o conteúdo, principalmente naqueles temas relacionados à aplicação da Genética. A pressão relacionada aos vestibulares, o atrelamento ao livro didático e a falta de conhecimento por parte de alguns professores podem ser fatores que levam a este resultado.

Refletir e buscar soluções para o ensino de Biologia se torna essencial em uma sociedade tecnológica onde há manipulação do DNA, clonagem, produção de transgênicos e onde a mídia coloca a dispor da população erros conceituais relacionados ao assunto que está sendo tratado, o que leva à formação de concepções equivocadas pela maioria da população.

Este estudo teve seu foco nos estudantes de Ensino Médio, mas a revisão de literatura mostrou que professores se sentem despreparados para realizar estas mudanças em sala de aula, seja pela presença de suas próprias concepções, do desconhecimento do tema, o modelo descontextualizado de ensino, o

desconhecimento de metodologias adequadas ou o atrelamento aos concursos para a entrada nas universidades.

Assim, deixamos nossa mensagem de que a educação deve ser realizada de forma integral e buscando a autonomia do aluno, pois o homem é o único ser que transforma o seu ambiente. É nosso dever guiar o aluno para que estas mudanças sejam benéficas e sustentáveis à sociedade.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, S. B. F.; CALDEIRA, A. M. de A. *Biologia e ética: um estudo sobre a compreensão e atitudes de alunos do Ensino Médio frente ao tema genoma/ DNA. Ensaio.* v. 7, n. 1, 2005.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia: biologia das populações.** 3.ed. São Paulo: Moderna, 2009.

AMORIM, A. C. R. O ensino de biologia e as relações entre Ciência/ tecnologia e sociedade: o que dizem os professores e o currículo do Ensino Médio? Em: **Anais do VI Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia”.** (p. 74- 77). São Paulo: Faculdade de Educação da USP, 1997.

AUSUBEL, D.P. **Psicologia educacional.** Tradução: Eva Nick. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda., 1980.

AYUSO, G. E.; BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la Genética en educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias,** v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

BARBOSA, M.V. Oficinas práticas de Genética molecular para estudantes do ensino fundamental e médio no município de Garanhuns. **In 54º Congresso Brasileiro de Genética,** p.2 Salvador, 2008.

BONETI, L.W. **Educação, Exclusão e Cidadania.** 3. ed. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio).** Brasília: MEC, 2000.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. de; PRAIA, J; VILCHES, A. (organizadores). **A necessária renovação do ensino das Ciências.** 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CAMARGO, S. S. A Genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. **Genética na escola.** v. 12. n. 1. p. 14-16, 2007.

CANTISANI, L. F.; MOTA, A. J. de; MAMEDE, M. G.; CARDOSO, M. A. G. Quem é esse DNA? A incrível molécula da vida. **IN IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação**. Universidade do Vale do Paraíba, 2008.

CARVALHO, A. M. P. de Construção do conhecimento e ensino de Ciências. **Em Aberto**. Ano 11. n. 55. p. 8-16, 1992.

CASTELÃO, T.B. AMABIS, J. M. Motivação e ensino de Genética: um enfoque Atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem. **In 54º Congresso Brasileiro de Genética**, p.5 Salvador, 2008.

CÁSTERA, J.; CLÉMENT, P. Teacher's conceptions about the genetic determinismo of human behavior: a survey in 23 countries. **Science & Education**. 2012.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Conteúdos de Genética básicos para a formação de cidadãos críticos no Ensino Médio segundo professores e docentes: em comparação com o defendido na literatura. **IX ANPED SUL: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul**, 2012.

FRANZOLIN, F. Conhecimentos básicos de Genética segundo professores e docentes e sua apresentação em livros didáticos e na academia: aproximações e distanciamentos. **Tese de Doutorado**. Pós Graduação em Educação. USP, 2012.

GERICKE, N.M., EL-HANI, C.N., dos Santos V.C. Conceptual variations or incoherence? Textbook discourse on genes in six countries. **Science & Education**. v. 23, n. 2, p. 381-416, 2012.

GIACOIA, L. R. D. Conhecimento básico de Genética: concluintes do Ensino Médio e graduandos de Ciências biológicas. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. Bauru / SP, 2006.

GODIM, J. R.; MATTE, U. **Projeto Genoma Humano**, Bioética e Genética: UFRGS, 2000. Disponível em <http://www.ufrgs.br/bioetica/genoma.htm>. Acesso em 10 de abril de 2014.

HOFFMAN, R. Por que divulgar Ciência. **Ciência Hoje**. v.14. n. 182. p. 45, 1992.

JUSTINA, L. A. D.; BARRADAS. C. M. As opiniões sobre o ensino de Genética numa amostra de professores de biologia do nível médio. **IN IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru, 2003.

JUSTINA, L. A. D. Ensino de Genética e história dos conceitos relativos à hereditariedade. **Dissertação de Mestrado**. Florianópolis: UFSC, 2001.

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

KLAUTAU, N.; AURORA, A.; DULCE, D.; SILVIENE, S.; HELENA, H.; CORREIA, A. Relação entre herança Genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. **Enseñanza de las Ciencias**, Número extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p. 2267-2270, 2009.

KOVALESKI, A. B.; ARAÚJO, M. C. P. de. A história da Ciência e a bioética no ensino de Genética. **Genética na Escola**. v.8, n.2, 2013.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.

KREUZER, H, MASSEY, A. **Engenharia Genética e biotecnologia**. 2 ed. São Paulo: Artmed, 2002.

LANE, S.; CODO, W. **Psicologia social: o homem em movimento**. São Paulo: Brasiliense, 1993.

LORETO, E.L.S.; SEPEL, L.M.N. A escola na era do DNA e da Genética. **Ciência e Ambiente**. v. 6. p. 149-156, 2003.

LÜDKE, A. E MENGA, E.D.A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MEYER, L. M. N.; BOMFIM, G. C.; EL-HANI, C. N. How to understand the gene in the twenty-first century? **Science & Education**, 2011.

MIRANDA, S. No fascínio do jogo, a alegria de aprender. **Ciência Hoje**, v.28, n. 168, p. 64-66, 2001.

MOREIRA, M.C.A. SILVA, E.P. Concepções prévias. Uma revisão de alguns resultados sobre Genética e evolução. **Encontro Regional de Ensino de Biologia**, Niterói, 2001.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas. **Aprendizagem Significativa em revista**. v. 1 (2). p. 43- 63, 2011.

MORTIMER, E.F. Construtivismo, Mudança Conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos. **Investigações em Ensino de Ciências**, n.1, v.1, p. 20-39, 1996.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa- características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**. São Paulo, v.1 no. 3 2º. Semestre 1996.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; Nunes, W. M. de 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.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de biologia no Ensino Médio e a

apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

PRIMON, C.S.F. Análise do conhecimento de conteúdos fundamentais de Genética e Biologia Celular apresentado por graduandos em Ciências Biológicas. São Paulo. Instituto de BioCiências, Universidade de São Paulo, 2005. **Dissertação de Mestrado** em Biologia/Genética, 2005.

REDFIELD, R. J. Why do we have to learn this stuff? A new genetics for 21st century students. **Plos Biology**. v. 10. n. 7, 2012.

SANTOS, A dos. Experimentação lúdica no ensino de Genética: mitose. **Monografia (graduação)** Licenciatura Plena em Biologia, ULBRA, Itumbiara, 2008.

SANTOS, S. **Para geneticistas e educadores**: o conhecimento cotidiano sobre a herança biológica. São Paulo: Annablume, 2005.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da Ciência como aliada no ensino de Genética. **Genética na escola**. v. 1, n. 1. p. 17-18, 2006.

SGANZERLA, L. C. M.; CORAZZA-NUNES, M. J.; NUNES, W. M.; TOMANIK, E. A. Preparados ou não para o futuro? Atitudes dos alunos de graduação em relação ao projeto genoma humano. **Acta Scientiarum**. n. 26, v.2, p. 239-250, 2004.

SILVEIRA, R. V. M. Código genético: uma análise das concepções dos alunos do Ensino Médio. **Genética na escola**. v.9, n.1, p. 12-19, 2014.

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI- SANTOS, M. L. Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. **Revista Electrónica de Investigação em Educação em Ciências**. v.8, n.2., p. 13-20, 2013.

VIEIRA, C. L. **Pequeno manual de divulgação científica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2007.

WILLIAMS, M., MONTGOMERY, B. L., MANOKORE, V. From phenotype to genotype: exploring middle school student's understanding of genetic inheritance in a web-based environment. **Science & Education**. v. 74, n. 1, p. 35-40, 2012.

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 e Educação**. v. 12. v. 3, p. 275-289, 2006.

ZANATO, L. Células-tronco embrionárias e a lei 11.105/05: convergências entre biologia e direito. **Monografia (graduação)** bacharelado em Direito. UFPR. Curitiba, 2006.

ZATZ, M. **Genética**: a escolha que nossos avós não faziam. São Paulo: Globo, 2012.

APÊNDICE 1

Teste realizado com os alunos

Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do Ensino Médio

Pesquisador (a): Daiana Sonogo Temp
e-mail: daianatemp@yahoo.com.br

Orientador(a): Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos
e-mail: marliselbs@gmail.com

Caro aluno, você está sendo convidado para participar como voluntário, em uma pesquisa de doutorado do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. As respostas são confidenciais e utilizadas no todo sem haver identificação do estudante.

Obrigada pela sua participação.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____ concordei em responder a pesquisa abaixo. Fui esclarecido sobre a mesma e de que não terei minha identidade revelada bem como não terei nenhuma remuneração.

Dados gerais:

Sexo: () F () M

Idade:

Após analisar as afirmativas, assinale a letra que corresponde a melhor resposta para as questões a seguir: (V) verdadeira, (F) falsa, (E) estudei, mas esqueci e (N) não vi isso no colégio. Ao final de cada questão que você responder como FALSA, dê uma breve explicação para sua resposta.

1. Nos exames para teste de paternidade, o DNA, quando extraído do sangue, pode ser obtido a partir das hemácias, dos leucócitos ou das plaquetas, pois todas as células apresentam o DNA.

(V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci

(N) não vi isto no colégio.

2. Em um acidente, embora os corpos das vítimas fatais ficassem queimados e irreconhecíveis, foi possível obter, a partir de fragmentos de tecidos, amostras de DNA nuclear e mitocondrial de todos os mortos. Faleceram no acidente dois filhos de uma senhora, cada um de um casamento diferente. Uma das formas possíveis de identificar os despojos dos filhos dessa senhora consiste em verificar se existe

homologia (similaridade) do DNA mitocondrial da senhora com o DNA mitocondrial das vítimas, pois o DNA mitocondrial é herdado sempre da mãe.

(V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
(N) não vi isto no colégio.

3. Analise a situação fictícia abaixo:

1ª. Situação: “Maria manteve relações sexuais com dois irmãos, gêmeos dizigóticos, nascendo, destas relações, Alfredo”

2ª. Situação: “Paula engravidou ao manter relações sexuais com dois irmãos gêmeos monozigóticos, nascendo Renato”.

Ambas reclamam na Justiça o reconhecimento de paternidade, determinando o juiz a realização de testes de DNA. Em cada caso, os testes usaram para comparação amostras da criança e de sua mãe, e do(s) suposto(s) pai(s). Após receber os resultados, a Justiça pronunciou-se sobre a paternidade de uma das crianças: Renato porque a mãe teve relações com gêmeos monozigóticos.

(V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
(N) não vi isto no colégio.

4. A égua, o jumento e a zebra pertencem a espécies biológicas distintas que podem cruzar entre si e gerar híbridos estéreis. Destes, o mais conhecido é a mula, que resulta do cruzamento entre o jumento e a égua. Suponha que o seguinte experimento de clonagem foi realizado com sucesso: o núcleo de uma célula somática de um jumento foi transplantado para um óvulo anucleado da égua e o embrião foi implantado no útero de uma zebra, onde ocorreu a gestação. O animal (clone) produzido em tal experimento terá características Genéticas da égua, pois ela foi a doadora do gameta (óvulo).

(V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
(N) não vi isto no colégio.

5. Há diversos tipos de milhos disponíveis no campo. Alguns são mais resistentes à ação de determinadas pragas, enquanto outros apresentam maior teor de amido. Atualmente, com o avanço científico-tecnológico, tem sido possível unir essas duas características em um único organismo, incorporando em seu DNA um ou mais genes de outros organismos, responsáveis pelas características desejadas. Um organismo que apresenta genes de outros organismos recebe o nome de transgênico.

(V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
(N) não vi isto no colégio.

6. Durante milênios, os agricultores aperfeiçoaram a natureza criando diferentes espécies e variedades vegetais para obter plantas com determinada

característica Genética. Mesmo sem possuir conhecimentos científicos, eles já aplicavam técnicas de melhoramento genético.

- (V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
- (N) não vi isto no colégio.

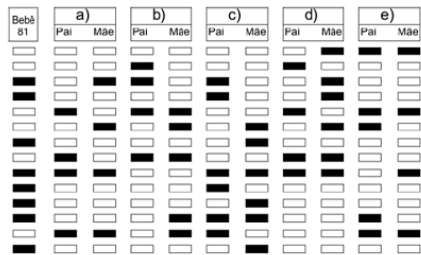
7. Novas técnicas possibilitaram a produção de grandes quantidades de insulina por bactérias que receberam o gene humano para esse hormônio. O fato citado é um exemplo de utilização de técnicas de engenharia Genética.

- (V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
- (N) não vi isto no colégio.

8. Alba é uma doce coelhinha branca, nascida na França em abril, e vive num centro de pesquisas. A coelhinha recebeu um trecho de DNA de medusa que a faz brilhar na presença da luz. Para a produção de Alba foi necessário inserir o DNA da medusa em todas as células de Alba.

- (V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
- (N) não vi isto no colégio.

9. Teste de DNA confirma paternidade de bebê perdido no tsunami. Um casal do Sri Lanka que alegava ser os pais de um bebê encontrado após o tsunami que atingiu a Ásia, em dezembro, obteve a confirmação do fato através de um exame de DNA. O menino, que ficou conhecido como "Bebê 81" por ser o 81º sobrevivente a dar entrada no hospital de Kalmunai, era reivindicado por nove casais diferentes. Folha online, 14/02/2005 (adaptado). Algumas regiões do DNA apresentam sequências curtas de nucleotídeos que se repetem no genoma (por exemplo, GATCGATCGATCGATC), e o número de repetições dessas regiões varia entre as pessoas. Existem procedimentos que permitem visualizar essa variabilidade, revelando padrões de fragmentos de DNA que são uma impressão digital molecular. Não existem duas pessoas com o mesmo padrão de fragmentos com exceção dos gêmeos monozigóticos. Metade dos fragmentos de DNA de uma pessoa é herdada de sua mãe e a outra metade de seu pai. Com base nos padrões de fragmentos de DNA representados abaixo, podem ser considerados como pais biológicos do Bebê 81 o casal D.



- (V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci (N) não vi isto no colégio.

10. O anúncio do sequenciamento do genoma humano, em 21 de junho de 2000, significa que os cientistas determinaram todos os tipos de proteínas codificadas pelos genes humanos.

- (V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
(N) não vi isto no colégio.

11. A aplicação das técnicas que compõem a Biotecnologia Molecular tem implicações econômicas, éticas, sociais e legais. A Bioética é um campo interdisciplinar que procura antecipar os problemas éticos relacionados com a pesquisa biológica e seu impacto na sociedade. Assim, não há riscos, ou seja, não é antiética a utilização de plantas geneticamente modificadas para resistência a herbicidas, pois não há risco delas passarem a característica adquirida para outras plantas semelhantes no ambiente, criando seres resistentes aos herbicidas.

- (V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
(N) não vi isto no colégio.

12. João e Maria estão pensando em ter um filho. João tem um irmão moreno claro e uma irmã morena escura. Seu pai é moreno claro e sua mãe é negra. Maria e seus pais são brancos. A característica cor da pele se refere ao genótipo do indivíduo, ou seja, a interação do ambiente com o fenótipo.

- (V) verdadeira (F) falsa (E) estudei, mas esqueci
(N) não vi isto no colégio.

Fonte das questões utilizadas no teste com os alunos

Questão	Fonte
1	http://nhccosmeticos.com.br/paulobhz/Biotecnologia.pdf
2	file:///C:/Documents%20and%20Settings/matheus/Meus%20documentos/Downloads/exerciciosengenharia-geneticaparte01%20(1).pdf
3	http://nhccosmeticos.com.br/paulobhz/Biotecnologia.pdf
4	file:///C:/Documents%20and%20Settings/matheus/Meus%20documentos/Downloads/exerciciosengenharia-geneticaparte01.pdf
5	http://djalmasantos.wordpress.com/2011/11/10/testes-de-biotecnologia-55/
6	http://djalmasantos.wordpress.com/2011/11/10/testes-de-biotecnologia-55/
7	file:///C:/Documents%20and%20Settings/matheus/Meus%20documentos/Downloads/exerciciosengenharia-geneticaparte01.pdf
8	http://nhccosmeticos.com.br/paulobhz/Biotecnologia.pdf
9	file:///C:/Documents%20and%20Settings/matheus/Meus%20documentos/Downloads/exerciciosengenharia-geneticaparte01.pdf
10	file:///C:/Documents%20and%20Settings/matheus/Meus%20documentos/Downloads/exerciciosengenharia-geneticaparte01.pdf
11	http://nhccosmeticos.com.br/paulobhz/Biotecnologia.pdf
12	http://www.passeidireto.com/arquivo/

3.2 Artigo 2: Identificando o conhecimento de Genética entre alunos ingressantes na universidade

O segundo artigo que compõem esta tese foi aceito para apresentação oral e publicação como artigo completo no ENEBIO: V Encontro Nacional de Ensino de Biologia e II Encontro Regional de Ensino de Biologia que ocorreu no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo no mês de setembro de 2014. No mês de outubro o artigo foi publicado na Revista da SBENVIO, n.7, 2014, p. 1441-1451.

Neste artigo pretendemos identificar se alunos ingressantes na universidade matriculados em cursos da área Biológica apresentam conhecimento esperado em relação aos conteúdos de Genética.

Estes alunos foram escolhidos porque, nas suas áreas de atuação, serão confrontados em situações em que os conteúdos de Genética são exigidos, assim, devem apresentar conhecimento adequado em relação a este campo do conhecimento.

A coleta dos dados ocorreu a partir da aplicação de um teste composto por questões que exploravam os conteúdos de Genética ensinados no Ensino Médio.

A análise das respostas mostrou que os alunos apresentam concepções errôneas em relação a tríade genes-cromossomos-DNA, acreditam que os cromossomos sexuais estão presentes apenas nos gametas e que as características determinadas por alelos dominantes estão presentes em maior proporção na população.

A divulgação destes resultados poderá auxiliar os professores de Biologia a trabalharem, de forma mais eficaz, tais concepções com seus alunos.

IDENTIFICANDO O CONHECIMENTO DE GENÉTICA ENTRE ALUNOS INGRESSANTES NA UNIVERSIDADE

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar se alunos iniciantes na universidade, matriculados no primeiro ou segundo semestre em cursos da área biológica em uma universidade pública no estado do RS no ano de 2012 apresentavam conhecimento em Genética compatível com o esperado para egressos do Ensino Médio. A pesquisa foi realizada através da aplicação de um teste composto por questões de múltipla escolha que englobavam diferentes conteúdos relacionados à Genética. A análise do teste mostrou que os estudantes apresentam concepções errôneas com relação a diferentes temas, como a relação genes-cromossomos-DNA; diferença entre célula somática e célula gamética; presença de cromossomos sexuais em todos os tipos celulares; interpretação de genealogias e cálculos de probabilidade.

Palavras-chave: Genética, aprendizagem significativa, estudantes universitários.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea está vivenciando grandes mudanças na área tecnológica aliada à saúde, principalmente quando se trata de questões referentes ao DNA (ácido nucleico que contém a informação Genética). As diferentes aplicações das técnicas de engenharia Genética possibilitam desde a escolha de embriões até a produção de hormônios humanos utilizando bactérias como organismos replicadores desta substância (ZATZ, 2012). Em vários momentos os cidadãos se deparam com questões, inclusive éticas, que envolvem o conhecimento de temas relacionados à Genética, como propagandas que prometem “milagres terapêuticos” devido à presença de DNA em determinados produtos comercializados, a utilização ou não de alimentos transgênicos, a produção e utilização de vacinas, terapias gênicas, entre tantos outros.

Muitas vezes, os meios de comunicação apresentam uma imagem repleta de erros com relação ao assunto a ser explorado e os cidadãos expostos a esta notícia formam concepções equivocadas que não os auxiliarão a participar de discussões ou tomar decisões sobre o uso ou não de um determinado produto. Ensinar um conceito de Biologia, Física ou Química não pode se limitar ao fornecimento de

informações e de estruturas correspondendo ao estado da Ciência no momento (ASTOLFI e DEVELAY, 2007).

Conhecimentos básicos sobre Genética permitem que as pessoas se posicionem criticamente e façam escolhas conscientes, frente a situações cotidianas, como, por exemplo, compreender corretamente o significado da palavra transgênico contida em rótulos de certos alimentos.

1.1 Aprendizagem significativa

Um dos maiores desafios relacionados à educação é encontrar formas de ensino que sejam eficazes para a promoção da aprendizagem significativa (AS). O conceito de aprendizagem significativa, elaborado por Ausubel. (1980) enfoca a necessidade de que os conteúdos a serem aprendidos tenham significado aos alunos e que se ancorem em conceitos subsunçores: “estruturas específicas ao qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena experiências prévias do aprendiz” (MOREIRA, 2012, p.18).

À medida que novas relações e conexões entre os conteúdos são realizadas o conhecimento passa a ter significado, gerando uma aprendizagem significativa em detrimento de um conhecimento apenas memorístico. Desta forma, ocorrerá aprendizagem significativa quando o estudante conseguir relacionar a nova informação com o que já sabe criando uma rede de conceitos (AUSUBEL, 1980), ou seja, a aprendizagem é significativa quando o sujeito constrói um modelo mental da nova informação (MOREIRA, 2012).

Os conteúdos de Genética apresentam subsunçores em diferentes subáreas da Biologia, por exemplo, a Biologia molecular. Para compreender como ocorre a expressão fenotípica é necessária a compreensão de conceitos “âncoras” como síntese de proteínas, genes, herança, genótipo, RNA, transcrição, DNA, entre outros. Para que a aprendizagem significativa ocorra os professores precisam reconhecer os conceitos subsunçores auxiliando seus alunos na construção do conhecimento. Caso contrário, poderão ensinar conceitos que não auxiliam na aquisição de novos conhecimentos, e ainda podem levar à formação de concepções errôneas ou equivocadas que acabam prejudicando a consolidação do aprendizado (AUSUBEL, 1980).

Entre os grandes desafios que se coloca ao professor, um é o de ajudar o aluno a tornar-se consciente das estratégias de aprendizagem que usa para construir (reconstruir) conceitos, outro é de propiciar situações de ensino que contemplem o uso dessas estratégias. Ayuso e Banet (2002) afirmam que muitas vezes os alunos obtêm bons resultados nas avaliações porque as mesmas exigem apenas a memorização de fórmulas e conceitos (VIEIRA e SFORNI, 2010).

O professor deve organizar o conteúdo em uma sequência que facilite o entendimento pelo aluno. Ausubel. (1980) acredita que os conceitos mais abrangentes devem ser trabalhados primeiramente e, passo a passo, ocorrer a introdução de conceitos mais específicos. Porém, se o conteúdo não for assimilado de forma satisfatória, cabe ao professor repensar a forma de ensino e criar no aluno a vontade de aprender, uma das questões fundamentais para que a aprendizagem significativa ocorra (MOREIRA, 2012). A forma como os conteúdos são abordados pode ser um agente facilitador ou não no processo de aprendizagem (BITTENCOURT e DE CARO, 2005).

A experiência com os alunos tem mostrado que os esquemas de livros didáticos, muitas vezes, não são uma fonte suficiente para esclarecer relações conceituais (SOARES, 2002). Mais ainda, é difícil para o professor identificar possíveis erros conceituais de seus alunos a partir da avaliação de textos ou esquemas onde o aluno repete o que leu nos livros ou ouviu do professor.

Percebe-se que os alunos têm dificuldade na aprendizagem, também, porque os conceitos não fazem parte do mundo concreto deles, sendo difícil compreender estruturas tão abstratas e complexas, como genes, genótipo, síntese de proteínas, entre outros.

Muitas vezes a dificuldade de aprendizagem em sala de aula está relacionada, também, à falta de uso de recursos didáticos que facilitem a passagem do conceito para a estrutura cognitiva do aluno onde o conhecimento é arquivado de forma hierárquica (MOREIRA, 2012). Martins *et al.* (2009, p. 340) salientam que “o fracasso na aprendizagem é uma forma de demonstrar que os métodos, as estratégias e outros aspectos do ensino não têm sido eficazes para promover uma aprendizagem significativa”.

A aprendizagem realizada por descoberta, ou seja, com a participação do aluno, faz com que esses conteúdos sejam recebidos de modo não acabado, o que

leva o aluno a descobri-los de forma mais significativa e, assim, assimilá-lo (PELIZZARI *et al.*, 2002).

1.2 Por que aprender Genética?

Aprender Genética é central para a Biologia, pois várias linhas do pensamento podem ser colocadas dentro de um todo coerente tendo a Genética como campo de estudo unificador (KREUZER e MASSEY, 2002). É importante compreender Genética em um momento onde há discussões em torno do uso de células tronco e organismos geneticamente modificados (PRIMON, 2005).

De acordo com os eixos cognitivos que norteiam o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), o aluno deve, ao final do Ensino Médio, conseguir interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização do sistema biológico. Já nos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCN) (BRASIL, 2001) estão delineadas as seguintes competências que o aluno deve apresentar: desenvolver modelos explicativos sobre o funcionamento dos sistemas vivos; relacionar conceitos da Biologia com os de outras Ciências, entender processos como a produção de proteínas e a hereditariedade; analisar a teoria da evolução e as concepções sobre a hereditariedade das características dos seres vivos.

O objetivo deste trabalho foi identificar o conhecimento em Genética entre estudantes universitários, em fase inicial, matriculados em cursos da área biológica, ingressantes no primeiro ou segundo semestre do ano de 2012. Este grupo foi escolhido porque os alunos estudaram Genética no mínimo há um ano no Ensino Médio e ainda não cursaram disciplinas relacionadas aos conteúdos de Genética nos cursos que ingressaram.

2 METODOLOGIA

Participaram da pesquisa 64 alunos (57 do sexo feminino e sete do sexo masculino) ingressantes em uma universidade pública no estado do RS, Brasil, no ano de 2012. Estes alunos eram oriundos de cursos relacionados à área Biológica, sendo que os mesmos estavam cursando o primeiro ano da faculdade (primeiro ou segundo semestre do curso). Com relação ao ano de conclusão do Ensino Médio,

quatro alunos terminaram entre 1993 e 2003, 10 alunos entre 2006 e 2008, 43 alunos entre 2009 e 2011 e sete alunos não responderam.

Para a coleta dos dados utilizou-se um modelo de teste baseado em Temp e Bartholomei-Santos (2013). O teste apresentou questões de múltipla escolha que buscavam identificar os conhecimentos dos alunos em relação aos conteúdos de Genética estudados no Ensino Médio. Apesar das questões serem objetivas os alunos deveriam apresentar o desenvolvimento do exercício. O conteúdo presente nas questões está apresentado na Tabela 1, assim como o conhecimento que se espera que o aluno tenha para responder corretamente as questões. Algumas questões avaliaram a memorização e outras a capacidade de interpretação e utilização de conceitos. Com isso objetivou-se identificar se alunos que acertavam questões que exigiam apenas memorização também acertariam questões em que houvesse a necessidade de aplicação correta dos conceitos, ou seja, se houve aprendizagem. A análise consistiu em comparar respostas corretas e erradas das questões propostas.

3 RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os percentuais de erros e acertos para cada questão.

Tabela 1: Temas abordados nas questões apresentadas aos participantes da pesquisa, conhecimento necessário para responder corretamente às questões e porcentagem de respostas corretas e erradas para cada questão.

Questão	Tema	Conhecimento esperado	Acertos (%)	Erros (%)
1	Relação gene-cromossomo-DNA	Compreensão de diferentes conceitos e as relações entre cromossomos-genes e DNA.	32,68	67,32
2	Células somáticas e gaméticas	Compreensão das diferenças entre células somáticas e gaméticas e cromossomos autossomos e sexuais.	49,18	50,82
3	Cromossomos sexuais	Identificação dos tipos celulares onde os cromossomos sexuais poderiam ser encontrados.	22,72	77,28
4	Dominância e recessividade	Diferenciação entre dominância e recessividade e entre fenótipo dominante e fenótipo mais frequente.	28,36	71,64
5	Genealogia	Interpretação de genealogia; identificação do padrão de herança da característica apresentada e cálculo de probabilidade.	44,26	55,74

Questão	Tema	Conhecimento esperado	Acertos (%)	Erros (%)
6	Conceitos: homo e heterozigoto	Reconhecimento de conceitos como homozigoto dominante, homozigoto recessivo e heterozigoto.	72,58	27,42
7	Relação genótipo, fenótipo e meio	Reconhecimento da interação do genótipo + meio= fenótipo	67,21	32,79
8	Aplicação de conceitos em um problema	Utilização correta de conceitos como fenótipo, genótipo, alelo e dominância.	46,55	53,45
9	Probabilidade e genealogia	Interpretação de genealogia e cálculo de probabilidade.	30,77	69,23

Fonte: Dados da pesquisa.

4 DISCUSSÃO

Com relação à questão 1 (referente ao entendimento da relação gene-cromossomos-DNA) obteve-se o resultado de 67,32% de respostas erradas. Este dado é preocupante, pois reconhecer a diferença entre estes conceitos é base para a compreensão da Genética e do funcionamento celular. Nesta pesquisa, em especial, estamos analisando dados de alunos que utilizarão estes conceitos no exercício de suas profissões.

No ano de 2001, Marrero e Maestrelli realizaram uma pesquisa com 250 alunos da área da saúde da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Os resultados mostraram que a maioria dos estudantes definia corretamente os termos DNA, cromossomos e genes, mas 16% destes não faziam a relação correta entre os conceitos.

A questão 2 investigou se os estudantes reconheciam e compreendiam a diferença entre célula somática e gamética. Este conhecimento remete ao entendimento de diversos conceitos como número cromossômico, meiose, fecundação, identificação de síndromes, diferença entre mutações herdáveis ou não e análise de cariótipo.

Nesta questão, 50,82% dos estudantes responderam de forma incorreta à pergunta. Ao analisarmos as respostas percebemos que ocorre certa confusão entre os conceitos, como a concepção de que a células gaméticas apresentam apenas os cromossomos sexuais.

Podemos comparar estes dados com os de Justina e Ripel (2003) entre alunos do Ensino Médio. Entre os pesquisados, apenas 20,34% citaram os vegetais

como seres que apresentam genes. Em relação à pergunta “Onde podemos encontrar o DNA?” a grande maioria respondeu que apenas nas células sexuais.

Estes resultados mostram que os estudantes não conseguem relacionar informação Genética como uma característica inerente a todos os seres vivos e presente em todas as células, não apenas nos gametas.

A questão 3 abordou a presença dos cromossomos sexuais em diferentes tipos celulares. Reforçando o resultado da questão 2, a questão 3 apresentou 77,18% de respostas erradas. Os estudantes, mesmo após a passagem pelo Ensino Médio, onde estudaram em diferentes momentos este conteúdo (por exemplo, durante o estudo dos cromossomos, mitose, meiose e hereditariedade), não conseguem compreender que todas as células somáticas formadoras do corpo humano apresentam o mesmo número e tipo de cromossomos (44 cromossomos autossomos e 2 cromossomos sexuais). Nota-se que para a maioria dos estudantes diferentes tipos celulares são compostos apenas pelos cromossomos necessários para o funcionamento daquele tipo de célula.

Resultado semelhante foi encontrado por Silveira e Amabis (2003), onde os autores identificaram que os alunos sabem que os gametas possuem cromossomos e genes, reconhecem os cromossomos em um desenho de uma célula, mas não compreendem que todas as células apresentam informação Genética.

Os conceitos de cromossomos, localização e suas funções precisam ser bem compreendidos, pois estão relacionados a outras definições como genes, cromossomos homólogos, hereditariedade entre outros. O não entendimento destes conceitos dificulta a compreensão de temas atuais e às vezes polêmicos, como clonagem, organismos transgênicos, terapia gênica, teste de DNA, entre outros.

Em uma pesquisa realizada com alunos do Ensino Médio Loreto e Sepel (2003) encontraram que pequena parcela apresentava um conhecimento mais adequado sobre DNA, sendo que a maioria respondeu que não comeria um alimento contendo DNA.

Os conceitos de alelo dominante e alelo recessivo são considerados subsunçores para a aprendizagem em Genética. Entretanto, eles podem remeter ao entendimento errôneo de que o caráter dominante sempre aparece em maior frequência na população. Esta concepção equivocada foi encontrada entre os estudantes participantes da pesquisa. Na questão 4 pediu-se que os mesmos

analisassem os dados de um problema e caracterizassem o fenótipo dominante. O resultado foi 71,64% de respostas erradas.

Estes dados podem estar relacionados à memorização de conceitos ao invés da reflexão e entendimento do que está sendo exposto no exercício. Praticamente todos os alunos escrevem ou falam algo sobre Genética, porém a terminologia científica é confundida, mostrando que não ocorreu aprendizagem significativa (GIORDAN e VECCHI, 1996).

A interpretação e montagem de genealogias também podem ser consideradas como conhecimento base para a aprendizagem de Genética, pois diferentes assuntos como herança ligada ao X, determinação de um caráter como dominante ou recessivo e aconselhamento genético são exemplos de situações onde este conhecimento é necessário.

A questão 5 referente à temática citada apresentou 55,74% de respostas erradas. Estudo de Temp e Bartholomei-Santos (2013) com alunos no Ensino Médio apresentou uma porcentagem semelhante (58,5%) de respostas erradas com relação à interpretação de genealogias. Assim, percebe-se que o ensino das genealogias é pouco eficiente desde o início da aprendizagem do tema.

As questões 6 e 7 referentes a conceitos básicos em Genética como homocigoto, heterocigoto, genótipo e fenótipo apresentaram, respectivamente, 72,58% e 67,21% de respostas corretas.

Porém, não podemos afirmar que ocorreu aprendizagem significativa para a maioria dos estudantes, pois observamos nas outras questões que os mesmos têm muitas concepções errôneas com relação à Genética. Assim, eles não realizam a correlação entre conceitos e conteúdos diferentes para chegar a um entendimento correto e integrado dos temas estudados. Talvez possamos considerar que, devido à constante repetição destes termos durante as aulas, os estudantes decoraram os mesmos. Podemos corroborar o fato citado através da análise da questão 8 (aplicação de conceitos em um exercício). Neste momento, 53,45% dos estudantes respondeu de forma incorreta a questão.

A última questão, número 9, exigia a compreensão de uma genealogia e o conhecimento de regras de probabilidade. O resultado apresentou 69,23% de respostas incorretas. Ao analisarmos a questão pudemos observar que a maioria dos estudantes esquecia ou não compreendia como deveria ser aplicada a multiplicação de probabilidades. Os alunos deveriam calcular a probabilidade de um

casal ter uma filha afetada por um caráter recessivo, a partir da interpretação do heredograma. Este resultado também pode estar relacionado à dificuldade de interpretação do enunciado do problema.

Compreender Genética implica na presença de um sólido conhecimento em divisão celular, noções de probabilidade e relacionar de forma adequada estes conhecimentos (subsunçores) aos novos conhecimentos que lhe são apresentados (MOREIRA e SILVA, 2001). Uma abordagem interdisciplinar facilitaria para o aluno e para o professor de Biologia esta aprendizagem, tornando-a significativa. A falta de interconexão entre conteúdos que se complementam como a divisão celular e outros conceitos de Genética, faz com que os alunos cheguem ao Ensino Superior sem as noções adequadas sobre esse assunto (DENTILLO, 2009).

5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve o objetivo de identificar se estudantes universitários apresentam conhecimento relevante com relação aos conteúdos de Genética e suas correlações. Os resultados mostraram que os estudantes não apresentam o conhecimento desejado, em relação à Genética, e não relacionam diferentes conteúdos para chegar a uma resposta correta.

Estes resultados podem estar associados ao fato de o conteúdo de Genética exigir abstração de conceitos, correlação entre diferentes conteúdos e uso de regras matemáticas. Com relação a conceitos subsunçores como a relação gene-cromossomo-DNA a maioria dos estudantes não conseguiu discernir esta relação.

É preocupante identificarmos que estudantes da área Biológica apresentem concepções errôneas com relação a uma temática que integra o funcionamento celular e desponta como uma tecnologia na área da saúde para a detecção e, quem sabe, a cura de doenças de origem Genética.

Os alunos participantes da pesquisa, de forma geral, ingressaram na universidade com conhecimento deficiente de conteúdos básicos da Genética. Embora eles ainda venham a cursar disciplinas relacionadas à Genética, o *background* pobre leva à dificuldade de compreensão de temas mais específicos e complexos que serão abordados nestas disciplinas. Além disso, os docentes destas

disciplinas acabam usando parte da carga horária para “revisar, retomar” conceitos que deveriam ter sido apreendidos no Ensino Médio. Estes resultados servem de base para uma maior reflexão em relação ao formato do ensino exercido na escola e a necessidade das Instituições de Ensino Superior promoverem atividades (talvez extracurriculares) para que os estudantes possam reconstruir seus significados com relação ao entendimento desta subárea tão importante chamada Genética.

Repensar metodologias e incentivar o aluno a querer aprender são fatores essenciais que levarão à consolidação da aprendizagem significativa. Estas questões podem ser trabalhadas através da promoção de cursos ou oficinas de formação continuada para os professores de Biologia atuantes no Ensino Médio. Desta forma, a dificuldade de aprendizagem e consolidação do conhecimento serão discutidos com o grupo formador que poderá utilizar e criar metodologias diferenciais para que o aprendizado ocorra.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTOLFI, J.P.; DEVELAY, M. **A Didática das Ciências**. Campinas: Papyrus, 2007.

AUSUBEL, D.P. **Psicologia educacional**. Tradução: Eva Nick. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 1980.

AYUSO, G.E., BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la Genética en educación secundaria. **Enseñanza de las ciencias**. v. 20, n. 1, p. 133- 157, 2002.

BITTENCOURT, P.A.L., DE CARO, M.C.M. Concepções prévias de alunos de Terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 7, núm. 3, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. 2001.

DENTILLO, D.B. Divisão celular: representação com massa de modelar. **Genética na escola**. 1, 1, 33-36, 2009.

GIORDAN, A., VECCHI G DE. **As origens do saber**: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. Porto Alegre: Artes Médicas. 2 ed, 1996.

JUSTINA, L.A.D., RIPEL, J. L. Ensino de Genética: Representações da Ciência da Hereditariedade no Nível Médio. In: **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2003, Bauru. Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru: ABRAPEC, 2003.

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.

MARRERO, A.R., MAESTRELLI,S.R.P. Qual a relação que existe entre DNA, cromossomos e genes? **In: 47º Congresso Brasileiro de Genética**. Águas de Lindóia, São Paulo, 2001.

KREUZER, H, MASSEY, A. **Engenharia Genética e biotecnologia**. 2 ed. São Paulo: Artmed, 2002.

MARTINS, R.L.C.; VERDEAUX, M. de F. da S., SOUZA C.M.S. de G. A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, 340, 2009.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editorial, 2012.

MOREIRA, M. C. A. SILVA, E. P. Concepções prévias. Uma revisão de alguns resultados sobre Genética e evolução. **Encontro Regional de Ensino de Biologia**, Niterói, 2001, 504p.

PELIZARI, A.; KRIEGL, M. de L.; BARON, M. P.; FINCK, N.T.L, DOROCINSKI, S. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Rev. PEC**. v. 2, n. 1, p. 37-42, jul. 2001- jul. 2002.

PRIMON, C.S.F. Análise do conhecimento de conteúdos fundamentais de Genética e Biologia Celular apresentado por graduandos em Ciências Biológicas. (2005). São Paulo. Instituto de BioCiências, Universidade de São Paulo, 2005. **Dissertação de Mestrado** em Biologia/Genética, 2005.

SILVEIRA, R.V.M., AMABIS, J.M. Como os estudantes do Ensino Médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético? **In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2003, Bauru. Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru: ABRAPEC, 2003.

SOARES, J.F. **Escola eficaz: um estudo de caso em três escolas da rede pública de ensino do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2002. Disponível em <http://www.mendeley.com/research/escola-eficaz-um-estudo-de-caso-em-trs-escolas-pblicas-de-ensino-do-estado-de-minas-gerais/>. Acesso em: 3 de set, 2013.

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI- SANTOS, M. L. Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. **Revista Eletrônica de Investigação em Educação em Ciências**. v.8, n.2., p. 13-20, 2013.

VIEIRA, V. A. M. de A, SFORNI, M. S. de F. Avaliação da aprendizagem conceitual. **Educar em revista**. N. especial 2, p. 45- 58, 2010.

ZATZ, M. **Genética: a escolha que nossos avós não faziam**. São Paulo: Globo, 2012.

APÊNDICE 1

Teste realizado com os alunos

1) Complete as frases de 1 a 6 preenchendo cada espaço com um dos termos a seguir (os termos não repetem):

- (a) cromossomo (b) gene (c) fenótipo
(d) heterozigótico (e) alelo (f) homozigótico

1. () refere-se às características observáveis de um ser vivo, sejam elas morfológicas, fisiológicas ou comportamentais

2. () um segmento de molécula de DNA com a instrução para a síntese de uma proteína

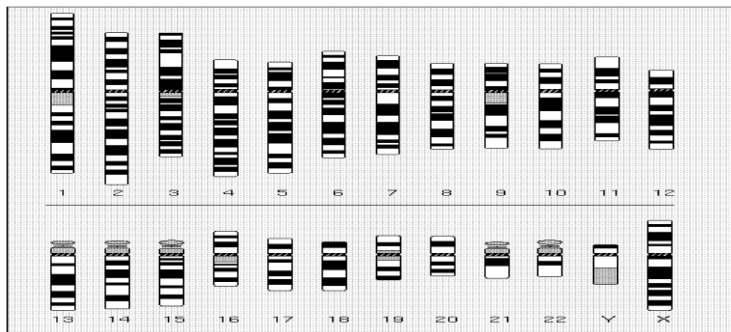
3. () formados pelo DNA, são transmitidos dos pais para os filhos

4. () cada uma das formas alternativas dos genes

5. () indivíduo portador de duas cópias idênticas de um gene

6. () indivíduo portador de duas cópias diferentes de um mesmo gene

2. A figura abaixo representa os diferentes tipos de cromossomos humanos. Os autossomos estão numerados de 1 a 22 (22 pares), e os cromossomos sexuais, designados por X e Y (formando um par). Sendo assim, uma célula somática do corpo de uma mulher apresenta:



- a) 22 autossomos + Y b) 22 autossomos + XX
c) 44 autossomos + XY d) 44 autossomos + XX

3. Os cromossomos sexuais estão presentes:

- a) em todas as células somáticas do corpo b) nos gametas
c) apenas nos gametas d) letras a e b corretas

4.



Mariposa escura

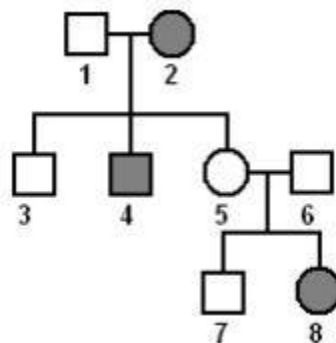
Mariposa clara

Em uma população de mariposas, 96% dos indivíduos têm cor clara e 4% cor escura. Indivíduos escuros cruzados entre si produzem, na maioria das vezes, descendentes claros e escuros. Já os cruzamentos entre indivíduos claros produzem

apenas descendentes de cor clara. Esses resultados sugerem que a cor dessas mariposas é condicionada por:

- um par de alelos, sendo o alelo de cor clara dominante sobre o alelo de cor escura
- um par de alelos, sendo o alelo de cor escura dominante sobre o de cor clara
- um par de alelos, que não apresentam dominância um sobre o outro
- fatores ambientais, como a coloração dos troncos onde elas pousam

*5. A mucoviscidose é uma doença Genética grave que associa problemas digestivos e respiratórios. Os pulmões das pessoas afetadas apresentam um muco espesso que promove infecções bacterianas. Observe a análise o esquema abaixo, que representa a árvore genealógica de uma família onde alguns indivíduos são afetados pela doença.



Qual a probabilidade de o casal I.1- I.2 vir a ter uma outra criança com mucoviscidose?

- $1/8$
- $1/3$
- $1/4$
- $1/2$

6. Do cruzamento entre heterozigotos obtiveram-se 320 descendentes. Desses, espera-se que sejam homozigotos:

- 80
- 240
- 160
- 32

7. Coelhos himalaios em temperatura de cerca de 20°C são inteiramente brancos. Quando colocados em temperatura de 5°C desenvolvem pêlos pretos nas patas, orelhas e focinhos. O fenômeno descrito ilustra:



- a atuação do meio nas mutações
- o processo de seleção natural
- a influência do ambiente na alteração do genótipo
- a interação do meio e do genótipo

8. A mosca drosófila de **olho branco** apresenta a constituição X^WY e não possui gene para o olho vermelho, que **impede a manifestação** do **outro gene**, para olho branco. Na frase acima, os termos em negrito correspondem aos conceitos abaixo, na seguinte ordem:



- a) fenótipo, alelo, dominância, genótipo
- b) fenótipo, genótipo, dominância, alelo
- c) genótipo, fenótipo, dominância, alelo
- d) genótipo, fenótipo, alelo, dominância

9. A probabilidade de um casal de heterozigotos para um par de alelos ter um descendente do sexo feminino homozigoto dominante é:

- a) $1/8$
- b) $1/2$
- c) $1/4$
- d) $1/16$

3.3 Artigo 3: Reconhecendo e comparando concepções de alunos e professores sobre Genética

Este artigo foi submetido à Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências no mês de outubro de 2014.

Neste artigo buscamos identificar as concepções relacionadas à subárea da Genética, suas aplicações e correlações presentes entre alunos concluintes da Educação Básica e professores de Biologia.

Para os professores utilizamos um questionário composto por questões relativas à Genética como: o que significa e qual a finalidade em aprender Genética, uso da História da Genética nas aulas, conteúdos essenciais para aprender Genética, conteúdos que devem ser lembrados após um ano, motivos para a dificuldade em aprender os conteúdos de Genética e o reconhecimento das concepções prévias presentes entre os alunos.

Com os alunos foi usado um teste composto por 15 questões de V (verdadeiro) ou F (falso) cujas afirmativas estão relacionadas, principalmente, à molécula de DNA e suas relações.

Identificamos que os professores apresentam discurso contraditório em diversos pontos o que pode dificultar o ensino deste campo do conhecimento. Entre as contradições destacamos a concepção de que o aprendizado de Genética é importante para a compreensão de situações do cotidiano, mas os mesmos professores não citam conteúdos de Genética e suas aplicações como essenciais para o aprendizado de Genética nem como conhecimento esperado após um ano do tema ter sido estudado.

Os alunos não reconhecem a tríade gene-cromossomos-DNA, acreditam que vírus não são compostos por DNA e que os alimentos não têm DNA na sua estrutura. Para os alunos organismos transgênicos e organismos geneticamente modificados são sinônimos.

Esperamos, a partir da publicação destes dados, que os professores repensem seus conceitos e busquem formas de ensino que contemplem a formação do educando nesta subárea da Biologia.

RECONHECENDO E COMPARANDO CONCEPÇÕES DE ALUNOS E PROFESSORES SOBRE GENÉTICA

Resumo

A pesquisa foi realizada com 17 professores de Biologia de escolas públicas e particulares no ano de 2013 e com 110 alunos concluintes da Educação Básica em uma escola pública, no ano de 2014, de Santa Maria, RS, Brasil. A coleta de dados com os professores foi realizada com o uso de um questionário composto por 8 questões relacionadas ao tema Genética. Para os alunos utilizamos um teste com 15 questões compostas por temas de Genética, principalmente a molécula de DNA. Os professores acreditam que o aprendizado de Genética é importante para compreender o cotidiano; os conteúdos considerados como indispensáveis para aprender Genética são conceitos básicos como gene, genótipo e fenótipo e assuntos trabalhados em anos anteriores como mitose, meiose, relação gene-cromossomo-DNA e síntese de proteínas. Com relação às concepções prévias dos estudantes, 11 professores buscam reconhecê-las utilizando diferentes estratégias como a leitura de textos relacionados à Genética ou por meio de uma conversa informal. Porém, os alunos têm dificuldade em compreender que os cromossomos são moléculas de DNA, acreditam que diferentes células somáticas em um mesmo indivíduo têm moléculas de DNA de tipos diferentes e que é possível visualizar a dupla hélice do DNA ao microscópio. Com relação às aplicações da Genética verificamos que os alunos não distinguem os conceitos de transgênicos e organismos geneticamente modificados, não compreendem que o código genético é universal e não concordam que alimentos podem conter DNA. Estes dados mostram que o modelo de ensino atual não prepara os estudantes com conhecimento significativo em relação à Genética e que o discurso dos professores não contempla a formação da aprendizagem significativa de Genética pelos alunos.

Palavras-chaves: professores- Genética-aprendizagem-concepções-alunos.

Abstract

This study was realized with 17 Biology teachers from public and private schools in the year of 2013 and with 110 High School senior students from a public school, in the year of 2014, from Santa Maria, Rio Grande do Sul state, Brazil. As a data collecting instrument we used a questionnaire containing 8 questions related to Genetics for the teachers. We used a test with 15 questions on Genetics, mainly about the DNA molecule, for the students. Teachers believe that learning Genetics is important to understand everyday life; contents considered indispensable to learn Genetics were basic concepts as genes, genotype and phenotype, besides subjects studied in previous school years, as mitosis, meiosis, gene-chromosome-DNA relationships and protein synthesis. Concerning students' previous conceptions, 11 teachers try to identify them using different teaching strategies or even an informal talk. However, students have trouble in understanding that chromosomes are DNA molecules, believe that different somatic cells from a single individual have different kinds of DNA molecules and that it is possible to see the DNA double helix under the microscope. Concerning the applications of Genetics, we verified that students do not distinguish between genetic modified organisms and transgenic organisms, do not understand that the genetic code is universal and do not agree that food may contain

DNA. These results show that the current teaching model does not prepare students with a significant knowledge related to Genetics and that the teachers' speech does not comprise the formation of significant learning in Genetics by the students.

Keywords: teachers – Genetics – learning – conceptions – students.

1 INTRODUÇÃO

Temas relacionados à Genética estão presentes nos mais variados momentos de nossas vidas, desde a manipulação vegetal com o objetivo de maior produção até as pesquisas com células-tronco que buscam desenvolver tratamentos eficazes contra doenças degenerativas, como distrofias musculares (BARNI, 2010; ZATZ, 2012).

O ensino de temas de Genética e, o próprio ensino de Ciências, precisam ser organizados de forma que se tornem acessíveis ao aluno. Este processo, denominado Transposição didática (TD) (CHEVALLARD, 1991) é fundamental para que o conhecimento científico se torne um saber próximo ao aluno promovendo a Aprendizagem Significativa (AS) (AUSUBEL, 1980) e a Alfabetização Científica (AC) (CHASSOT, 2003) do estudante. A Teoria Aprendizagem Significativa enfatiza que o conhecimento será duradouro quando estiver relacionado a conceitos subsunçores (conhecimentos prévios) e apresente significado para o aluno. Na Alfabetização Científica (CHASSOT, 2003) têm-se a preocupação em formação sujeitos com conhecimento científico adequado para que possam participar de forma crítica na sociedade. A AC compreender fatores culturais, educacionais, sociais, políticos e econômicos que se relacionam e influenciam na vida das pessoas.

Para que o ensino de Ciências seja eficaz alguns desafios precisam ser enfrentados: a) a superação do senso comum; b) Ciência para todos; c) Ciência e tecnologia como cultura; d) incorporar conhecimentos contemporâneos em Ciência e tecnologia; e) superação das insuficiências dos livros didáticos; f) aproximação entre os resultados obtidos na pesquisa em ensino de Ciências e o que ocorre na realidade na sala da aula ao se ensinar Ciências (DELIZOICOV, 2002).

O ensino de Ciências ideal é aquele em que os alunos têm

[...] o domínio dos conteúdos com suficiente fluência e distância para construí-los em situações abertas e tarefas complexas, aproveitando ocasiões, partindo dos interesses dos alunos, explorando os acontecimentos, em suma, favorecendo a apropriação ativa e a

transferência dos saberes, sem passar necessariamente, por sua exposição metódica, na ordem prescrita por um sumário (PERRENOUD, 2000, p. 27).

É papel da escola formar indivíduos com capacidade de estruturar uma informação e transformá-la em conhecimento (TAVARES, 2008). Desta forma, o professor é o responsável pelas escolhas que irão auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Os processos e materiais de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas memorizadas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados (MOREIRA, 2011).

É importante recordar que os alunos não chegam à escola isentos de conhecimentos (AYUSO e BANET, 2002). Eles possuem concepções prévias veiculadas, principalmente, pela mídia e através das relações familiares e com amigos. Estas concepções, muitas vezes errôneas, dificultam o aprendizado do conhecimento científico sendo papel do professor reconhecê-las e buscar metodologias que auxiliem o aluno a trocar a concepção antiga pela concepção cientificamente correta.

Com relação à Genética observa-se que, independentemente da escolarização, escola de origem (pública ou privada) ou até mesmo nacionalidade, os conhecimentos apresentados pelos estudantes são confusos e influenciados por concepções errôneas fora do âmbito científico (BONZANINI e BASTOS, 2005; KLAUTAU et al., 2009).

Conceitos básicos como a relação entre molécula de DNA e cromossomos geram uma gama de respostas errôneas mostrando que o conhecimento não se tornou significativo. A aprendizagem significativa ocorre quando o estudante conseguir relacionar a nova informação com o que já sabe criando uma rede de conceitos (AUSUBEL, 1980).

Assim, este trabalho apresentou como objetivos: a) reconhecer as concepções de professores frente ao ensino de Genética, principalmente em relação às dificuldades encontradas; b) conteúdos mínimos para a aprendizagem e reconhecimento de concepções prévias dos alunos; c) verificar se alunos concluintes do Ensino Médio (EM) apresentam conhecimento sobre Genética compatível com o esperado para o seu nível escolar, identificando as suas concepções com relação a temas dessa área; d) confrontar as concepções dos professores frente ao conhecimento apresentado pelos alunos.

2 METODOLOGIA

2.1 Participantes da pesquisa

A caracterização geral dos professores está apresentada no Quadro 1. Para a análise e transcrição das respostas os professores foram denominados com a letra P seguida dos números 1 ao 17.

A amostra contou com 110 alunos concluintes do Ensino Médio matriculados em uma escola pública. Este grupo de alunos foi escolhido porque estudaram Genética e suas relações, no mínimo, há um ano.

Caracterização	Sexo	Faixa etária (anos)	Graduação em Ciências Biológicas	Pós-graduação	Tempo de magistério (anos)	Local de trabalho
No. Indivíduos	M: 01 F:16	20-29: 10 30-39: 04 40-49: 01 > 50: 02	LP: 14 B: 01 L + B: 02	Ms: 8 E: 7	0-10: 3 11-15: 5 16-25: 7 > 25: 2	Pu:7 Pr: 2 Pu + Pr: 8

Quadro 1: Caracterização da amostra de professores que responderam a pesquisa. M = masculino; F = feminino; LP = Licenciatura Plena; B = Bacharelado; L+B = Licenciatura e Bacharelado; Ms = mestrado; E = especialização; Pu = Escola Pública; Pr = Escola Privada; Pu+Pr = Escola Pública e Escola Privada.

2.2 Coleta de dados

Com os professores utilizou-se um questionário composto por oito questões, identificadas por D1 a D8, (APÊNDICE 1) que buscou compreender as suas concepções com relação ao ensino e aprendizagem em Genética. As respostas dos professores, nas diferentes questões, foram agrupadas em categorias criadas pelas pesquisadoras. Estas categorias emergiram a partir das respostas fornecidas pelos professores.

Para os alunos utilizamos um teste composto por 15 questões de V (verdadeiro) ou F (falso) identificadas por A1 a A15 (APÊNDICE 2) que tratam de temas relacionados ao DNA e suas correlações. Os dados foram analisados quantitativamente, levando em consideração apenas o número de erros e acertos para cada questão. No enunciado do teste foi pedido que os alunos justificassem sua escolha, mas nenhum dos participantes utilizou o espaço disponível para a justificativa.

As questões foram agrupadas em três categorias que emergiram a partir da temática das frases: genes, cromossomos e DNA (questões A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 e A9), DNA no cotidiano (questões A10, A11, A12 e A13) e código genético e genoma (questões A14 e A15).

3 RESULTADOS

3.1. Concepções dos Professores

A questão D1 apresenta como tema a definição de aprendizagem em Genética. As respostas foram agrupadas em cinco categorias apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Categorias definidas após a análise das respostas obtidas através da questão D1 (definição de aprendizagem em Genética) pelos professores participantes.

Categorias	Professores	Total de respostas
Aplicação do conhecimento ao cotidiano	P1, P3, P4, P5, P8, P11, P13, P15,	7
Correlação de conteúdos	P1, P7, P11, P12, P16	5
Busca de significado para a aprendizagem	P2, P3, P14, P15	4
Contextualização, abstração e utilização da imaginação	P5, P12, P13, P14.	4
Compreensão dos temas de Biotecnologia	P6, P15, P16.	3

Fonte: Dados da pesquisa.

Algumas respostas encontradas foram:

“Aplicar o conhecimento nas situações diárias. Entender a relação entre seu fenótipo e DNA” (P3);

“É a capacidade de abstrair e, ao mesmo tempo, o contato com a realidade” (P5);

“É a capacidade de contextualização. Em Genética, o conhecimento ocorre quando se tem a noção de que o núcleo comanda a atividade celular e que célula é a unidade funcional do organismo e o DNA é o mestre que rege a orquestra célula” (P12).

Os conteúdos necessários à aprendizagem de Genética foram abordados na questão D2. As respostas foram divididas em duas categorias – conteúdos adequados trabalhados anteriormente ao conteúdo de Genética (G1) (respostas de P1, P2, P3, P4, P5, P8, P11, P12, P13, P14 e P15) e conteúdos de Genética (G2) (respostas de P1, P4, P5, P6, P10, P11, P13, P15, e P17). Alguns professores citaram conteúdos das duas categorias. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Categorias e subcategorias que surgiram a partir das respostas dos professores à questão D2 bem como o número de vezes que cada subcategoria foi citada.

	SUBCATEGORIAS/CONCEITOS	NÚMERO DE RESPOSTAS
CATEGORIA G1	Estrutura e função dos ácidos nucleicos DNA, RNA, cromossomos, cromatina, célula haploide, célula diploide, síntese de proteínas.	25
	Processos de divisão celular e suas relações Mitose, meiose, gametogênese, fecundação, permutação.	8
	Célula Funcionamento celular e citologia	2
	Conceitos Genótipo, fenótipo, homocigoto, heterocigoto, dominante, recessivo.	25
CATEGORIA G2	DNA e evolução Evolução e especiação	4
	Resolução de cálculos Probabilidade, porcentagem	2
	Montagem e interpretação de heredogramas Genealogias, famílias genéticas, heredogramas	9

Fonte: Dados da pesquisa.

O aprendizado dos conteúdos de Genética foi considerado um dos mais difíceis dentro da disciplina de Biologia. Na questão D3 os professores citaram quais são os principais motivos para esta dificuldade (TABELA 3):

Tabela 3: Respostas dos professores à questão D3 sobre a dificuldade em aprender Genética.

Dificuldade	Professores	Total de respostas
Interpretação, correlação entre diferentes conteúdos e resolução de cálculos	P1 até P17	17
Conteúdo abstrato	P1, P5, P9, P10, P11, 12, P16, P17	8
Excesso de conceitos	P2, P3, P6, P10, P12, P13, P15 e P17	8
Conteúdo sem significado	P4, P8, P7 e P14	4
Informações errôneas veiculadas pela mídia	P1	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Na questão D4 buscamos identificar se os professores costumam utilizar a história do desenvolvimento da Genética nas suas aulas e qual a finalidade de usá-la. Dezesesseis professores responderam que *sim* e apenas um professor escreveu que *eventualmente, às vezes, utiliza a história da Genética em suas aulas* (P12). Entre as finalidades encontramos: problematização inicial e localizar a Ciência no contexto histórico-cultural (cinco respostas); compreender o progresso da Ciência (quatro respostas); contextualização (3 respostas) e despertar o interesse (1 resposta).

Na questão D5 os professores deveriam responder se aprender Genética era importante e qual o motivo. Todos os professores responderam de forma afirmativa. As justificativas foram classificadas em cinco categorias apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Categorias que emergiram a partir das respostas dos professores à questão 5 sobre a importância do aprendizado de Genética.

Categorias	Número de respostas
Interpretar assuntos veiculados pela mídia	14
Compreender técnicas de Biotecnologia	14
Compreender as características dos seres vivos e a variabilidade	09
Diferenciar características herdáveis de não herdáveis	03
Diminuir preconceito	02

Fonte: Dados da pesquisa.

O estudo dos conteúdos de Genética requer a interação com outras subáreas da Biologia, como Biologia Molecular, e outras disciplinas, principalmente Matemática e Química. Na questão D6 os professores responderam se há necessidade de uma hierarquia para este ensino e justificaram suas respostas. Quatorze professores responderam *sim*; um escreveu *não* e dois *não responderam*.

Entre as respostas encontramos:

“Do micro para o macro o aluno consegue formar o passo a passo” (P1);

“Não, mas o aluno precisa saber divisão celular” (P2);

“Primeiro 1ª Lei, depois 2ª e, por último, as interações gênicas” (P13, P14);

“Sim, deve compreender a relação gene-cromossomo e DNA” (P5, P11, P12, P15, P17);

“Inicia lá na citologia” (P10).

A pergunta número D7 questionou se os professores costumam conhecer as concepções dos seus alunos em relação à Genética e suas correlações. Onze professores responderam *sim*; dois disseram *não* e quatro *não responderam*.

Dentre as respostas temos:

P1= Peça que façam um relato da família e escrevam o que sabem sobre gene, DNA, genoma ...

P3= Não. Trabalho as concepções à medida que o conteúdo vai sendo estudado.

P10= Utilizo artigos de Biotecnologia que encontro na internet.

P11= Peço para eles listarem onde a genética pode ser aplicada.

P13= Através de uma conversa informal.

A última questão, D8, buscou conhecer quais conhecimentos, relacionados à Genética, o aluno deve apresentar ao final do Ensino Médio.

Os resultados estão apresentados na Figura 1.

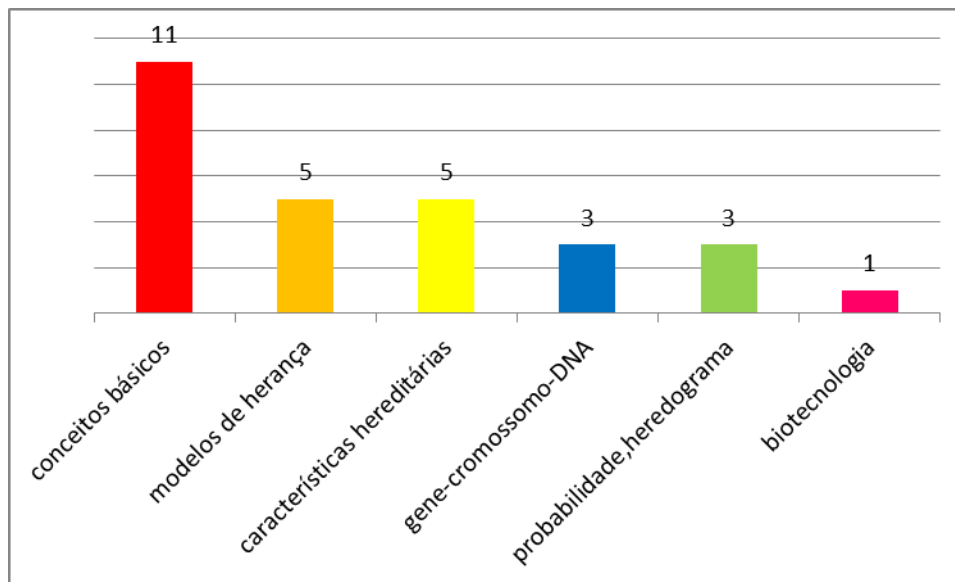


Figura 1: Conhecimentos que os alunos devem apresentar após um ano de o conteúdo ser trabalhado na escola, segundo os professores pesquisados.
Fonte: Dados da pesquisa.

3.2 Concepções de alunos em relação a conteúdos de Genética

A tabela 5 apresenta as questões do teste para os estudantes, agrupadas em três categorias, assim como os resultados obtidos.

Tabela 5: Afirmativas constantes no teste V ou F aplicado a alunos concluintes do EM, respostas consideradas corretas e quantidade de acertos e erros.

Categoria	Questões	Resposta Correta	Acertos	Erros
1. Genes, cromossomos, DNA	A1. As células bacterianas apresentam uma molécula de DNA circular, ou seja, elas têm um cromossomo.	V	57 (52%)	53 (48%)
	A2. Uma célula somática humana apresenta 46 cromossomos.	V	90 (82%)	20 (18%)
	A3. Uma célula somática humana apresenta 46 moléculas de DNA	V	23 (21%)	87 (79%)
	A4. Em células somáticas de eucariontes, o número de cromossomos é sempre igual ao número de moléculas de DNA.	V	72 (65%)	38 (35%)
	A5. Os cromossomos sexuais estão presentes em todas as células.	V	77 (70%)	33 (30%)
	A6. Vírus, por serem acelulares, não apresentam genes.	F	46 (42%)	64 (58%)
	A7. Todas as células têm núcleo.	F	70 (64%)	40 (36%)
	A8. Para cada tipo celular há um tipo de DNA diferente, por exemplo, as células nervosas têm DNA diferente das células cardíacas.	F	56 (51%)	54 (49%)
	A9. Quando um geneticista diz que realizou a análise de DNA, ele quer dizer que enxergou a dupla hélice composta pelos nucleotídeos A, T, C, G no microscópio.	F	26 (24%)	84 (76%)
2. DNA no cotidiano	A10. Diariamente, comemos alimentos que contêm DNA.	V	36 (33%)	74 (67%)
	A11. Os rótulos de alguns xampus informam que há DNA vegetal em sua fórmula. O DNA contido nestes produtos ajuda a manter a beleza e a saúde dos cabelos.	F	56 (51%)	54 (49%)
	A12. Organismo geneticamente modificado é o mesmo que organismo transgênico.	F	33 (30%)	77 (70%)
	A13. As bactérias resistentes a antibióticos surgiram por um processo de transformação. Um mesmo antibiótico utilizado por muito tempo transforma as bactérias e as torna resistentes.	F	21 (19%)	89 (81%)
3. Código genético e genoma	A14. Código genético e genoma são sinônimos.	F	56 (51%)	54 (49%)
	A15. O código genético de uma bactéria é semelhante ao humano.	V	28 (25%)	82 (75%)

4 DISCUSSÃO

4.1 Percepções de professores

Diferentes trabalhos buscam encontrar modelos de ensino que facilitem a aprendizagem de conteúdos considerados de difícil assimilação (MIRANDA, 2001; DENTILLO, 2009; TEMP e BARTHOLOMEI-SANTOS, 2013). Aprender Genética significa desenvolver habilidades relacionadas a cálculos, abstração de conteúdos, relação entre disciplinas e conteúdos.

A questão D1 buscou investigar como os professores de Biologia definem aprendizagem em Genética. Observamos uma variedade de respostas, sendo que “aplicação do conhecimento ao cotidiano” foi a mais citada (sete professores) e “compreensão dos temas de Biotecnologia” foi a menos citada (dois professores). Pesquisa realizada com professores de São Paulo mostrou resultados diferentes: a maioria dos entrevistados citou o tema Biotecnologia como conteúdo necessário para ser explorado em sala de aula (FRANZOLIN, 2012).

Na questão D2 - conteúdos necessários à aprendizagem de Genética - a maior parte dos professores cita assuntos estudados em anos anteriores como básicos para que o conteúdo seja aprendido. Os tópicos considerados essenciais se relacionam com temas de Genética básica como leis e genealogias, relação gene-cromossomo-DNA e divisões celulares. Temas relacionados à aprendizagem de conceitos como genótipo, fenótipo, homocigoto e heterocigoto foram citados 25 vezes pelos professores. De forma positiva vemos que os professores entendem a necessidade de conteúdos subsunçores (AUSUBEL, 1980) que são trabalhados em anos anteriores, como os processos de divisão celular, ácidos nucleicos e síntese de proteínas.

Os professores apontaram, na questão D3, que “aprender e ensinar Genética” se torna difícil porque os alunos não conseguem interpretar dados, realizar cálculos básicos de probabilidade, abstrair imagens e apresentam concepções errôneas veiculadas, principalmente, pela mídia que dificultam o entendimento correto dos temas, além do excesso de conceitos. Estas respostas são semelhantes a diferentes trabalhos, como os de Justina e Barradas (2007), Temp e Bartholomei-Santos (2013), entre outros.

Investigamos, na questão D4, se os professores costumam utilizar a História do desenvolvimento da Genética nas suas aulas. Os professores responderam que usam este recurso, mas com diferentes objetivos. Entre as respostas, as mais citadas, por cinco professores, foram situar a Ciência no contexto histórico-social e como material de problematização inicial. A abordagem histórica pode ser fator de motivação, tornando as aulas de Ciências mais desafiadoras e reflexivas, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico e o entendimento integrado da matéria científica (MATTHEWS, 1995).

É importante que o aluno compreenda que a Ciência é realizada por pessoas comuns; percebam que os cientistas cometem erros e identifiquem as condições, econômicas, sociais e culturais onde as descobertas aconteceram (SILVA e TEIXEIRA, 2009).

Por que é preciso aprender Genética? Esta pergunta é frequentemente realizada por alunos que têm dificuldade em compreender a importância deste campo de conhecimento. Na questão D5 buscamos identificar se os professores consideram importante aprender Genética.

Interpretar assuntos da mídia e compreender técnicas de Biotecnologia foram os motivos citados por 14 professores. Porém, ao retornarmos à questão D2 observamos que, entre os conteúdos considerados importantes para a ocorrência da aprendizagem, estes temas são citados por apenas dois professores.

Encontramos neste caso uma contradição: vários professores consideram que os alunos devem conhecer as aplicações da Genética, sendo a Biotecnologia uma delas, mas poucos consideram este tema importante para a aprendizagem. Como considerar importante a aprendizagem de um tema que, inferimos através das respostas, não é frequentemente trabalhado na escola? Podemos pensar que, algumas vezes, as respostas fornecidas pelos professores estejam “ligadas” a conceitos utilizados de forma indiscriminada. Hoje, encontramos o termo Biotecnologia nos mais diversos momentos: leitura de jornais e revistas, telejornais e na internet.

Para o aluno desenvolver o conhecimento adequado e significativo com relação à Genética e suas aplicações é necessário que ele apresente, em sua estrutura cognitiva, conceitos subsunçores como ácidos nucleicos, divisão celular e o entendimento da relação gene-cromossomos-DNA,

Na questão D6 investigamos se os professores participantes da pesquisa consideram que existe uma hierarquia de conteúdos. Dos professores participantes, 14 concordaram, um respondeu que não concorda e dois não responderam. Entre as respostas afirmativas identificamos que seis professores têm consciência da necessidade de um conhecimento significativo relacionado a temas trabalhados em anos anteriores, principalmente a relação gene-cromossomos-DNA (citada por cinco professores).

A última questão, D8, teve como tema quais conhecimentos relacionados à Genética os estudantes devem apresentar após um ano do conteúdo ser estudado. Este espaço de um ano foi escolhido, pois, segundo Ausubel (1980), podemos considerar que um aprendizado foi significativo após um tempo mais longo, mais ou menos um ano.

As respostas são bem variadas. Entretanto, algumas são mais expressivas dentro deste estudo. Em relação aos conceitos - gene, herança, cromossomos - 11 professores citaram que os alunos deveriam dominar este conhecimento. A tríade gene-cromossomo-DNA foi citada por três professores enquanto as relações da Genética com os processos de mitose e meiose não foram citados. De forma contrária, professores de São Paulo citaram que meiose é um conteúdo de relevância para os estudantes (FRANZOLIN e BIZZO, 2012).

Considerando a formação dos professores observamos que 15 professores são pós-graduados (8 mestres e 7 especialistas), mas a participação neste tipo de formação não foi suficiente para modificar ou inovar a ação pedagógica deles.

É importante que o aluno entenda que se aprende Genética para compreendermos processos que ocorrem com os seres vivos, bem como a capacidade de discutir, com argumentos corretos, sobre questões que envolvem as aplicações da Genética nos seres vivos.

4.2 Reconhecendo concepções de alunos e o entendimento de professores sobre o diagnóstico destas concepções

Tendo em vista a relevância em reconhecer as concepções prévias dos estudantes (PAIVA e MARTINS, 2005; CORAZZA-NUNES et al., 2006), na questão D7 perguntamos se os professores costumavam identificar as concepções de seus alunos. A maior parte dos professores, 11 no total, respondeu que sim. Apenas P12

respondeu que busca reconhecer as concepções errôneas para identificar lacunas conceituais e trabalhar em cima delas buscando a transformação do conhecimento. Esta atitude do professor é mencionada por Silva e Silva (2012), quando explicam que se os alunos, após terem estudado o conteúdo, tiverem espaço para avaliar suas concepções iniciais podem tomar consciência das mudanças ocorridas em seus conceitos ao longo do processo de aprendizagem.

Não havendo a transformação da concepção errônea em conhecimento científico, para o estudante a concepção inicial será considerada válida (MORTIMER, 1996). As concepções dos alunos referentes a genes, cromossomos e DNA (categoria 1; Tabela 4) incluem o reconhecimento de conceitos como número de cromossomos nas células somáticas humanas, mas não a correlação entre número de cromossomos e número de moléculas de DNA (questões A2, A3 e A4). Diferentes trabalhos realizados com estudantes do Ensino Médio (EM) (MARTINS, 2010; RATZ *et al.*, 2013) ou universitários (FABRÍCIO *et al.*, 2006; GIACOIA, 2006; SILVA e SILVA, 2012) relatam resultados semelhantes, evidenciando que a dificuldade na aprendizagem de Genética está presente nos mais variados grupos de estudantes.

A relação genes-cromossomo-DNA é considerada, por diferentes autores, como sendo uma tríade de difícil entendimento durante o estudo da genética (AYUSO e BANET, 2002; KLAUTAU *et al.*, 2009; TEMP e BARTHOLOMEI-SANTOS, 2013; GIACOIA *et al.*, 2014). Na questão A2, 90 alunos (dos 110 participantes) acertaram que a célula somática humana apresenta 46 cromossomos. Entretanto, 87 alunos erraram a questão A3, a qual afirmava que o número de cromossomos é igual ao número de moléculas de DNA, enquanto 72 alunos acertaram a questão A4, que explorava o mesmo tema da questão A3, de uma forma diferente. Estes resultados mostram que os estudantes reconhecem conceitos, mas não sabem relacioná-los em diferentes situações.

A questão A5 – presença de cromossomos sexuais em todas as células - obteve 77 acertos. Este fato se mostra contrário aos trabalhos de Silveira e Amabis (2003); Banet e Ayuso (2005); Pedreira *et al.* (2013), Temp e Bartholomei-Santos (2013), nos quais os estudantes consideravam que os cromossomos sexuais estavam presentes apenas nos gametas. Esta diferença de resultados pode estar relacionada à forma como o conteúdo de Genética foi trabalhado. Talvez os

professores regentes das turmas pesquisadas tenham dedicado mais tempo à explicação desta relação

De forma geral os alunos apresentam dificuldade em compreender que todos os seres vivos, assim como os vírus, apresentam material genético (WOOD-ROBISON *et al.*, 1998; RIPEL *et al.*, 2002; PEDRANCINI *et al.*, 2008; LADELFO *et al.*, 2012). Mais da metade dos estudantes concordou com a afirmação da questão A6 de que vírus não tem genes (vírus não são considerados seres vivos porque não apresentam estrutura celular, porém apresentam material genético). Este erro pode ser causado por fatores semelhantes aos que levaram os estudantes a responderem de forma contraditória as questões A2, A3 e A4, ou seja, os alunos reconhecem conceitos de forma isolada, mas não relacionam a tríade genes-cromossomos-DNA.

As respostas da questão A9 mostram que os alunos não compreendem a estrutura do DNA. Ao afirmarmos que a dupla hélice, com os nucleotídeos, pode ser vista ao microscópio, 84 alunos concordaram. Então, os alunos não compreendem que as figuras presentes nos livros mostrando as letras A, C, G e T são apenas representações (LEWIS, 2000; RIPEL *et al.*, 2002). Além disso, percebe-se que não apresentam noções relativas ao tamanho da célula e de seus componentes, pois a dupla hélice de DNA não pode ser visualizada ao microscópio.

Os alunos apresentaram concepções errôneas em relação à segunda categoria de questões, DNA no cotidiano. Por exemplo, 74 alunos consideraram incorreta a afirmativa que diariamente comemos alimentos que contêm DNA (questão A10). Quando respondem que não comem DNA mostram que não relacionam o conhecimento “escolar” com o cotidiano, pois não percebem que ao comerem carne, por exemplo, estão ingerindo células que contêm DNA, assim como não relacionam que vegetais são seres vivos e que apresentam DNA como material genético.

Em relação às aplicações da Genética (questão A12), a maioria dos alunos desconhece que organismos geneticamente modificados e transgênicos não são sinônimos. Estes conceitos são temas de diferentes discussões sobre o uso destas tecnologias como possíveis causadoras de danos ao ambiente e ao organismo humano e o desconhecimento prejudica a formação de opinião e a participação nessas discussões. O estudo de Pedrancini *et al.* (2007) apresentou dados semelhantes. Este pode ser o resultado de um ensino de Genética voltado,

basicamente, aos conteúdos clássicos (Genética Mendeliana) em detrimento das tecnologias relacionadas à área.

A dificuldade relacionada ao entendimento das aplicações da Genética pode estar vinculada a fatores como: pouco tempo para o ensino e contextualização do conteúdo, concepções errôneas de alunos e professores, além de falta de preparo dos professores (PEDRANCINI *et al.*, 2007; PEDRANCINI *et al.*, 2008).

A questão A13 explorou um exemplo clássico sobre a variabilidade genética e seleção natural, presente em livros didáticos de Biologia: o uso de antibióticos e bactérias. De forma incorreta, 89 alunos concordaram com a afirmação que antibióticos transformam bactérias sensíveis em resistentes. Alunos concluintes do EM estudaram no conteúdo de evolução que as bactérias não se tornam resistentes pela ação dos antibióticos, mas o antibiótico seleciona bactérias resistentes que se multiplicam. Observamos então, que os alunos não apresentam conhecimento significativo deste tema mantendo concepções inadequadas relacionadas ao processo evolutivo.

A informação fornecida na escola não gerou conhecimento significativo para a maioria dos estudantes. O aluno termina o EM com as mesmas concepções prévias trazidas antes da exploração do tema.

Com relação à terceira categoria - código genético e genoma - identificamos que os alunos acreditam que estes conceitos são sinônimos, confirmando os dados de outras pesquisas (JUSTINA e RIPEL, 2003; PEDRANCINI *et al.*, 2007). Esta confusão está relacionada, principalmente, ao excesso de terminologia (SILVEIRA, 2008) e metodologias inadequadas para o ensino da área de Genética.

Além de não compreenderem que todos os seres vivos têm DNA, os alunos não compreendem que o código genético é universal, com raras exceções. Na questão A15, 82 alunos não concordaram com a afirmação de que o código genético humano é semelhante ao das bactérias, embora o estudo do DNA seja alicerçado na identificação das bases nitrogenadas que formam a molécula, ou seja, o código genético é abordado em diferentes momentos: ácidos nucleicos, síntese de proteínas, mutações e evolução. Mesmo após o tema ser trabalhado em diferentes momentos percebemos que os alunos não compreendem ou não conseguem transpor o conhecimento de que o código genético é quase universal, ou seja, que

os mesmos códons codificam para os mesmos aminoácidos em praticamente todos os seres vivos.

5 CONCLUSÕES

Os professores, participantes da pesquisa, relatam que aprender Genética significa compreender as relações da disciplina com situações diárias e temas relevantes como alimentos transgênicos, clonagem, testes de paternidade e células-tronco. Porém, a análise dos resultados da investigação junto aos alunos mostra que os mesmos apresentam conhecimento inadequado em relação à Genética, ou seja, o discurso dos professores não contempla a formação dos alunos. Não há a ruptura das concepções antigas e errôneas não levando à construção do conhecimento científico. Os professores não estão conseguindo realizar a transposição didática nem proporcionar a alfabetização científica aos alunos.

Por exemplo, os professores consideram importante que o aluno saiba aplicar o conhecimento ao cotidiano, mas os alunos responderam que não comem alimentos compostos por DNA ou acreditam que o uso de xampu com DNA vegetal, por exemplo, auxilia na manutenção do brilho do cabelo. Para os professores os alunos devem compreender a relação gene-cromossomo-DNA, porém os estudantes apresentam conhecimento inadequado com relação a esta tríade.

Percebemos que os professores citam a aprendizagem de conceitos como fator essencial para a aprendizagem, entretanto alunos e professores consideram que o excesso de termos e a dificuldade de abstração são fatores que dificultam a aprendizagem, ou seja, há contradição no discurso dos professores no momento em que consideram que a aprendizagem de Genética se relaciona a conteúdos considerados como “barreiras” para a aprendizagem.

Quando comparamos o conhecimento dos alunos com os resultados de outros trabalhos, percebemos que, independentemente das diferenças entre as amostras pesquisadas, as concepções errôneas são semelhantes. Também observamos que passados quase 20 anos após alguns estudos relatarem os problemas na aprendizagem de Genética, as dificuldades continuam ocorrendo e permanecem as mesmas.

Com este estudo procuramos reconhecer concepções. Esperamos que os resultados encontrados auxiliem os professores na busca por metodologias

adequadas que superem concepções errôneas. Outra forma de auxiliar os professores nesta tarefa é através da realização de oficinas e cursos em que sejam apresentadas metodologias que abordem temas relacionados à Genética e suas aplicações, assim como às concepções errôneas relativas a estes temas que são frequentemente encontradas entre os estudantes e professores. Desta forma, poderão explorar de maneira apropriada a base da Genética que fornecerá um alicerce para a construção de conhecimentos corretos, permitindo que o aluno possa debater questões polêmicas discutidas na mídia e no contexto escolar.

6 REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P. **Psicologia educacional**. Tradução: Eva Nick. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 1980.

AYUSO, G. E.; BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

BANET, E.; AYUSO, E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 3, v. 2, p.137-153, 2005.

BARNI, G. dos S. A importância e o sentido de estudar genética para estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola da rede estadual de ensino em Gaspar (SC). **Dissertação de Mestrado** em Ciências Naturais e Matemática: Universidade Regional de Blumenau, FURB, 2010.

BONZANINI, T.K.; BASTOS, F. Concepções de alunos do ensino médio sobre clonagem, organismos transgênicos e projeto genoma humano. **IN: Atas do V ENPEC**, 2005.

CORAZZA-NUNES, M.J.; PEDRANCINI, V. D.; GALUCH, T.B.; MOREIRA, A.L.O.R; RIBEIRO, A.C. Implicações da mediação docente nos processos de ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v.5, n.3, p. 522-532, 2006.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**. n. 22, p. 89-100, Jan/Abr, 2003.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**: del saber sábio ao saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 2001.

DELIZOICOV, D. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

DENTILLO, D.B. Divisão celular: representação com massa de modelar. **Genética na escola**. 1, 1, 33-36, 2009.

FABRÍCIO, M.F. L.; JOFÓLI, Z. M. F.; SEMEN, L. S. M.; LEÃO, A. M. A. C. A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Ensaio– Pesquisa em Educação em Ciências**, Uberlândia, v. 8, n. 1, p. 12-25, 2006.

FRANZOLIN, F. Conhecimentos básicos de Genética segundo professores e docentes e sua apresentação em livros didáticos e na academia: aproximações e distanciamentos. **Tese de Doutorado**. Pós Graduação em Educação. USP, 2012.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Conteúdos de genética básicos para a formação de cidadãos críticos no ensino médio segundo professores e docentes: em comparação com o defendido na literatura. **IX ANPED SUL: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul**, 2012.

GIACÓIA, L.R.D.; BORTOLOZZI, J.; CALDEIRA, A.M. de A. Concluintes do ensino médio e o conhecimento de genética. **Rev. Cereus**. v.6, n.1, p. 157-174, 2014.

GIACÓIA, L. R. D. Conhecimento básico de genética: concluintes do ensino médio e graduandos de Ciências biológicas. 2006, 93p. **Dissertação** (Mestrado em Educação para a Ciência), Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru/SP, 2006.

JUSTINA, L. A. D.; BARRADAS. C. M. As opiniões sobre o ensino de genética numa amostra de professores de biologia do nível médio. **IN: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru, 2007.

JUSTINA, L. A. D.; RIPPEL, J. Ensino de genética: representações da Ciência da hereditariedade no nível médio. **IN: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru, 2003.

KLAUTAU-GUIMARÃES, N.; AURORA, A.; DULCE, D.; SILVIENE, S.; HELENA, H. CORREIA, A. Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. **IN: VIII Congresso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias**. Barcelona 2009.

LADELFO, J.; LISBOA, C.P.; PIZZATO, M.C. Pesquisa e análise das concepções prévias de alunos do ensino médio sobre o tema material genético. **IN: 13ª Mostra de Pesquisa, ensino e extensão Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2012.

LEWIS, J., LEACH, J.; WOOD-ROBINSON. What's in a cell? – young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. **Journal of Biological Education**. n.34, v.3, p. 129-132, 2000.

MARTINS, I. **Clonagem na sala de aula**: um exemplo de uso de didática de um texto de divulgação científica. Rio de Janeiro: Faculdades da UFRJ, 2010.

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

MIRANDA, S. No fascínio do jogo, a alegria de aprender. **Ciência Hoje**. n. 28, p. 64-66, 2001.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas. **Aprendizagem Significativa em revista**. v. 1, n. 2, p. 43- 63, 2011.

MORTIMER, E.F. Construtivismo, Mudança Conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos. **Investigações em Ensino de Ciências**, n.1, v.1, p. 20-39, 1996.

PAIVA, A.L.B.; MARTINS, C.M.; Concepções prévias de alunos de terceiro ano do ensino médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. v.7, 2005.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; NUNES, W. M. DE 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.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

PEDREIRA, M.M.; RESENDE, T. dos A.; OLIVEIRA, S.F.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M. de N. Tirinhas no ensino de genética: potencial para avaliações dos conhecimentos prévios sobre os genes. **IN: IX Congresso internacional sobre investigación em didáctica de las Ciências**. Girona, 2013.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

RATZ, S.V.S; MARTINS, P. C. de M.; MOTOKANE, M. T. As concepções alternativas de estudantes sobre as implicações socioambientais do uso dos transgênicos. **Genética na Escola**. v.8 n.1, 2013.

RIPPEL, J.L.; BARRADAS, C.M.; JUSTIN, L.A.D. As concepções sobre a genética básica apresentadas pelos alunos concluintes do ensino médio de Cascavel/PR. **IN: Salão de Iniciação Científica; XIV Salão de Iniciação Científica**. UFRGS: POA, 2002.

SILVA, M. A.; SILVA, D. dos S. Concepções de alunos do curso de Ciências biológicas da UFPB sobre temas relacionados à bioética. **IN: VI Colóquio Internacional: Educação e Contemporaneidade**. São Cristóvão: SE, 2012.

SILVA, E. N.; TEIXEIRA, R. R. P.A História da Ciência nos Livros Didáticos: um estudo crítico sobre o ensino de física pautado nos livros didáticos e o uso da história da Ciência. **In: SIMPÓSIO DE ENSINO DE FÍSICA:** Vitória. n.18, 2009.

SILVEIRA, L.F.S. Uma contribuição para o ensino de genética. **Dissertação** (Mestrado em Ciências e Matemática). Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2008.

SILVEIRA, V.M. da; AMABIS, J.M. Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético? **IN: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências: ENPEC,** Bauru, 2003.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em Ciências. **Ciências & Cognição.** v.13, n.2, p. 99-108, 2008.

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI- SANTOS, M. L. Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. **Revista Electrónica de Investigación em Educação em Ciências.** v.8, n.2., p. 13-20, 2013.

WOOD-ROBINSON, C. et al. Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciências,** v. 16, n. 1, p. 43-61, 1998.

ZATZ, M. **Genética:** a escolha que nossos avós não faziam. São Paulo: Globo, 2012.

APÊNDICE 1

Instrumento de coleta de dados com os professores

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM GENÉTICA: IDENTIFICANDO CONCEPÇÕES DE ENSINO

Pesquisador (a): Daiana Sonego Temp e-mail: daianatemp@yahoo.com.br

Orientador(a): Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos
e-mail: marlisesbs@gmail.com

Caro colega, você está sendo convidado para participar como voluntário, em uma pesquisa de Doutorado do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. As respostas são confidenciais e utilizadas no todo sem haver identificação do professor ou da escola.

Obrigada pela sua participação.

Questões para caracterização geral do grupo

I – Dados Gerais

1) Nome (opcional):

2) Escola:

3) Gênero: () M () F

4) Idade:

II- Formação superior

Graduação

5) Curso:

6) Modalidade: () Licenciatura curta () Licenciatura plena () Bacharelado

Pós- Graduação

7) Nível: () Especialização () Mestrado () Doutorado

III- Situação Funcional

8) Tempo de magistério:

9) Atuação: (Você pode assinalar mais de uma opção)

() escola pública estadual () escola pública municipal () escola particular

10) Turno (s) em que ministra aulas atualmente, na escola pública estadual: (Você pode assinalar mais de uma opção).

manhã tarde noite

Questões específicas sobre Genética

1. Defina aprendizagem em Genética.

2. Para você quais conceitos e/ou conteúdos são indispensáveis para a aprendizagem em Genética?

3. Pesquisas mostram que os alunos mostram receio ou dificuldade para aprender Genética. Quais fatores, para você, são responsáveis por este problema?

4. Você costuma utilizar a História da Genética na sua aula? Por quê?

5. Para você, aprender Genética traz algum benefício ao aluno no seu cotidiano?

Não

Sim. Quais?

6. Você considera importante que haja uma hierarquia de conteúdos para que o aprendizado em Genética seja mais significativo e duradouro? Qual seria a hierarquia mais didática para a área de Genética?

7. Você costuma conhecer as concepções dos seus alunos? Por quê?

8. Para você, após um ano que o aluno aprendeu Genética, do que ele deveria lembrar?

APÊNDICE 2

Instrumento de pesquisa utilizado com os alunos.

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS EM RELAÇÃO À MOLÉCULA DE DNA!

Coloque V (verdadeiro) ou F (falso) nas afirmativas abaixo. **Justifique as frases independente de ela ser verdadeira ou falsa.**

1. () As células bacterianas apresentam uma molécula de DNA circular, ou seja, elas têm um cromossomo.
2. () Uma célula somática humana apresenta 46 cromossomos.
3. () Uma célula somática humana apresenta 46 moléculas de DNA.
4. () Em células somáticas de eucariontes, o número de cromossomos é sempre igual ao número de moléculas de DNA.
5. () Os cromossomos sexuais estão presentes em todas as células.
6. () Vírus, por serem acelulares, não apresentam genes.
7. () Todas as células têm núcleo.
8. () Para cada tipo celular há um tipo de DNA diferente, por exemplo, as células nervosas têm DNA diferente das células cardíacas.
9. () Quando um geneticista diz que realizou a análise de DNA, ele quer dizer que enxergou a dupla hélice composta pelos nucleotídeos A, T, C, G no microscópio.
10. () Diariamente, comemos alimentos que contêm DNA.
11. () Os rótulos de alguns xampus informam que há DNA vegetal em sua fórmula. O DNA contido nestes produtos ajuda a manter a beleza e a saúde dos cabelos.
12. () Organismo geneticamente modificado é o mesmo que organismo transgênico.
13. () As bactérias resistentes a antibióticos surgiram por um processo de transformação. Um mesmo antibiótico utilizado por muito tempo transforma as bactérias e as torna resistentes.
14. () Código genético e genoma são sinônimos.
15. () O código genético de uma bactéria é semelhante ao humano.

3.4 Artigo 4: Genética e ingresso nas universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos?

Este artigo foi submetido ao Periódico Revista de Ensino de Ciências e Engenharia: Escola de Comunicação da UFRJ; ISSN 2179-2933.

Os objetivos desta pesquisa são: a) identificar quais conteúdos de Genética são explorados em provas de seleção para o ingresso em universidades públicas brasileiras e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e b) reconhecer as habilidades necessárias para responder as questões de Genética nestas provas.

As provas das instituições analisadas apresentaram, na sua maioria, um modelo de avaliação com as seguintes características:

- a) questões que prezam pela relação entre conteúdos e disciplinas (principalmente Matemática e Português);
- b) ênfase nos conteúdos de Genética Básica em detrimento de questões sobre as aplicações da Genética.

A análise das questões levou à identificação de quatro habilidades: interpretação, relação entre conteúdos, resolução de cálculos e aplicação de conteúdo. As habilidades foram exigidas de forma diferencial nas avaliações da instituições.

Esperamos que estes resultados sejam auxiliares para a escolha de metodologias que auxiliem o aluno na resolução de exercícios de Genética além da promoção de uma aprendizagem significativa.

Destacamos, também, a necessidade de repensar os motivos que levam à pouca ênfase em questões que exploram as aplicações da Genética.

Genética e ingresso nas universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos?

Resumo

Neste trabalho procuramos identificar quais conteúdos e habilidades são exigidos para a resolução de questões relacionadas à Genética em exames de seleção para seis diferentes universidades brasileiras e ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Herança Genética esteve presente em questões elaboradas por todas as instituições, enquanto biotecnologia foi identificada, somente, em questões de duas instituições. As habilidades exigidas são: interpretação, relação entre conteúdos, resolução de cálculos e aplicação de conteúdo. Estes dados podem auxiliar na escolha dos principais temas a serem trabalhados no Ensino Médio.

Palavras-chave: Genética; Conteúdos; Habilidades; Avaliações.

Abstract

In this work we seek to identify which contents and abilities are required for the resolution of questions related to genetics, in admission exams from six different Brazilian public universities and ENEM. Genetics inheritance was present in questions elaborated by seven institutions, while biotechnology was identified in questions of only two institutions. The most required skills are interpretation, relationships between contents, solving calculations and application of content. These data can assist in the choice of the main themes to be taught in high school.

Key-words: Genetics; Content; Ability; Avaliations.

1 INTRODUÇÃO

O avanço da Biologia no último século, em especial da Genética, faz com que a compreensão deste campo do conhecimento seja importante para o entendimento das mudanças que estão acontecendo e realizar escolhas frente às diferentes tecnologias oferecidas (ANTUNES *et al.*, 2012). Para qualquer estudo da vida vegetal, animal ou microbiana é essencial a compreensão da Genética, pois ela é fundamental para a compreensão das questões biológicas (GRIFFITHS *et al.*, 2002).

Ao final do EM (Ensino Médio) espera-se que o aluno entenda os conceitos fundamentais sobre hereditariedade e sua relação com o material genético, relacione síntese de proteínas com as características dos seres vivos, reconheça o modelo da dupla-hélice do DNA e compreenda as tecnologias ligadas à manipulação do DNA e suas aplicações (BRASIL, 2001).

O EM marca o fim do ensino obrigatório de Biologia (BRASIL, 1996). O prosseguimento dos estudos geralmente está relacionado à entrada em cursos de graduação. Grande parte das Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras utiliza, como forma de ingresso, a classificação dos candidatos de acordo com a pontuação obtida em provas de seleção (vestibulares) ou, mais recentemente, no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) (CAÇULA *et al.*, 2005). O vestibular tem a função normativa mais poderosa dentro do processo educacional, apresentando maior influência que os programas oficiais, livros didáticos e propostas curriculares (KRASILCHIK, 2000). Para a autora os programas de vestibulares são utilizados pelas instituições de EM como modelo a ser seguido para a elaboração dos seus planos de ensino e escolha dos conteúdos a serem ensinados.

As IES têm autonomia para escolher a forma de ingresso nos cursos de graduação, optando ou não pelos vestibulares ou notas do ENEM, mas sempre utilizando questões que exploram conteúdos aprendidos durante a Educação Básica (BRASIL, 1996). O vestibular é uma realidade na vida do estudante interessado em ingressar no Ensino Superior (NASCIMENTO, 2003).

As provas de vestibular e ENEM utilizam questões que englobam diferentes conteúdos de Genética como leis de Mendel, cálculos de probabilidade, interação com mitose e meiose e aplicações da Genética: transgênicos, teste de paternidade, clonagem, entre outros (MACEDO e ROSA, 2000). O aluno, para responder estas questões, deverá utilizar diferentes habilidades como a capacidade de interpretar textos, gráficos, tabelas e imagens; realizar cálculos e interpretar os resultados, relacionar diferentes conteúdos ou aplicar o conhecimento em diferentes situações.

Encontramos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 2001) que o ensino deve estar relacionado ao desenvolvimento de competências e habilidades. Utilizaremos neste artigo o conceito de competência delineado por Perrenoud (2000) como sendo a capacidade de mobilizar conhecimentos a fim de enfrentar uma situação. As habilidades são consideradas como algo menos amplo do que as competências, ou seja, a competência estaria constituída por várias habilidades (SILVA e GALVÃO, 2011).

Como os conhecimentos relacionados à Genética estão em constante expansão, tornam-se necessárias discussões frequentes que auxiliem na escolha de temas mais significativos para serem estudados e a identificação das principais

habilidades exigidas para responder as questões propostas (AYUSO e BANET, 2002; FRANZOLIN e BIZZO, 2012).

Tendo em vista a importância do estudo e aprendizagem de Genética, o objetivo deste trabalho foi identificar quais são os principais conteúdos de Genética presentes em questões de diferentes provas de universidades públicas brasileiras e ENEM, no período de 2009 a 2013, assim como as habilidades exigidas para respondê-las.

2 METODOLOGIA

Corpus

No total foram analisadas provas de seis universidades públicas brasileiras e as provas do ENEM no período de 2009 a 2013. Os dados estão especificados nos Quadro 1. Três critérios foram utilizados para a escolha das instituições:

- a) A instituição deveria ser pública ou elaborar provas para uma universidade pública;
- b) As provas deveriam estar disponíveis no *site* da instituição ou disponíveis *on line*;
- c) Cada uma das cinco regiões brasileiras deveria estar representada por uma instituição, exceto na Região Sul onde analisamos as provas de duas universidades.

Região	Instituição
Sul	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Sudeste	Universidade de São Paulo (USP) Provas elaboradas pela FUVEST (Fundação Universitária para o Vestibular)
Centro-oeste	Universidade de Brasília (UNB)
Nordeste	Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Norte	Universidade Federal do Pará (UFPA)
Nacional	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – ENEM

Quadro 1: Instituições escolhidas para análise das provas de Biologia, conteúdo de Genética, correlações e habilidades.

Abordagem metodológica e análise dos dados

As provas para ingresso nas seis universidades amostradas, além do ENEM, de cinco anos consecutivos (2009 a 2013) foram analisadas, inicialmente, para verificar as questões de Biologia e selecionar aquelas que abordavam o conteúdo de Genética e suas correlações. Em seguida, classificamos e quantificamos as questões dentro do conteúdo de Genética nas seguintes categorias que surgiram a partir da análise das provas: ácidos nucleicos, biotecnologia, divisão celular, síntese de proteínas e herança (Quadro 2).

Este tipo de análise é denominada análise documental, pois a coleta de dados é realizada a partir de um material escrito que fornece informações (LÜDKE e ANDRE, 1986). A utilização da análise documental caracteriza-se pelo fato dos documentos constituírem uma fonte estável e rica de informações (BARDIN, 1977).

A característica da pesquisa documental é que a fonte de coleta de dados está restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina de fontes primárias. Estas podem ser feitas no momento em que o fato ou fenômeno ocorre, ou depois (MARCONI e LAKATOS, 2003).

Categorias	Assuntos contemplados
Ácidos nucleicos	DNA, RNA, genes, cromossomos, nucleotídeos, bases nitrogenadas.
Biotecnologia	Engenharia Genética, células-tronco, transgênicos, clonagem.
Divisão celular	Mitose, meiose, gametogênese, pareamento de cromossomos, permutação.
Síntese de proteínas	RNA mensageiro, RNA transportador, códon, anticódon, aminoácidos, proteínas, transcrição, tradução.
Herança	Herança, genealogia, heredogramas, herança do DNA mitocôndria, genes ligados ao X 1ª e 2ª Leis de Mendel, polialelia, interação gênica.

Quadro 2: Categorização dos conteúdos de Genética e suas correlações abordados em questões de vestibular de seis instituições públicas e do ENEM, no período de 2009 a 2013.

3 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os conteúdos abordados e a frequência com que apareceram nas questões dos exames avaliados. A soma final das porcentagens relativas não resulta, em algumas instituições, em 100%, pois a mesma questão pode ter sido classificada em duas ou mais categorias. Esta tabela 1 é uma síntese

da pesquisa realizada em que levantamos os dados a partir da análise anual das provas, por ano, de cada instituição (APÊNDICE 1).

Tabela 1: Número de questões e sua frequência, em cada categoria, dos temas de Genética nas provas de diferentes vestibulares e ENEM no período de 2009 a 2013.

Instituição	UFRGS	UFSM	USP	UNB	UFBA	UFPA	ENEM
Total de questões de Biologia no período de análise	125	75	75	75	30	24	82
Total de questões relacionadas à Genética no período de análise	20	14	11	08	10	04	10
Frequência relativa das questões de Genética em relação ao total de questões de Biologia	16%	18,67%	14,67%	10,67%	33,33%	16,67%	12,2%
No. de questões e frequência/ categoria	Ácidos nucleicos	4 (20%)	7 (50%)	4 (36%)	5 (63%)	5 (50%)	0 (10%)
	Divisão celular	4 (20%)	3 (21%)	3 (27%)	1 (13%)	1 (10%)	1 (25%)
	Síntese de proteínas	3 (15%)	4 (29%)	2 (18%)	2 (26%)	2 (20%)	0 (30%)
	Herança	10 (50%)	4 (29%)	3 (27%)	2 (26%)	2 (20%)	3 (75%)
	Biotecnologia	3 (15%)	0	0	0	0	0

Fonte: Dados da pesquisa.

A categoria herança é a única presente em todas as instituições, enquanto a categoria biotecnologia é contemplada apenas na UFRGS e no ENEM.

Conteúdos relacionados ao primeiro ano do EM (categorias ácidos nucleicos, divisão celular e síntese de proteínas) apareceram em todas as instituições no período analisado, mas com representatividades diferentes em cada prova (Figura 1).

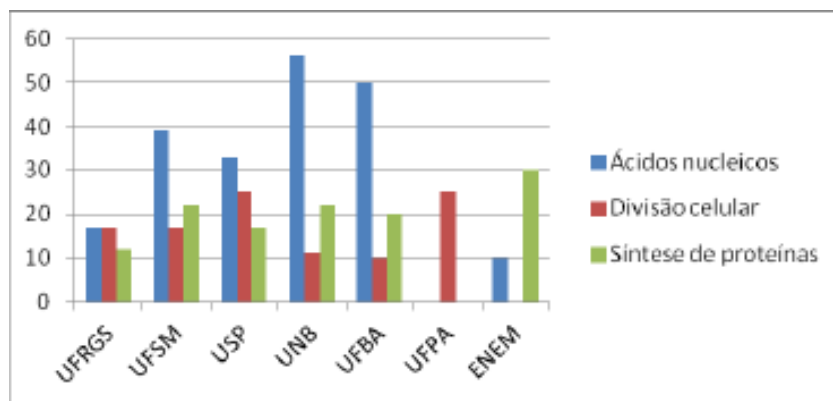


Figura 1: Frequência (em porcentagem) das categorias estudadas no 1º ano do EM com relação ao total de questões de Genética presentes nas provas analisadas.

Fonte: Dados da pesquisa.

Das seis instituições analisadas e ENEM, quatro (UFSM, USP, UNB, UFBA) apresentaram a categoria ácidos nucleicos com a maior representatividade no período de 2009 a 2013.

A categoria herança, basicamente estudada no segundo ano do EM, foi a mais presente nas questões de Genética da prova da UFPA, entre 2009 e 2013, perfazendo um total de 75% das questões seguida pela UFRGS com 50% (Tabela 1). Nas outras instituições, as questões relativas à herança de características foram menos representativas, variando de 20% a 29% do total.

A partir das questões encontradas identificamos quatro habilidades necessárias para responder corretamente as questões (Quadro 3).

Habilidade	Descrição
Interpretação	Capacidade de interpretar textos, gráficos, porcentagens, tabelas e imagens.
Relação de conteúdos	Relacionar diferentes temas dentro da Biologia ou entre disciplinas diferentes.
Resolução de cálculos	Utilizar regras de probabilidade, adicionar e multiplicar frações.
Aplicação do conteúdo	Uso do conhecimento em situações diferenciais.

Quadro 3: Habilidades necessárias para responder corretamente as questões analisadas.

De forma diferencial, as quatro habilidades são necessárias para a resolução dos exercícios de Genética presentes nas diferentes provas analisadas. O número de habilidades/ instituição relacionadas ao número de questões nas quais as mesmas são exigidas encontram-se presentes na Figura 2.

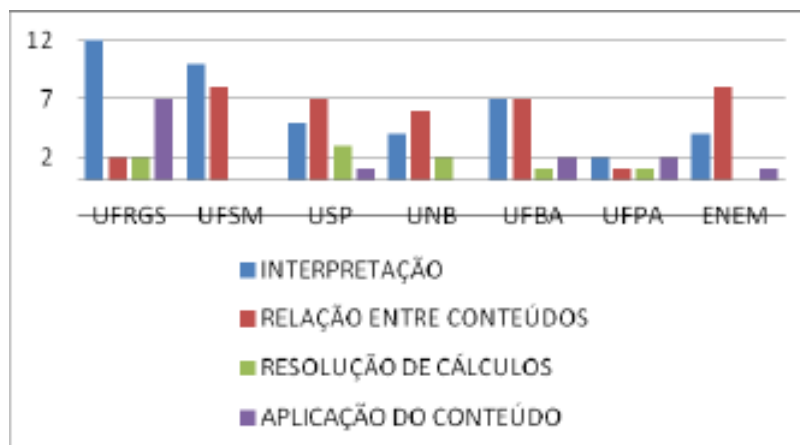


Figura 2: Frequência absoluta das quatro habilidades encontradas para a resolução das questões de Genética nas provas analisadas no período de 2009 a 2013.

Fonte: Dados da pesquisa.

4 DISCUSSÃO

Os conteúdos de Genética relacionados a conceitos, cálculos, heredogramas e heranças são os mais exigidos. Pesquisa de Cantiello e Trivelato (2000) mostra que as questões sobre herança biológica são as mais difíceis em relação aos outros conteúdos de Biologia. Grande parte dos alunos considera as leis de transmissão difíceis de serem entendidas (FABRÍCIO *et al.*, 2006).

As provas das seis instituições analisadas e ENEM apresentaram, no decorrer dos anos, questões que buscavam a compreensão e reconhecimento de heranças Genéticas. Mas, apenas 2 instituições utilizaram a temática da biotecnologia, considerada por diferentes autores como essencial para a alfabetização científica (CAJAS, 2001). Entendemos alfabetização científica como a conversão da educação científica para parte de uma Educação Básica geral a todos os estudantes (CACHAPUZ *et al.*, 2005).

A Genética desponta como a grande subárea da Biologia no século XXI (XAVIER *et al.*, 2002; NASCIMENTO, 2003). Pesquisadores identificam genes relacionados a síndromes, selecionam embriões e criam seres transgênicos. Porém, observamos que a maioria das questões analisadas exigiu o conhecimento e aplicação de conceitos.

Desta forma, escolas e livros didáticos que objetivam o preparo dos alunos para a aprovação em vestibulares podem não priorizar a inserção de temas

relevantes ligados à biotecnologia. Com isso, os alunos sairão do EM com uma formação deficiente, pois após o término da escolaridade básica quando estes alunos terão espaço para discutir e compreender temas relevantes ao uso de células-tronco e clonagem? A escola é o local onde os alunos têm espaço para discutir, entre eles e com o professor, sobre temas que os auxiliarão a tomar decisões durante sua vida (LORENCINI, 1995).

As últimas décadas são marcadas pela função dupla da educação: preparar cidadãos e preparar para o vestibular (CANTIELLO e TRIVELATO, 2000). Debater e compreender temas relacionados à biotecnologia são formas de exemplificar as relações entre o conhecimento, suas aplicações e suas implicações éticas, culturais, sociais, econômicas e políticas (GOLDBACH e EL-HANI, 2008).

Estudos mostram que os alunos sentem-se desmotivados em aprender Genética, pois não há um objetivo além de “decorar” para o vestibular (MACEDO e ROSA, 2000) e que a população, em geral, encontra-se cientificamente despreparada para participar de debates sobre o avanço biotecnológico (LEITE, 2000). Pesquisa de Caçula *et al.* (2005), aponta que os assuntos relacionados à Genética clássica, como as leis de Mendel, cruzamentos e divisão celular são os mais trabalhados pelos professores do EM após analisar provas de vestibulares e identificar que os alunos acertaram maior número de questões relacionadas a esta parte da Genética.

A interrelação de conteúdos é um dos fatores que dificulta o ensino e aprendizagem de Genética. Muitas vezes, a resolução de um problema requer o conhecimento aprendido em anos anteriores (DNA, meiose, mitose) ou em outras disciplinas (probabilidade, cálculos com frações).

As provas analisadas exigem estas relações. O conhecimento significativo em relação aos ácidos nucleicos, divisão celular e síntese de proteínas são necessários para o aprendizado.

Estes dados são positivos, pois mostram que os elaboradores das provas de Biologia estão utilizando a interrelação de conteúdos. O aluno, ao se deparar com questões neste formato, não consegue enquadrá-la em apenas um conteúdo ou ano de estudo. Porém, observa-se que os alunos apresentam maior dificuldade em responder questões integradas se comparadas àquelas em que apenas um conteúdo é exigido (CANTIELLO e TRIVELATO, 2000).

A resolução das questões de Genética exige, além do conhecimento do conteúdo, a utilização de habilidades. Interpretar dados, realizar cálculos e relacionar conteúdos são habilidades exigidas pelas sete instituições analisadas.

Observamos que as habilidades interpretação, resolução de cálculos e relação de conteúdos foram exigidas em todas as provas analisadas. Reconhecer as habilidades necessárias se torna importante, pois auxilia os educadores na escolha de metodologias que priorizem estas habilidades.

Ao relacionarmos a habilidade relação de conteúdos com a análise dos conteúdos das provas (Figura 1) vemos que as provas analisadas utilizam questões que exigem esta habilidade. Utilizar questões que necessitam o conhecimento de diferentes conteúdos auxilia para na aprovação em certas instituições de ensino. Diversos livros didáticos de Biologia apresentam em sua estrutura questões utilizadas nas diferentes provas de seleção.

Regras de probabilidade, adição e multiplicação de frações são conteúdos ligados à resolução de problemas de Genética que envolvem diferentes tipos de herança. O aluno utiliza regras matemáticas e interpreta dados para encontrar o resultado desejado.

Esta habilidade pode ser apontada como uma dificuldade para alunos e professores. Muitas vezes, o aluno reconhece o padrão de herança, interpreta o enunciado, mas não finaliza o exercício por não dominar regras básicas de matemática. Para o desenvolvimento de habilidades é necessário que as diferentes disciplinas/matérias se integrem em busca da formação global do aluno (GARCIA, 2005). A habilidade para resolver problemas exige do aluno a capacidade de ler, interpretar, calcular e responder por escrito (MACEDO, 1999).

Interpretar textos, tabelas, gráficos e imagens é habilidade exigida em grande parte das questões analisadas. Porém, professores reclamam que os alunos não conseguem interpretar o enunciado dos exercícios. Outras vezes, eles não entendem o que estão fazendo e, portanto, não conseguem explicar ou aplicar o conhecimento (POZO e CRESPO, 2009). Assim, estes alunos apresentam deficiência para resolver questões de Genética e são prejudicados no momento que concorrem a uma vaga nas IES. Na pesquisa de Reis (2010) os alunos entrevistados demonstraram dificuldade em responder questões que exigiram estruturação, correlação e a criação de uma linha de raciocínio.

5 CONCLUSÕES

As provas das instituições analisadas apresentaram um modelo avaliativo que mescla a aplicação do conteúdo com a integração de diferentes áreas. Observamos que os conteúdos da Genética básica são os mais avaliados em detrimento de questões que utilizam temas de biotecnologia. Esta verificação é importante, pois temas atuais que exigem posicionamento conhecimento relacionados às novas tecnologias precisam ser explorados em provas de seleção. Desta forma, haverá maior preocupação durante o EM para que estes conteúdos sejam trabalhados proporcionando aos alunos uma formação voltada a temas relacionados às aplicações da Genética.

De forma positiva percebemos que as diferentes instituições utilizam questões que relacionam conteúdos estudados em diferentes anos e disciplinas. Assim, o modelo conteudista e propedêutico, de memorização de conceitos não está sendo priorizado.

Com relação às habilidades exigidas percebemos ênfase na capacidade de interpretação em diferentes contextos: em textos, tabelas, gráficos e charges. Os alunos, para responderem as questões, precisaram utilizar diversas habilidades e relacionar conteúdos e disciplinas. Estes modelos de questões são citadas pelos documentos nacionais que regem ou orientam a Educação Nacional (BRASIL, 2001; BRASIL, 2013) proporcionando uma formação mais globalizada em detrimento de questões menos engessadas relativas à memorização de conceitos.

Diferentes habilidades como resoluções de cálculos utilizando regras de probabilidade e frações também foram requeridas. A aplicação de regras de matemática para a resolução de problemas é considerada, por alunos e professores, como uma das maiores dificuldades para a aprendizagem de Genética. À medida que as IES exploram estas habilidades os professores deverão buscar metodologias adequadas que prezem pela consolidação destas habilidades.

6 REFERÊNCIAS

AMORIM, A. C. R. O ensino de Biologia e as relações entre Ciência/ tecnologia e sociedade: o que dizem os professores e o currículo do Ensino Médio? Em: **Anais do VI Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia”**. (p. 74-77), 1997. São Paulo: Faculdade de Educação da USP.

ANTUNES, A. M.; TELLES, M. P. de C.; SABÓIA-MORAIS, S. M. T. Genética na TV: o vídeo educativo como recurso facilitador do processo de ensino-aprendizagem. **Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, 2012.

AYUSO, G. E.; BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la Genética en educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

BARBOSA, M. V. Oficinas práticas de Genética molecular para estudantes do ensino fundamental e médio no município de Garanhuns. **In 54º Congresso Brasileiro de Genética**, p.2 Salvador, 2008. Disponível em Acesso em 31 de março de 2014.

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

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais**. Ministério da Educação. Brasília, 2013.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. 2001.

BRASIL. Lei 9394/96. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília, 1996.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J. e VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005

CAÇULA, K. C.; SILVA, A. M. T. C.; DA CRUZ, A. D. Análise da frequência de acertos do conteúdo de Genética nos vestibulares da UCG. **IN Resumos do 51º Congresso Brasileiro de Genética**. Águas de Lindoia: São Paulo, 2005.

CAJAS, F. Alfabetización científica y tecnológica: La transposicion didactica Del conocimiento tecnológico. **Enseñanza de las Ciências**. v. 19. n.2.p. 243-254, 2001.

CANTIELLO, A. C.; TRIVELATO, S.L.F. Dificuldades dos vestibulandos em questões de genetic. **IN IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. VII ENPEC**. Florianópolis, 2000.

CASTELÃO, T. B. AMABIS, J. M. Motivação e ensino de Genética: um enfoque Atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem. **In 54º Congresso Brasileiro de Genética**, p.5 Salvador, 2008.

CÁSTERA, J.; CLÉMENT, P. Teacher’s conceptions about the genetic determinismo of human behavior: a survey in 23 countries. **Science & Education**. 2012.

FABRÍCIO, M. de F. L.; JÓFILI, Z. M. F.; SEMEN, L. S. M.; LEÃO, A. M. dos A. C. A compreensão das leis de Mendel por alunos de Biologia na Educação básica e na licenciatura. **Ensaio: pesquisa em Educação em Ciências**. v.8, n.1, 2006.

FIORIN, F. G. Mendel: Pai da Genética ou um membro de uma de uma tradição de pesquisa? 2013. **Dissertação de Mestrado**. PPG Ensino de Ciências e Educação Matemática. Universidade Estadual de Londrina, 2013.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Conteúdos de Genética básicos para a formação de cidadãos críticos no Ensino Médio segundo professores e docentes: em comparação com o defendido na literatura. **IX ANPED SUL: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012**.

GARCIA, L. A. M. Competências e habilidades: você sabe lidar com isso? **Educação e Ciência on-line**. Brasília: Universidade de Brasília 2005.

GERCKE, N. M., EL-HANI, C. N., DOS SANTOS V. C. Conceptual variations or incoherence? Textbook discourse on genes in six countries. **Science & Education**. v. 23, n. 2, p. 381-416, 2012.

GIACÓIA, L. R. D. Conhecimento básico de Genética: concluintes do Ensino Médio e graduandos de Ciências biológicas. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. Bauru / SP, 2006.

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

GRIFFITHS, A.J.F., MILLER J.H., SUZUKI, D.T., LEWONTIN, R.C., GELBART, W.M. **Introdução à Genética**. 7ª e 8ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2002.

KLAUTAU, N.; Aurora, A.; DULCE, D.; SILVIENE, S.; HELENA, H.; CORREIA, A. Relação entre herança Genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. **Enseñanza de las Ciencias**, Número extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p. 2267-2270, 2009.

KOVALESKI, A. B.; Araújo, M. C. P. de. A história da Ciência e a bioética no ensino de Genética. **Genética na Escola**. v.8, n.2, 2013.

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

LEITE, B. Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica. **São Paulo em Perspectiva**, 14(3), 40-46. 2000.

LORENCINI, A. JR. O ensino de Ciências e a formulação de perguntas e respostas em sala de aula. In: TRIVELATO, Sílvia Luzi Frateschi. Coletânea Escola

de Verão para professores de prática de ensino de física, química e Biologia. Serra Negra, São Paulo, 9-15 de outubro de 1994. p.105-114, SP, FEUSP, 1995.

LÜDKE, M.; ANDRE, M. E. A. D. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo, EPU, 1986.

MACEDO, L. **Eixos teóricos que estruturam o ENEM**: conceitos principais. Brasília: MEC, 1999.

MACEDO, J. F.; ROSA, V. L. Conceitos básicos de Genética e reprodução para alunos do Ensino Médio. **IN: Congresso Nacional de Genética**. Águas de Lindoia, 2000.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MOREIRA, M. C. A. SILVA, E. P. Concepções prévias. Uma revisão de alguns resultados sobre Genética e evolução. **Encontro Regional de Ensino de Biologia**, Niterói, 2001.

NASCIMENTO, J. F. de M. A Genética se faz presente no vestibular. 2003. **Dissertação de Mestrado**. PPG em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

PERRENOUD, PH. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de Ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REIS, T. A. O ensino de Genética e a atuação da mídia. **IN V CONNEPI**. Maceió, 2010.

SANTOS, S. **Para geneticistas e educadores**: o conhecimento cotidiano sobre a herança biológica. São Paulo: Annablume, 2005.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da Ciência como aliada no ensino de Genética. **Genética na escola**. v. 1, n. 1. p. 17-18, 2006.

SILVA, S. F. M.; GALVÃO, V. C. C. Uma análise preliminar de competências e habilidades relevantes para o egresso do Ensino Médio. **Interacções**. n.19, p. 56-83, 2011.

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. **Revista Eletrônica de Investigação em Educação em Ciências**. v.8, n.2., p. 13-20, 2013.

XAVIER, I.; RODRIGUES, S. A.; CAVALCANTI, S. C. H.; MATOS, E. L. **Transgênicos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2002.

APÊNDICE 1

Quadro completo referentes à análise das provas de seleção para ingresso nas IES e ENEM analisadas no período de 2009 a 2013.

Estado	Universidade	Ano	Conteúdos abordados	Habilidades necessárias
RS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	2013	1. DNA: processo de replicação; conhecimento sobre DNA polimerase	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compreensão do processo de replicação
			2. Ciclo Celular - mitose	<ul style="list-style-type: none"> ▪ *Identificação das fases do ciclo celular ▪ Interpretação do gráfico
			3. Análise de características herdáveis em gêmeos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ *Interpretação textual (enunciado) ▪ Verificação da influência do meio nas características apresentadas.
		2012	1. Ácidos nucleicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conhecimento de conceitos básicos como monômeros e nucleotídeos
			2. Síntese de proteínas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ * Identificação do RNAm, leitura dos códons e identificação do aa a ser sintetizado
			3. Síndrome dos Vômitos Cíclicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ *Interpretação textual (enunciado) ▪ Identificação de padrão de herança do DNA mitocondrial
			4. 1ª Lei de Mendel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ *Interpretação de tabela ▪ Identificação do tipo de herança ▪ Realização de cruzamentos e interpretação dos dados
		2011	1. Genoma bacteriano	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conhecimento do conceito de genoma e transgênicos.
			2. Meiose	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memorização da sequência de fases e reconhecimento dos principais eventos como segregação e permutação
4. Codominância	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpretação dos dados e do resultado, cálculo de probabilidade. 			
5. Cromossomos sexuais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecimento e diferenciação dos cromossomos X e Y; identificação do sexo feminino como homogamético e do sexo masculino como heterogamético; compreensão da herança ligada ao X * 			
2010		1. Síntese de proteínas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecimento *dos processos de transcrição e tradução; ligação entre 	

		os nucleotídeos (5' - 3'); interpretação de uma tirinha.	
	2. Meiose	<ul style="list-style-type: none"> Interpretação de uma tabela com dados sobre número de cromátides; reconhecimento das fases e identificação dos principais eventos * 	
	3. Herança autossômica dominante (hipertermia maligna) e herança ligada ao X (hemofilia)	<ul style="list-style-type: none"> Conhecimento dos modos de herança; interpretação e análise dos dados de uma família * 	
	4. Segunda Lei de Mendel	<ul style="list-style-type: none"> Diferenciação dos termos genotípico e fenotípico; identificação e diferenciação de F1 e F2; reconhecimento da proporção 9:3:3:1 	
	5. Alelos múltiplos (cor da pelagem em coelhos)	<ul style="list-style-type: none"> Interpretação do enunciado; identificação do tipo de herança; diferenciação entre genótipo e fenótipo 	
2009	1. Células-tronco embrionárias	<ul style="list-style-type: none"> Conhecimento relacionado à bioética 	
	2. Gametogênese	<ul style="list-style-type: none"> Reconhecer as diferenças entre a gametogênese masculina e feminina 	
	3. Nanismo	<ul style="list-style-type: none"> Interpretação do enunciado e identificação do tipo de herança 	
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	2013	1. Herança do grupo sanguíneo e fator Rh	<ul style="list-style-type: none"> Interpretação de uma tabela; conhecimento sobre os padrões de herança, cálculo de probabilidade *
		2. Herança ligada ao sexo e análise de genealogia	<ul style="list-style-type: none"> Interpretação da genealogia; conhecimento sobre os padrões de herança e identificação do sexo homogamético e heterogamético
2012	1. Síntese de proteínas	<ul style="list-style-type: none"> Conhecimento dos processos de transcrição e tradução; identificação de códons e aa. 	
	2. Transcrição	<ul style="list-style-type: none"> Reconhecimento do RNA mensageiro; identificação dos códons. 	
	3. Co-dominância: anemia falciforme	<ul style="list-style-type: none"> Interpretação das figuras; conhecimento do padrão de herança; análise e interpretação das alternativas. * 	
	3. Meiose e alterações cromossômicas	<ul style="list-style-type: none"> Reconhecimento da fase meiótica; análise das figuras; identificação da mudança no número cromossômico. 	
2011	1. Transcrição do DNA	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar uma imagem; realizar o pareamento entre as bases. 	
	2. Síntese de proteínas	<ul style="list-style-type: none"> Conhecimento dos processos de transcrição e tradução; identificação de códons e aa. 	
2010	1. Molécula de DNA	<ul style="list-style-type: none"> Conhecimento sobre as bases formadoras do DNA e tipo de ligação entre as fitas 	

				complementares.
		2009	1. Molécula de DNA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpretação de uma imagem e conhecimento sobre as bases formadoras do DNA.
			2. Mutação e variabilidade Genética	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecer e relacionar os conceitos de mutação e variabilidade Genética *
			3. Permutação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisar uma imagem e identificar o processo de permutação *
SP	Universidade de São Paulo (USP)	2013	1. Herança autossômica recessiva	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise de uma genealogia; conhecimento sobre padrões de herança. *
			2. Mitose	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise de um gráfico que representa o ciclo celular; conhecimento dos eventos que ocorrem em cada fase: principalmente a quantidade de DNA representado por um par de alelos*
		2012	1. Síntese de proteínas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conhecimento do processo de transcrição e tradução; identificação dos códons e número de aminoácidos.
			2. 2ª. Lei de Mendel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpretação do enunciado do problema; diferenciação de termos como homocigoto e heterocigoto; cálculo de probabilidade e análise dos resultados.
		2011	1. Meiose	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpretação de uma imagem e conhecimento sobre os eventos da meiose: principalmente número de divisões celulares e redução no número cromossômico *
			2. Herança ligada ao X	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise de uma genealogia; conhecimento sobre a herança e cálculo de probabilidade
		2010	1. Variabilidade Genética e mutação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conhecimento sobre os conceitos e suas relações
			2. Código genético	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conceitos de DNA, RNA e síntese de proteínas
			3. Codominância	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecer o modelo de herança, proporções fenotípicas e genotípicas
		2009	1. Cromossomos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conhecimento de diferentes temas relacionados aos cromossomos: número nas células haploides e diploides; acontecimentos na meiose; presença no endosperma. *
			2. Herança ligada ao cromossomo X	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise de genealogia; conhecimento do modo de herança e cálculo de probabilidade.
GO	Universidade de Brasília (UNB)	2013	1. 2ª. Lei de Mendel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpretação dos dados de uma tabela; conhecimento dos modelos de herança e cálculo de probabilidade.
			2. Cariótipo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise de uma imagem e identificação do cariótipo *
			3. 1ª. Lei de Mendel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpretação do enunciado e cálculo de

				probabilidade
			4. Genoma e mutação	<ul style="list-style-type: none"> Conhecimento e relação entre diferentes conceitos: mutações somáticas e gaméticas e formação de tumores. *
			5. Mutações e mitose	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar o enunciado e redigir um texto explicando o mecanismo de divisão celular que leva à formação de células mutantes **
		2012	1. Síntese de proteínas	<ul style="list-style-type: none"> Conhecimento e relação entre as diferentes etapas da síntese de proteínas; localização das fases de síntese de proteínas em uma célula eucarionte.
		2011	1. Síntese de proteínas	<ul style="list-style-type: none"> Relação entre DNA e RNA; relação entre aa e nucleotídeos.
		2010	1. Mutações	<ul style="list-style-type: none"> Conhecimento sobre a origem das mutações e diferenciação entre mutações herdáveis ou não.
		2009	Não houve questão	
BA	Universidade Federal da Bahia (UFBA)	2012	1. Mutações	Capacidade relacionar o conceito de mutação com surgimento de doenças*
			2. Expressão gênica	Conhecimento e relação entre as diferentes etapas da síntese de proteínas; localização das fases de síntese de proteínas em uma célula eucarionte.
			3. Anáfase I	Identificar se o processo de anáfase I pode ser visualizado ao microscópio óptico.*
		2011	1. Mutação	Identificar o RX como um potencial agente mutagênico*
			2. Genética básica	Conhecimentos de conceitos como genótipo, fenótipo e genoma.
			3. Genes	Reconhecer a função dos genes e relacionar com conceitos como células-tronco.
			4. DNA	Reconhecer as bases nitrogenadas formadoras da molécula de DNA
		2010	1. Hereditariedade	Explicar como os genes são replicados e herdados
		2009	1. DNA	Identificar as regiões do DNA em uma figura.
			2. 2ª. Lei de Mendel	Identificação do padrão de herança, cálculo de probabilidade e interpretação dos resultados.
PA	Universidade Federal do Pará (UFPA)	2013	Nenhuma questão	
		2012	Nenhuma questão	
		2011	1. Distrofia muscular	Analisar e interpretar uma genealogia; reconhecer o padrão de herança; realizar cálculo de probabilidade e interpretar o resultado.
		2010	1. Herança ligada ao X (daltonismo)	Interpretação do enunciado; conhecimento do padrão de herança.
			2. Mitose	Identificação e reconhecimento das fases.
		2009	1. Herança ligada ao X (Distrofia Molecular de	Conhecimento sobre as características deste tipo de herança

			Duchene)	
BRASIL	Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)	2013	1. Teste de paternidade	Analisar padrões de DNA de diferentes casais e comparar com o padrão de um bebê.*
			2. DNA mitocondrial	Conhecimento sobre o padrão de herança do DNA mitocondrial.*
		2012	1. Formação de organismos transgênicos	Identificar o que é um organismo transgênico e perceber que eles podem trazer risco ao ambiente natural
			2. Síntese de proteínas e transgênicos	Compreender o processo de síntese de proteínas e entender que ocorrerá a inserção do gene doador no genoma da espécie.
		2011	1. Replicação do DNA	Conhecimento sobre os principais eventos que ocorrem na replicação.
			2. Genes e cânceres	Reconhecer a relação existente entre genes, câncer e mutações *
		2010	Nenhuma questão	
		2009	1. Genética básica	Leitura e interpretação do enunciado e conhecimento de conceitos básicos como genótipo e fenótipo.
			2. DNA recombinante	Relacionar a importância da engenharia Genética com a produção do hormônio insulina.
			3. Síntese de proteínas	Interpretar uma imagem e conhecimento sobre as diferentes fases da síntese de proteínas.
			4. DNA mitocondrial	Conhecimento sobre o padrão de herança do DNA mitocondrial.*

3.5 Trabalho Apresentado: Resumo Expandido: Tabuleiro de genética: resolvendo exercícios de herança e heredogramas

Este trabalho foi apresentado na forma de pôster na 29ª. Jornada Acadêmica Integrada (JAI) da Universidade Federal de Santa Maria, que ocorreu no período de 19 a 24 de outubro de 2014.

O desenvolvimento deste material ocorreu durante a disciplina de Ensino de Genética e Evolução na Escola através do Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências- Química da Vida e Saúde (CCNE, UFSM) ministrada pela Profa. Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos.

Um dos objetivos da disciplina foi o desenvolvimento de recursos didáticos que auxiliassem alunos e professores nos processos de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Genética e Evolução.

O tabuleiro proposto não teve o intuito de trabalhar as concepções errôneas e transformá-las em conhecimento científico. Nosso principal objetivo foi criar um material de fácil aquisição e baixo custo que possa ser usado nas escolas e com diversas finalidades.

O uso, em sala de aula, de recursos didáticos variados cria um ambiente diferenciado no qual o aluno poderá apresentar maior interesse e motivação pelo conteúdo que está sendo estudado.

Acreditamos que o uso deste tabuleiro possa auxiliar como uma ferramenta auxiliar diferencial para o ensino e resolução de exercícios de Genética.

TABULEIRO DE GENÉTICA: RESOLVENDO EXERCÍCIOS DE HERANÇA E HEREDOGRAMAS

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1980) em Genética requer o uso de metodologias diferenciadas. Interpretar, relacionar conteúdos e o uso de regras de probabilidade classificam o ensino e a aprendizagem em Genética como sendo um dos mais difíceis dentro da Biologia (KOVALESKI e ARAÚJO, 2013; KLAUTAU *et.al*, 2009; BARBOSA, 2008; CASTELÃO e AMABIS, 2008; MOREIRA e SILVA, 2001; AMORIM, 1997).

Diferentes autores, como Gardner (1995), Santos (2008), Brito *et al.* (2005) e Miranda (2001), apontam o uso dos modelos didáticos e outras atividades lúdicas como ferramentas essenciais e eficientes na facilitação do aprendizado nas diferentes áreas da Biologia, principalmente em temas relacionados à Genética que exigem abstração e conhecimento de diferentes conceitos. Exercícios envolvendo cálculos e o conhecimento de diferentes temas são momentos onde o professor pode utilizar diferentes metodologias que auxiliem o aluno na construção do conhecimento.

Assim, propomos o desenvolvimento de um tabuleiro para ajudar na resolução de problemas envolvendo heredogramas, mono e diíbrido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A valorização educacional dos brinquedos e jogos data desde a antiguidade Greco-romana, onde filósofos como Platão e Aristóteles acreditavam que o uso de recursos lúdicos era uma fonte de ensino e preparação das crianças. Platão ensinava Matemática às crianças em forma de jogos educativos, praticados e comuns para meninos e meninas (ALMEIDA, 1987).

Encontra-se nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 2001), um dos documentos que orienta a ação educacional brasileira, que as atividades

lúdicas favorecem a aprendizagem do aluno por exigir dele mecanismos de atenção que possibilitam executar tarefas de forma satisfatória e adequada.

Com relação aos conteúdos de Genética, que exigem abstração e correlação entre conceitos e disciplinas, o uso de modelos didáticos que auxiliem neste aprendizado torna-se uma ferramenta facilitadora para o entendimento destes conceitos considerados, muitas vezes, como simples “decorebas”. De acordo com Aguiar (2007, p. 25) “as atividades lúdicas são reconhecidas como meio de fornecer um ambiente agradável, motivador, planejado e enriquecedor, que possibilita a aprendizagem de várias habilidades”. O simples ato de modificar o esquema tradicional de aula faz com que os estudantes sintam curiosidade e fiquem mais atentos ao que lhes está sendo apresentado.

3 METODOLOGIA

O tabuleiro apresenta em um lado o quadro de Punnet apropriado para a resolução de exercícios de 1ª Lei e montagem de heredogramas. No outro lado está o quadro adaptado para exercícios que envolvam mais de um caráter ao mesmo tempo (diíbrido).

Também utilizamos letras (alelos) em E.V.A. (Etil Vinil Acetato) fenótipos relacionados à textura das sementes das ervilhas estudadas por Mendel. Os alelos representados são R, r, V e v e os fenótipos semente lisa/ rugosa; amarela/ verde.

Diferentes conceitos interrelacionados podem ser simultaneamente trabalhados com o uso do tabuleiro, como homozigose e heterozigose; cálculo de probabilidades; meiose e formação de gametas; diferença entre genótipo e fenótipo e genes alelos. Após ler o problema o estudante deve escolher qual dos lados do tabuleiro deverá utilizar, de acordo com o tipo de herança. Depois, precisa montar o cruzamento pedido e realizar as possíveis combinações de letras (genótipos) e encontrar o fenótipo adequado. Por exemplo: o genótipo VvRr é expresso no fenótipo “ervilha de cor amarela e textura lisa”; enquanto o genótipo vvrr é expresso no fenótipo “ervilha de cor verde e textura rugosa”.

Para a construção de heredogramas confeccionamos o material em E.V.A. (etil vinil acetato) onde o aluno deverá organizar a árvore genealógica de acordo

com os dados do problema utilizando, de forma adequada, os símbolos universais correspondentes, por exemplo, ao sexo masculino ou feminino, casamento, filiação, indivíduo sadio ou afetado, gêmeos, entre outros.

O uso deste tabuleiro proporciona uma forma diferencial para os estudantes compreenderem conceitos relacionados à Genética e as correlações necessárias. É um método simples, barato, mas que proporciona maior interação do estudante com o conteúdo e desperta mais interesse do que a montagem do quadro de Punnet pelo professor na lousa.

Acreditamos que o uso de metodologias diferenciais é uma forma de facilitar o ensino e a aprendizagem de Genética e promover no estudante a vontade de aprender.

4 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J. S. **Jogos para o ensino de conceitos**. Campinas: Papirus, 2007.
- ALMEIDA, P. N. de. **Educação lúdica- técnicas e jogos pedagógicos**. São Paulo: Edições Loyola, 1987.
- AMORIM, A. C. R. O ensino de Biologia e as relações entre Ciência/ tecnologia e sociedade: o que dizem os professores e o currículo do Ensino Médio? **Em: Anais do VI Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia”**. (p. 74-77), 1997. São Paulo: Faculdade de Educação da USP.
- BARBOSA, M. V. Oficinas práticas de Genética molecular para estudantes do Ensino Fundamental e médio no município de Garanhuns. **In 54º Congresso Brasileiro de Genética**, p.2 Salvador, 2008.
- BRASIL. Ministério da educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Brasília, 2001.
- BRITO, S. R.; SANTOS, T. L. T.; SILVA, A. S.; COSTA, K. e FAVERO, E. L. Apoio Automatizado à mediação da aprendizagem baseada em experimentos. **Renote**. v. 3. n. 2, 2005.
- CASTELÃO, T. B. AMABIS, J. M. Motivação e ensino de Genética: um enfoque Atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem. **In 54º Congresso Brasileiro de Genética**, p.5 Salvador, 2008.
- GARDNER, H. **Inteligências Múltiplas: a teoria na prática**. POA: Artes Médicas, 1995.

KLAUTAU, N.; AURORA, A.; DULCE, D.; SILVIENE, S.; HELENA, H.; CORREIA, A. Relação entre herança Genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. **Enseñanza de las Ciencias**, Número extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p. 2267-2270, 2009.

KOVALESKI, A. B.; ARAÚJO, M. C. P. de. A história da Ciência e a bioética no ensino de Genética. **Genética na Escola**. v. 8, n. 2, 2013.

MIRANDA, S. No fascínio do jogo, a alegria de aprender. **Ciência Hoje**, 28, 168, 64-66.

MOREIRA, M. C. A. SILVA, E. P. Concepções prévias. Uma revisão de alguns resultados sobre Genética e evolução. **Encontro Regional de Ensino de Biologia**, Niterói, 2001.

SANTOS, A dos. **Experimentação lúdica no ensino de Genética: mitose**. Monografia (graduação) Licenciatura Plena em Biologia, ULBRA, Itumbiara, 2008.

3.6 Artigo 5: Brincando, construindo e aprendendo: a produção da melanina como modelo de herança

O quinto artigo da tese foi submetido ao Periódico Genética na Escola (ISSN 1980-3540) na seção Materiais Didáticos.

Neste trabalho desenvolvemos um material que apresenta como objetivo auxiliar alunos e professores para a compreensão correta da tríade gene-cromossomo-DNA e relacionar o DNA com a expressão do fenótipo.

Escolhemos este tema porque identificamos por meio da revisão de literatura e da análise dos resultados desta tese que os alunos, independente da escolaridade (concluintes do Ensino Médio ou ingressantes na universidade), não apresentam conhecimento adequado em relação a este tema.

Os modelos são confeccionados com materiais de baixo custo, fácil aquisição e montagem. Os professores podem construir um modelo para seu uso em sala de aula, mas para tornar o aluno um sujeito ativo na construção do conhecimento recomendamos que os mesmos montem os seus modelos, pois durante a confecção do material estarão em contato com os temas a serem estudados.

Estes momentos de construção são ideais para que professores e alunos dialoguem, esclareçam dúvidas e confrontem concepções originárias do senso comum com o conhecimento científico levando a formação de uma aprendizagem significativa.

BRINCANDO, CONSTRUINDO E APRENDENDO: A PRODUÇÃO DA MELANINA COMO MODELO DE HERANÇA

1 INTRODUÇÃO

A produção de melanina ou sua ausência, caracterizando o albinismo, é o modelo clássico e, geralmente, inicial para o ensino dos padrões de herança monogênica. Este modelo de herança é utilizado porque os fenótipos produzidos, (indivíduos normais ou albinos) são fáceis de serem identificados e diferenciados.

A biossíntese do pigmento melanina ocorre em organelas especializadas denominadas melanossomos, produzidas apenas pelas células melanocíticas. O substrato inicial para a síntese de melanina é o aminoácido tirosina, que através de várias reações sucessivas é convertido no pigmento (Figura 1). A enzima tirosinase catalisa três etapas diferentes na biossíntese da melanina, mas uma vez formada a DOPA (dihidroxifenilalanina), as demais etapas que são etapas de oxirredução e rearranjos intermoleculares podem ocorrer espontaneamente em função das condições do ambiente intracelular (HARRIS, 2009). Após as duas primeiras conversões, a síntese é dividida em eumelanogênese (síntese de eumelanina, pigmento marrom-preto) e feomelanogênese (síntese de feomelanina, pigmento amarelo-vermelho) (ANDO *et al.*, 2007).

O albinismo é um distúrbio de natureza Genética em que há redução ou ausência do pigmento melanina (ROCHA, MOREIRA, 2007). Há diferentes tipos de albinismo classificados de acordo com a produção e distribuição da melanina (MARQUITO *et al.*, 2009).

O albinismo é classificado em:

- Ocular – quando somente os olhos sofrem despigmentação;
- Parcial – o organismo produz melanina na maior parte do corpo, mas em outras partes isso não ocorre;
- Oculocutâneo (OCA) – todo o corpo é afetado. Resulta de mutações em pelo menos 12 genes diferentes. O bloqueio da síntese de melanina é completo no tipo OCA 1A (albinismo oculocutâneo tirosinase-negativo, com herança autossômica recessiva), devido a mutações no gene da tirosinase que levam à produção de uma enzima inativa. Os olhos, cabelos e pele dos afetados não produzem nenhum

pigmento. Nos outros tipos o bloqueio não é completo e uma quantidade variável de melanina é formada, podendo haver nos indivíduos afetados escurecimento dos cabelos e desenvolvimento de pigmento na íris com a idade (KING *et al.*, 2003).

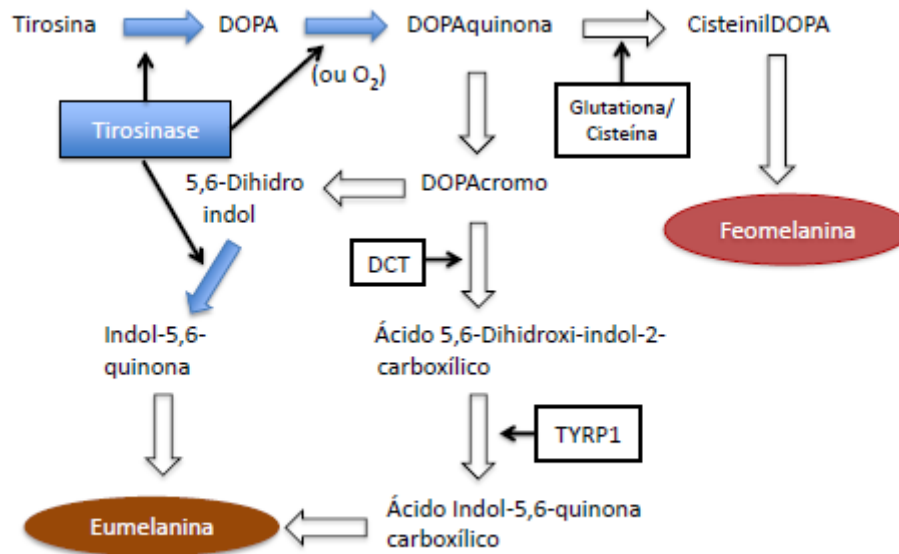


Figura 1. Via biossintética da melanina. A síntese inicial de melanina é catalisada pela tirosinase e depois dividida em eumelanogênese e feomelanogênese. Outras enzimas melanogênicas envolvidas na síntese de eumelanina são: DCT (L-3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA) cromo tautomerase e TYRP1 (proteína relacionada à tirosinase 1). Nenhuma enzima específica relacionada à síntese de feomelanina foi identificada ainda. Adaptado de ANDO *et al.* (2007).

O gene que codifica a enzima tirosinase se localiza no braço longo do cromossomo 11 na posição 14.3 (11q14.3 - Figura 2). O produto gênico do alelo normal apresenta 511 aminoácidos (TOMITA *et al.*, 1989).

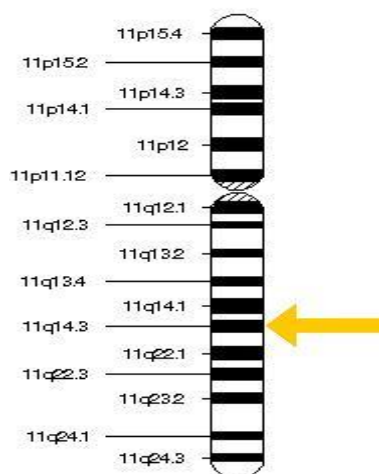


Figura 2: Cromossomo 11 apresentando a localização do gene que contém a informação para a produção da enzima tirosinase (extraído de <http://ghr.nlm.nih.gov/gene/TYR>).

A fim de facilitar a compreensão das relações entre diferentes conceitos da Genética, desenvolvemos três conjuntos de modelos didáticos que auxiliam no entendimento do padrão de herança para a produção da melanina. Nossos modelos foram baseados considerando o OCA 1A, no qual a tirosinase funcional não é produzida.

O primeiro e o segundo conjuntos de modelos apresentam um fragmento do gene que codifica a enzima tirosinase mostrando a sequência de nucleotídeos dos alelos normal e mutante, dos mRNAs e de aminoácidos da enzima tirosinase normal e inativa. No terceiro conjunto simulamos, de forma simplificada, as reações celulares que levam à formação da melanina em indivíduos com fenótipo normal e albino.

2 MODELOS DIDÁTICOS

2.1 Alelos para a síntese da enzima tirosinase e a relação com albinismo

Estes conjuntos de modelos foram desenvolvidos com base no artigo de TOMITA *et al.* (1989) que apresenta um dos possíveis tipos de mutações no gene da tirosinase que levam à produção de uma enzima inativa, encontrada em uma pessoa albina com OCA 1A (Quadro 1). A mutação consiste na inserção de uma citosina entre as posições nucleotídicas 1011 e 1012 do gene da tirosina, ocasionando uma mudança de matriz de leitura e gerando um códon de terminação prematuro, que resulta na síntese de uma proteína truncada e não-funcional.

	Normal	Com mutação
Sequência de nucleotídeos do alelo	5' AGA ACC CCA AGG CTC 3'	5' AGA ACC CCC AAG GCT 3'
Sequência de nucleotídeos do mRNA	5' AGA ACC CCA AGG CUC 3'	5' AGA ACC CCC AAG GCU 3'
Sequência de aminoácidos	arginina-treonina-prolina-arginina-leucina	arginina-treonina-prolina-lisina-alanina
Número total de aminoácidos na proteína	511	298

Quadro 1. Sequência de nucleotídeos de um segmento do alelo normal e do alelo mutante para a produção de tirosinase e dos respectivos trechos transcritos em RNAs mensageiros e traduzidos em proteínas, e número de aminoácidos presentes nas proteínas codificadas, de acordo com Tomita *et al.* (1989)

Os modelos propostos foram desenvolvidos com os seguintes materiais:

A) Moléculas de DNA:

1. Bolinhas de isopor representando as bases nitrogenadas;
2. Fio de luz encapado representando o esqueleto açúcar-fosfato;
3. Fio de luz encapado na cor vermelha simulando as pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas;

B) Enzima codificada:

1. Pedras coloridas representando os aminoácidos (Figura 3);
2. Arame e miçangas para formar a estrutura primária e terciária da tirosinase.



Figura 3: Representação de aminoácidos com o uso de pedras coloridas.

O quadro 2 sintetiza de forma comparativa os dois conjuntos de modelos que representam as etapas para a síntese da tirosinase normal (conjunto 1) e tirosinase inativa (conjunto 2). Para simplificação, os modelos apresentam somente a região do gene que pode conter a mutação descrita por TOMITA *et al.* (1989), assim como a região correspondente da tirosinase (normal ou inativa) codificada.

Conjunto 1: alelo normal e tirosinase funcional	Conjunto 2: alelo mutante e tirosinase inativa
Região do alelo normal (Figura 4A)	Região com a inserção de uma citosina (Figura 4B)
RNAm transcrito a partir do DNA normal (Figura 5A)	RNAm transcrito a partir do DNA alterado (Figura 5B)
Estrutura primária da enzima tirosinase funcional (Figura 6A)	Estrutura primária da enzima tirosinase inativa (Figura 6B)
Estrutura terciária da enzima tirosinase funcional (Figura 7A)	Estrutura primária da enzima tirosinase inativa (Figura 7B)

Quadro 2. Comparação entre os conjuntos de modelos.

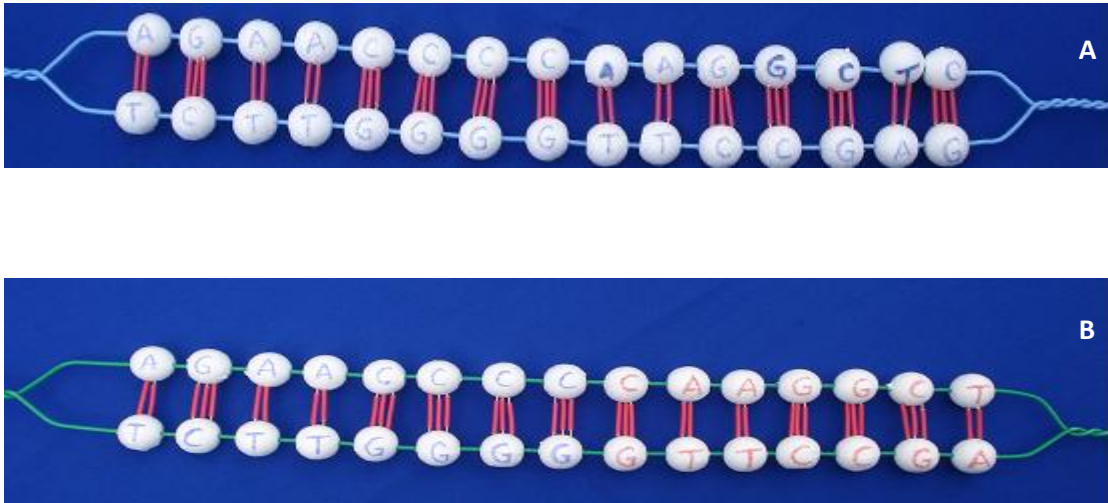


Figura 4: Segmentos do alelo da tirosinase, mostrando as fitas codificadora (superior) e molde (inferior) e as ligações entre os nucleotídeos. (A) Alelo normal. (B) Alelo contendo mutação, no qual a inserção de uma citosina (destacada em vermelho) leva à mudança na matriz de leitura e conseqüente alteração na sequência de aminoácidos da enzima que será sintetizada a partir da tradução do mRNA.

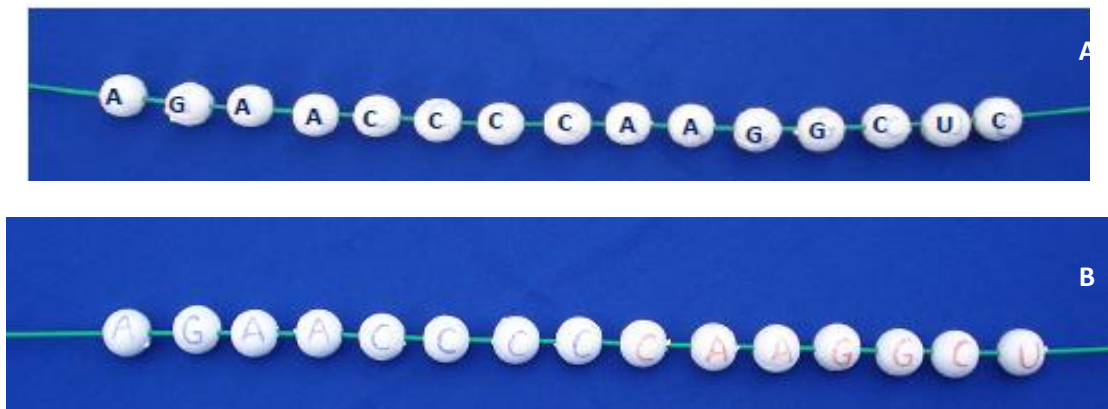


Figura 5: Segmento do RNA mensageiro transcrito a partir da fita molde de DNA. (A) RNA mensageiro normal. (B) RNA mensageiro contendo inserção de uma citosina.

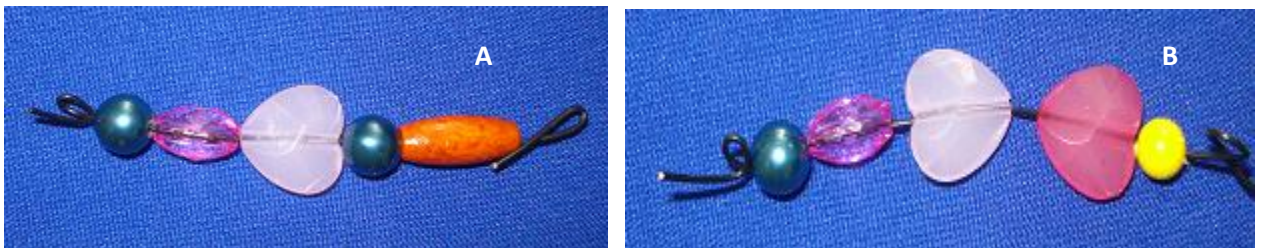


Figura 6: Representação da estrutura primária de uma região da enzima tirosinase ativa (A) e inativa (B) mostrando a diferença na sequência de alguns aminoácidos.

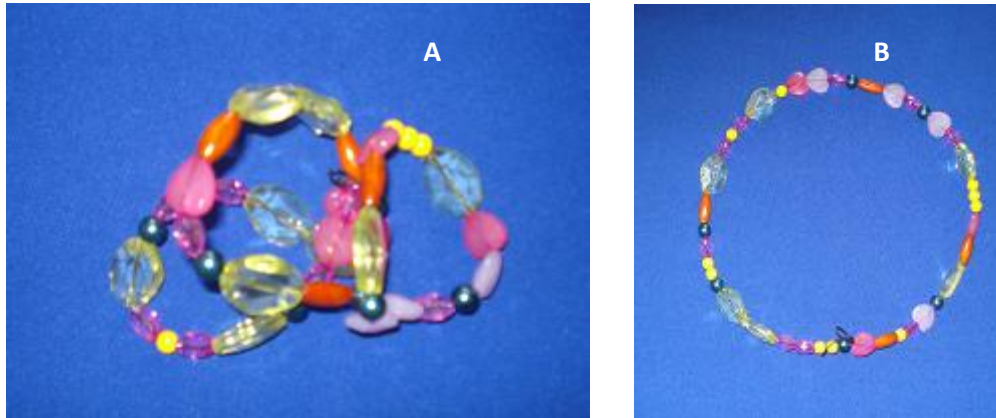


Figura 7: Representação da estrutura terciária da enzima tirosinase funcional (A) e inativa (B).

Com estes modelos o professor poderá demonstrar onde ocorreu a mutação e a conseqüente mudança na estrutura primária da proteína. Os conjuntos de modelos devem ser usados para mostrar porque um heterozigoto não será albino, assim como porque somente os homozigotos com dois alelos mutantes apresentarão a característica, permitindo que a interação entre alelos dominantes e recessivos seja facilmente compreendida. O professor também poderá explorar conceitos como:

1. Estrutura da dupla hélice;
2. Nucleotídeos (pareamento, diferença entre DNA e RNA);
3. Código genético (relação 3 nucleotídeos para 1 aminoácido; degeneração);
4. Transcrição e tradução;
5. Aminoácidos e proteínas (relação entre RNAm e estrutura primária);
6. Diferença entre alelos de um gene e conseqüentes diferenças nas proteínas codificadas;
7. Genótipo e fenótipo;
8. Mutação (substituição de nucleotídeos, inserção e deleção; mutações sinônimas, mutações não-sinônimas, mudança de matriz ou fase de leitura, códons de terminação prematuros).

Os modelos podem ser utilizados em vários momentos, para ilustrar diferentes conteúdos, como ácidos nucleicos, síntese de proteínas e introdução à Genética (1ª. Lei de Mendel).

2.2 Simulando a formação da melanina em indivíduos normais e albinos

Este modelo tem o objetivo de ilustrar a formação do pigmento melanina em seres humanos. A enzima tirosinase codificada pelo alelo *A* (funcional) e a forma inativa da enzima codificada pelo alelo *a* são representados por corantes coloridos e estão identificadas nos frascos (Figura 8). A tirosinase normal (indicada pelo alelo *A* no frasco) é simulada pelas cores amarela e vermelha (para as duas reações consecutivas) enquanto a tirosinase inativa codificada pelo alelo *a* é simulada com água, sendo incolor. A molécula de oxigênio (O_2), necessária para a produção da melanina, é representada pelo corante na cor verde (Figura 8).



Figura 8: Frascos simulando os alelos *A* e *a* e a molécula de O_2 .

O professor poderá utilizar o modelo para mostrar a relação entre alelos dominante e recessivo, enfatizando os diferentes genótipos (*AA*, *Aa* e *aa*), conceitos de gene, alelos, proteínas, enzimas e aminoácidos. Também podem ser lembrados conteúdos como relação enzima-substrato e síntese de proteínas.

Após a montagem do modelo o professor poderá explorar a produção da melanina em indivíduos *AA* e *Aa* enfatizando que a presença de um alelo dominante (*A*) é capaz de levar à formação da enzima tirosinase funcional o que determina o fenótipo considerado normal. Para apresentar o fenótipo albino, o indivíduo deverá ser portador de dois alelos recessivos (*aa*) não ocorrendo a produção de tirosinase funcional, ou seja, a tirosinase, neste caso, é inativa.

É importante salientar, para os alunos, que este é apenas um modelo com função de realizar uma analogia com as reações que ocorrem no interior celular. Os alunos devem entender que o processo, no interior da célula, não ocorre através da alteração de cores, nem as enzimas são coloridas.

Material necessário

- a) 15 tubos de ensaio
- b) Suporte para tubos
- c) Corante (água + tinta) nas cores amarela, vermelha e azul;
- d) Água
- e) Frascos identificados com os alelos A e a , além da molécula de O_2 .
- f) Bonecos de E.V.A (etil vinil acetato) representando os indivíduos com fenótipo normal (Figura 9A) e fenótipo albino (Figura 9B).

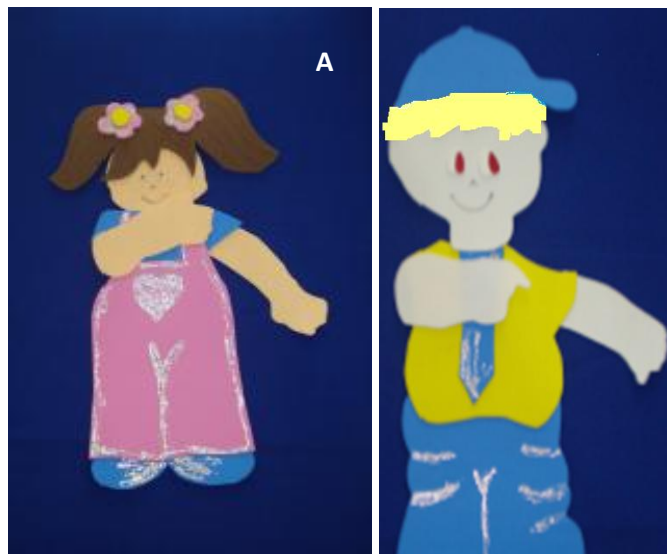


Figura 9: Bonecos confeccionados com E.V.A. representando o fenótipo normal (A) e albino (B).

Utilizando o modelo

Para representar a produção de melanina em indivíduos:

- a) AA e Aa :
 1. Coloque água em um tubo de ensaio. A água representa o aminoácido tirosina (Figura 10);



Figura 10: Tubo de ensaio com água simulando o aminoácido tirosina.

2. Acrescente os produtos dos alelos *A* e *A* (de tubos diferentes que contém o corante amarelo). Eles irão representar o genótipo do indivíduo (Figura 11A). O mesmo ensaio pode ser realizado para o genótipo *Aa* (Figura 11B);



Figura 11: Simulação da reação tirosina + tirosinase em indivíduos com genótipo *AA* (A) e *Aa* (B).

3. O líquido apresentará a cor amarela representando a reação tirosina + tirosinase. O produto desta reação é a DOPA (Figura 12);

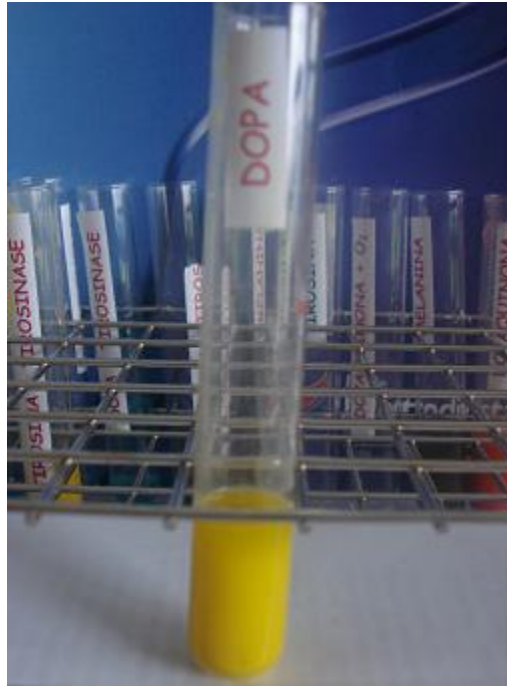


Figura 12: Produto da reação tirosina + tirosinase originando DOPA.

4. Agora, acrescente novamente os corantes representando os produtos dos alelos *A* e *a* (de outra cor, no caso vermelha). Esta reação representa dopa + tirosinase (Figura 13), originando DOPAQUINONA (Figura 14);



Figura 13: Simulando a reação DOPA + tirosinase em indivíduos *AA* (A) e *Aa* (B).



Figura 14: Produto da reação DOPA+ tirosinase originando DOPAQUINONA.

5. Por último acrescenta a “molécula de O_2 ” (corante azul). O resultado é um líquido na cor marrom representando a formação da melanina (Figura 15). Neste momento mostre o boneco correspondente, neste caso o boneco apresentado na Figura 9A.



Figura 15: Reação da DOPAQUINONA + O_2 produzindo o pigmento melanina.

A Figura 16 representa a sequência de reações.



Figura 16: Sequência das reações que levam à produção da melanina em indivíduos AA e Aa.

b) aa

1. Coloque água em um tubo de ensaio. A água representa o aminoácido tirosina. Acrescente o “produto” dos alelos *a* e *a* (água, novamente, em frascos diferentes). Eles irão representar o genótipo do indivíduo. O líquido continuará incolor representando que a reação tirosina + tirosinase não ocorreu. Assim, o aluno perceberá que não haverá produção de melanina (Figura 17).

Mostre aos alunos o boneco albino (Figura 9B).



Figura 17: Sequência das reações em indivíduos aa, onde não ocorre formação de melanina.

3 REFERÊNCIAS

- ANDO, H.; KONDOH, H.; ICHIHASCHI, M.; HEARING, V. Approaches to identify inhibitors of melanin biosynthesis via the quality control of tyrosinase. **Journal of investigative dermatology**. v.127, p. 751-761, 2007.
- HARRIS, M. I. N. C. Pele – Estrutura, propriedades e envelhecimento. Senac, 352., 2009.
- KING, R. A., PIETSCH, J., FRYER, J. P., SAVAGE, S., BROTT, M. J., RUSSELL-EGGITT, I., SUMMERS, C. G., OETTING, W. S. Tyrosinase gene mutations in oculocutaneous albinism 1 (OCA1): definition of the phenotype. **Hum. Genet.** 113: 502-513, 2003.
- MARQUITO, A.C.; CZMYR, D. F.; SILVEIRA, G. N.; OLIVEIRA, L. de. **Albinismo**: manual educativo para professores. Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2009. Disponível em http://castroweb.com.br/castrodigital/manual_albinismo.doc.
- ROCHA, L. de M.; MOREIRA, L. M. de A. Diagnóstico laboratorial do albinismo oculocutâneo. **J Bras Patol Med Lab**. v. 43, n. 1, p. 25-30, 2007.
- TOMITA, Y.; TAKEDA, A.; OKINAGA, S.; TAGAMI, H.; SHIBAHARA, S. Human oculocutaneous albinism caused by single base insertion in the tyrosinase gene. **Biochemical and biophysical research communications**. v.64, n.3, p. 990-996, 1989.

4 DISCUSSÃO

Pesquisas relacionadas a questões de ensino envolvem a relação entre dois atores: alunos e professores. As trocas realizadas no espaço educacional são responsáveis pela formação do conhecimento cientificamente correto e adequado para a atuação dos indivíduos na sociedade. É na escola que iniciam as ações que promovem no aluno o gosto pelo aprender e a compreensão de que a educação é importante fator de inclusão na sociedade.

Desta forma,

[...] a escola tem como finalidade inerente a transmissão do saber e, portanto, requer-se a sala de aula, o professor, o material de ensino, enfim, o conjunto das condições que garantem o acesso aos conteúdos. A aprendizagem deve ser ativa e, para tanto, supõe-se um meio estimulante (LANE e CODO, 1993, p. 174).

Ensinar e aprender Genética são desafios para alunos e professores, pois envolve uma rede de conceitos que o estudante precisa consolidar para construir significativamente seus conhecimentos (BARNI, 2010). A Genética, suas aplicações e correlações, tema central desta tese é uma subárea onde suas análises estão combinadas com estudos de Citologia, Embriologia e Reprodução (GERICKE e HAGBERG, 2007) sendo importante a correlação da Genética e outras subáreas da Biologia.

Esta tese nos proporcionou uma visão da subárea da Genética em diferentes contextos: alunos concluintes do Ensino Médio e ingressantes na universidade, professores de Biologia do Ensino Médio e provas de seleção para universidades brasileiras. Para facilitar a relação entre as pesquisas desenvolvemos um mapa conceitual (FIGURA 1).

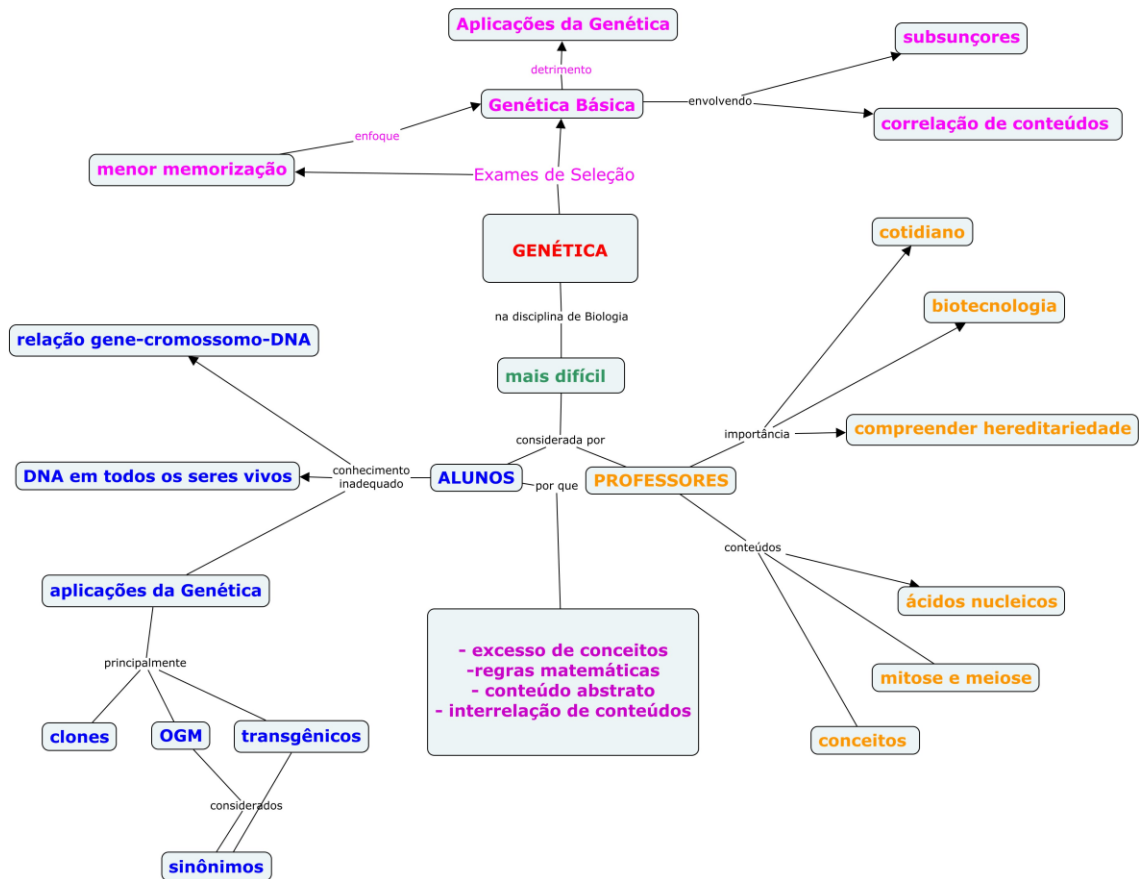


Figura 1: Mapa conceitual representando os principais resultados encontrados nas pesquisas que originaram a presente tese de Doutorado.
Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisarmos a Figura 1 identificamos que os temas de Genética estão interligados nos diferentes contextos. O entendimento de conteúdos subsunções, como ácidos nucleicos, mitose e meiose são considerados essenciais pelos professores e estão presentes nas questões das provas de seleção das instituições de Ensino Superior analisadas. Entretanto, a relação gene-cromossomos-DNA não é compreendida pelos estudantes concluintes do Ensino Médio e ingressantes na universidade. Esta constatação pode servir de suporte para que os professores reorganizem seus planos de ensino escolhendo metodologias que auxiliem para a construção significativa deste conhecimento.

Os alunos concluintes do EM, participantes da pesquisa, não apresentam conhecimento adequado em relação às aplicações da Genética. Talvez este fato esteja relacionado ao ensino oferecido nas escolas e os modelos de avaliação que privilegiam o conhecimento de temas de Genética básica, como exercícios envolvendo os diferentes tipos de herança.

As provas de seleção analisadas apresentaram um modelo de questões que valoriza a integração de conteúdos, fato observado pelos professores e alunos como barreira para a aprendizagem de Genética. O ensino escolar deve proporcionar diferentes formas de avaliação para que os alunos tenham contato com questões que utilizam correlações de conteúdos, principalmente Matemática e Química, além da habilidade de interpretar textos, tabelas e gráficos.

O discurso dos professores, participantes desta pesquisa, se mostra contraditório em vários momentos, tanto em relação às suas próprias respostas, quanto em relação ao conhecimento que eles julgam importante os alunos apresentarem, mas que estes não apresentam de fato. Estas contradições estão apresentadas no Quadro 1.

Professores	Contradições
Professores acham importante aplicar os conhecimentos de Genética ao cotidiano	Alunos acreditam que os alimentos não contêm DNA e que o DNA vegetal auxilia para a manutenção do brilho do cabelo
Alunos deveriam compreender a relação gene-cromossomo-DNA	Alunos não relacionam número de moléculas de DNA com número de cromossomos;
Conceitos devem ser aprendidos;	Excesso de conceitos dificulta a aprendizagem
Aprender Genética é importante para entender suas aplicações.	Os conteúdos de biotecnologia e aplicações da Genética não são considerados importantes
Após um ano os alunos devem lembrar, basicamente, Genética básica	Aprende-se Genética para aplicar no cotidiano

Quadro 1: Contradições encontradas nas respostas fornecidas pelos professores participantes da pesquisa.

A dificuldade em promover a transposição didática dos conteúdos relacionados à Genética não favorece dois pontos importantes na Educação em Ciências: a Alfabetização Científica e a Aprendizagem significativa. Esta lacuna na formação do aluno foi constatada entre os alunos ingressantes na universidade que participaram desta pesquisa. Alunos que já concluíram o Ensino Médio deveriam apresentar conhecimento adequado relacionado à Genética e suas aplicações. Nos cursos superiores, que apresentam na sua matriz curricular disciplinas da subárea de Genética, os professores precisam dedicar parte da carga horária para revisar conteúdos básicos de Genética cuja aprendizagem não ocorreu de forma adequada.

O Mapa Conceitual apresentado na Figura 2 mostra os pontos de relação que não foram contemplados nas respostas dos professores com relação às concepções dos alunos e as provas de seleção analisadas.

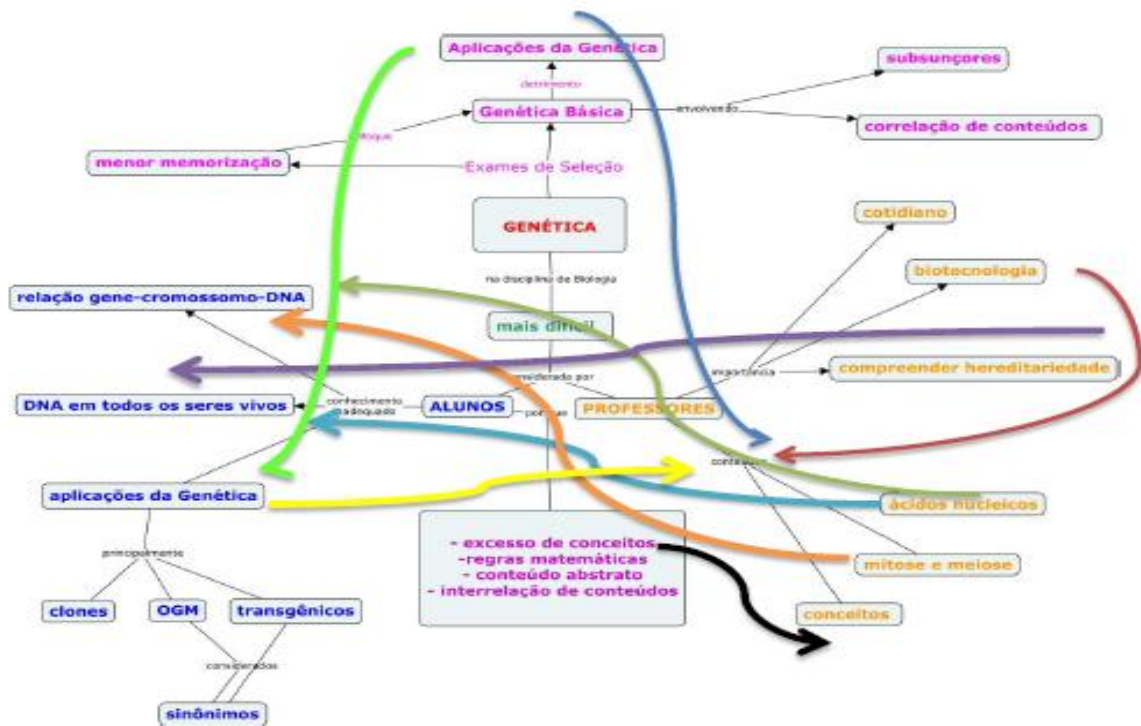


Figura 2: Mapa conceitual apresentando os pontos não contemplados pelo discurso dos professores em relação às concepções dos alunos e provas de seleção.
 Fonte: Dados da pesquisa.

A compreensão dos fatores envolvidos no processo de ensino e aprendizagem em Genética é permeada pela ação dos professores e alunos. Na Figura 2 identificamos, através das flechas coloridas, relações que não foram contempladas no processo educacional.

Com relação às aplicações da Genética percebemos que existem diferentes fatores presentes no discurso dos professores e nas provas de seleção para as universidades: os professores responderam que a aprendizagem de Genética se relaciona ao conhecimento da biotecnologia, mas se contradizem ao não listarem temas de biotecnologia como assuntos importantes para o aprendizado de Genética e como conhecimento esperado após um ano de estudo (Quadro 1).

Nas provas das instituições analisadas temas relacionados à biotecnologia foram explorados em apenas duas instituições. Isto pode gerar um círculo vicioso:

professor não ensina aplicações da Genética- provas de seleção não enfatizam este tema- aluno não apresenta interesse em aprender- professor não ensina. Mas, se as provas para a entrada em IES apresentassem um número maior de questões relacionadas à biotecnologia será que o ensino, nas escolas, seria diferente? Ou seria apenas mais um conteúdo inserido no capítulo destinado à Genética? Para que esta situação se altere é necessário que todos os envolvidos no processo educacional repensem quais conteúdos de Genética são significativos para a formação do aluno.

Sabemos que o entendimento de Genética passa pela aprendizagem de conceitos básicos. Neste ponto, os professores participantes da pesquisa também se contradizem (Quadro 1). Eles identificam o excesso de conceitos como uma barreira para o ensino e aprendizagem em Genética, mas consideram que aprender conceitos é importante e, principalmente, estes conceitos devem ser lembrados após um ano de desenvolvimento na escola.

Concordamos que diferentes conceitos são subsunçores para o entendimento de Genética, como genes, fenótipo, genótipo, alelos, entre outros. Contudo, estes conceitos não devem ser ensinados de forma isolada, descontextualizada. O uso de metodologias diferenciais pode ser uma ferramenta auxiliar para esta aproximação. Revistas especializadas, como Genética na Escola, por exemplo em seu volume IX, n.2 de 2014 apresenta trabalhos abordando o ensino de Genética de diferentes formas, e o uso de jogos e modelos didáticos como ferramentas que possibilitam, através de textos e materiais alternativos, a contextualização dos conteúdos de Genética.

O uso de modelos didáticos é considerado por diferentes autores (MIRANDA, 2001; BRITO *et al.*, 2005; SANTOS, 2008) como uma ferramenta que facilita o aprendizado de temas considerados difíceis. Estratégias dinâmicas e alternativas programadas para serem aplicadas no Ensino Fundamental e Médio são boas práticas pedagógicas para provocar a curiosidade e manter a atenção dos estudantes durante o desenvolvimento de conteúdos em aulas de Genética. É necessário repensar a forma de ensinar Genética. O modelo baseado em aulas tradicionais, no qual o aluno é apenas espectador, se mostra falho na função de promover a aprendizagem significativa.

Na pesquisa de Corazza-Nunes et al. (2006) os autores apresentam o relato de sua experiência ao acompanhar as aulas de Genética ministradas por uma professora. Segundo os autores autora, a professora iniciou o conteúdo distribuindo uma fotocópia repleta de conceitos ligados à Genética. Esta folha foi lida e o processo de ensino foi dado como concluído. Em uma próxima aula a professora iniciou o conteúdo explicando a 1ª. Lei de Mendel. Não houve contextualização, abordagem histórica e busca por concepções dos estudantes. Após explicar a “combinação” de letras, a professora resolveu alguns exercícios no quadro e, novamente, entregou outra folha repleta de exercícios para os alunos resolverem. Durante a realização das atividades os alunos se reportavam à professora com dúvidas do tipo: o que é fenótipo? Não consigo entender este cruzamento. A resposta que eles recebiam era: procurem o conceito na folha.

Embora este seja apenas um exemplo, podemos supor que situações semelhantes ocorram com outros professores, em diferentes escolas. Com base neste modelo de ensino podemos compreender porque há dificuldade em aprender Genética. O ensino deve explorar relações entre ideias, conceitos e apontar semelhanças e diferenças importantes, confrontando concepções (TAVARES, 2007; MOREIRA, 2011). É importante que as concepções prévias dos alunos constituam o ponto de partida do processo educativo (CORAZZA-NUNES et al., 2006).

Reconhecer concepções errôneas deveria ser o ponto inicial do estudo da Genética. Contudo, é preciso compreender que apenas reconhecê-las não é suficiente. O professor precisa utilizar-se destas concepções prévias para buscar a transformação do conhecimento ligado ao senso comum em conhecimento científico. Porém, entre os 17 professores participantes desta pesquisa, apenas um respondeu que reconhece as concepções prévias para depois construir o conhecimento correto, ou seja, o discurso e a prática se tornam falhos para a formação do conhecimento.

As concepções trazidas pelos estudantes podem ser o resultado de um ensino descontextualizado em que os temas de Genética são transmitidos através de um modelo de ensino baseado, na maioria das vezes, na simples repetição de termos e aplicação de fórmulas. Deste modo, o aluno não encontra relevância no que está sendo estudado e o conhecimento se perde ao longo do tempo, ou seja, não há aprendizagem significativa. As concepções antigas não são trocadas pelo conhecimento científico (GIORDAN e VECCHI, 1996).

Porém,

É inevitável que os estudantes entrem nas nossas aulas com concepções conflitantes, em diferentes contradições com as nossas concepções, mesmo porque a Ciência se desenvolve de forma rápida. Estas concepções diferentes em relação às Ciências são interessantes porque revelam processos de pensamento e contraste com relação à teoria aceita (BROWN e SALTER, 2010, p. 167).

O professor deve trabalhar estas concepções para que o aluno troque-a por um conhecimento correto criando situações em que o aluno se torne insatisfeito com sua concepção atual e deseje o conhecimento mais coerente (ROMANELLI, 1996). Os estudantes no final da Educação Básica apresentam dificuldade na construção do pensamento científico relacionado à Genética havendo manutenção de concepções errôneas em relação a conteúdos básicos (PEDRANCINI *et al.*, 2007).

Após o estudo de Genética e conteúdos relacionados, os alunos precisam compreender que não há uma simples relação entre genótipo e fenótipo. Suas características são determinadas por fatores internos, ambientais e pela interação entre genes (FRANZOLIN e BIZZO, 2012).

É necessário compreender que os processos de divisão celular auxiliam no entendimento de diversos fatores como variabilidade genética, surgimento de indivíduos com características diferenciais dos pais, diferença entre gêmeos monozigóticos e dizigóticos, surgimento de câncer, entre tantos outros assuntos. Espera-se que o aluno entenda a relação entre divisão celular e Genética ao invés de decorar frases e conceitos (JUSTINA e BARRADAS, 2003), pois o professor não deve propor um problema no qual o aluno exercitará, apenas, a habilidade de decorar e aplicar fórmulas (MOREIRA, 2011).

Aprender Genética é importante para que os alunos compreendam como suas características se manifestam, como são herdadas, porque os filhos se parecem mais com os pais do que com outras pessoas e a herança de síndromes e doenças (FRANZOLIN e BIZZO, 2012).

Nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 24) encontramos que “cabe ao professor estimular o aluno a avaliar as vantagens e desvantagens dos avanços e das técnicas de clonagem e manipulação de DNA, considerando valores éticos, morais, religiosos, ecológicos e econômicos”. Desta forma, o espaço escolar precisa estar atento, informado e atualizado com relação

aos temas em questão para que o aluno possa refletir, avaliar pontos positivos e negativos e apresentar argumentos coerentes para se posicionar, ou seja, o aluno é preparado para poder atuar na sociedade.

Diversas propagandas que englobam desde cosméticos até xampus e esmaltes salientam em seus rótulos a presença de DNA como um fator que aumenta a eficiência do produto. Alunos participantes desta pesquisa responderam que o DNA, de outra espécie, auxilia na manutenção da saúde e da beleza dos cabelos. Podemos destacar três pontos que chamam a atenção neste tipo de erro: a) Não houve a percepção, por parte destes alunos, que xampus com extratos vegetais naturais (anunciando ou não a presença de DNA) podem conter DNA; b) DNA não é um constituinte do cabelo; c) As células do couro cabeludo e o bulbo capilar apresentam DNA, mas que tipo de “modificação” ou “melhoria” esta molécula presente no xampu poderia proporcionar? Então, questões relacionadas ao DNA foram incorporadas ao currículo do Ensino Médio (EM), mas os estudantes permanecem confusos em relação ao tema (GIORDAN e VECCHI, 1996). Apesar do interesse dos estudantes por temas ligados à Genética, eles demonstram pouco entendimento sobre os conceitos ensinados (TRIVELATO, 1988).

No momento que o professor relata que o estudo da Genética é importante para entender o cotidiano ele deveria buscar situações onde as aplicações da Genética são encontradas. Utilizando exemplos como xampus com DNA o professor tem um momento no qual pode reconhecer concepções prévias e começar o trabalho de Mudança Conceitual.

A informação existe sendo veiculada por diferentes fontes (SILVEIRA e AMABIS, 2003), mas esta informação não é suficiente para a formação do conhecimento. Quando os estudantes desenvolvem um entendimento adequado dos conceitos relacionados à Genética eles são capazes de entender assuntos discutidos na mídia (CANTISANI et al., 2008).

Devemos repensar a forma como o ensino de Genética é realizado buscando alternativas que auxiliem o professor a trabalhar conceitos e aplicações da Genética de forma contextualizada. Não podemos culpar apenas o professor por esta falha já que o sistema de ensino é alicerçado em currículos propostos em livros didáticos. Muitas vezes, a comunidade formada por pais e alunos, principalmente, cobra dos professores que todos os conteúdos sejam trabalhados sem haver a preocupação com a consolidação de uma aprendizagem significativa.

Os professores de Biologia deveriam utilizar referências de fontes confiáveis, como artigos científicos e livros básicos da área, como fonte de conhecimento e pesquisa. Estas referências permitem que o professor esteja em constante contato com o conhecimento atual e, de posse desse conhecimento, utilizar metodologias para realizar a Transposição Didática do assunto a ser trabalhado.

5 CONCLUSÕES

Percebemos que, independentemente, do ano da pesquisa (2012, 2013 e 2014) e a escolaridade dos alunos (concluintes do Ensino Médio ou universitários) as concepções errôneas apresentadas são semelhantes e a aprendizagem do conteúdo não os capacita a participarem de discussões que envolvam temas relacionados às aplicações da Genética.

Verificamos, entre os alunos pesquisados, a dificuldade em compreender a relação gene-cromossomo-DNA, a presença de DNA em todos os seres vivos e a existência de cromossomos sexuais em todas as células, não apenas nos gametas. Então, inferimos que o processo de ensino praticado não contempla estas questões.

Na pesquisa com os professores identificamos que os mesmos apontam a tríade gene-cromossomo-DNA como assunto indispensável para que o aprendizado em Genética ocorra. Também, estes professores salientam a necessidade de conteúdos prévios como a compreensão de mitose e meiose, estrutura dos ácidos nucléicos e síntese de proteínas como temas básicos para a compreensão de Genética.

Entretanto, os mesmos professores que salientam que aprender Genética é importante para a compreensão do cotidiano colocam que o excesso de conceitos dificulta a aprendizagem, mas que o ensinar conceitos é importante e não citam as aplicações da Genética como tema de estudo.

Então, podemos especular que a falha no ensino de Genética e suas aplicações inicia com esta contradição por parte dos professores: um discurso que não contempla, de forma prioritária, a formação do aluno em temas ligados às aplicações da Genética.

A análise das provas de universidades brasileiras e Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) mostrou que, com poucas exceções, as avaliações buscam a interrelação de conteúdos e a habilidade de analisar e compreender dados em gráficos e tabelas. As questões são elaboradas com o uso de recursos que exigem do aluno habilidades específicas, como interpretação e resolução de cálculos, aliadas à interação entre conteúdos. Entre os assuntos mais cobrados estão: divisão celular (mitose e meiose), síntese de proteínas e genética básica (primeira e segunda lei, genealogias e cálculos de probabilidade). Questões relacionadas às

aplicações da Genética não são frequentes. Percebemos que conteúdos subsunçores (como Genética Molecular) são relacionados pelos professores como essenciais para a aprendizagem e são explorados nas diferentes provas analisadas.

6 PERSPECTIVAS

Pesquisar Genética, suas aplicações e correlações nos leva a repensar o processo educacional: qual é a função do professor de Ciências e Biologia na sociedade? Transmitir conteúdos listados em um documento escolar ou ensinar o aluno a pensar e reconstruir seu conhecimento a partir dos dados científicos?

Os resultados das nossas pesquisas mostraram que o ensino de Genética, no formato atual, não leva à Alfabetização Científica do aluno e não promove a transformação de concepções prévias em conhecimento científico.

Muitas pesquisas ainda precisam ser realizadas, entre elas podemos destacar:

- a) Professores de Ensino Médio e licenciandos em Biologia apresentam conhecimento adequado com relação à Genética e suas aplicações?
- b) O processo de ensino nas universidades leva à formação de professores que apresentam concepções corretas em relação à Genética e suas aplicações?
- c) O ensino de Genética nas IES ocorre de forma que prepare os futuros professores para reconhecer concepções errôneas e buscar transformá-las em conhecimento científico?
- d) Os professores atuantes no Ensino Médio utilizam livros básicos de Genética para sua formação continuada ou seu discurso está baseado apenas nos livros didáticos?

Os resultados encontrados nos levaram a repensar sobre o processo de ensino de Genética, pois observamos que há variedade de temas trabalhados pelos professores (genética mendeliana, regras de probabilidade, divisões celulares), existência de concepções errôneas (tríade gene-cromossomo-DNA, presença de DNA nos alimentos) que dificultam a aprendizagem e avaliações que exploram diversos conteúdos e habilidades.

Assim, desenvolvemos um material didático composto por atividades que exploram conceitos relacionados à Genética, principalmente a relação gene-cromossomo-DNA e a identificação de concepções prévias.

Pretendemos com este “Caderno Didático” disponibilizar aos professores materiais que possam ser confeccionados com produtos de baixos valores e de fácil

aquisição e montagem. Cada modelo proposto poderá ser utilizado em diferentes momentos do estudo de Genética e suas correlações. O caderno Didático está disponível no site do PPG Educação em Ciências- Química da Vida e Saúde no link <http://w3.ufsm.br/ppgecv/>; seção Apostila.

Esperamos ter contribuído com esta tese para que o ensino de Genética, suas aplicações e correlações sejam foco de atenção para pesquisadores e educadores que buscam, assim como nós, tornar o ensino de Genética relevante na vida do cidadão, mais atrativo e agradável para alunos e professores.

Ressaltamos a necessidade de cursos de formação continuada para os professores de Biologia atuantes na Educação Básica. Momentos de discussão e reflexão são essenciais para que haja um repensar da prática educativa. Os professores podem, nestes momentos de comunhão de conhecimentos, dúvidas e anseios, refletirem em relação à escolha dos assuntos a serem ensinados levando em consideração os objetivos do processo educacional.

Os currículos dos cursos superiores de Ciências Biológicas precisam contemplar as diferentes teorias educacionais que alicerçam o ensino de Ciências: transposição didática, aprendizagem significativa, alfabetização científica e mudança conceitual. O licenciando, familiarizado com estas teorias e ciente da necessidade de mudança no processo de ensino, provavelmente, realizará um trabalho diferenciado nas escolas onde irá atuar.

Apontar problemas é a primeira fase de um processo que busca mudanças. Assim, esperamos que esta Tese, por meio dos resultados, auxilie na compreensão, por parte dos professores da Educação Básica e do Ensino Superior, de que o Ensino de Genética precisa ser discutido para que ocorra a formação de cidadãos com conhecimento adequado em relação a esta subárea da Biologia.

REFERÊNCIAS

- ALMOULOU, S. A. As transformações do saber científico ao saber ensinado: o caso do logaritmo. **Educar em Revista**. n. especial. 1, p. 191-210, 2011.
- ALVES, S. B. F.; CALDEIRA, A. M. de A. Biologia e ética: um estudo sobre a compreensão e atitudes de alunos do Ensino Médio frente ao tema genoma/DNA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 19-32, 2005.
- AMORIM, A. C. R. O ensino de Biologia e as relações entre Ciência/ tecnologia e sociedade: o que dizem os professores e o currículo do Ensino Médio? Em: **Anais do VI Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia"**. (p. 74-77), 1997. São Paulo: Faculdade de Educação da USP.
- AUSUBEL, D. P. **Psicologia educacional**. Tradução: Eva Nick. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda., 1980.
- AYUSO, G. E.; BANET, E. Alternativas a La enseñanza de La Genética en educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**. n. 20, v. 1, p. 133-157, 2002.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. RJ: Contraponto, 1996.
- BARBA, R. B. V. Concepções prévias dos alunos em relação ao ensino de Biologia molecular. **Monografia** (Especialização no Ensino de Biologia para Professores de Biologia). Instituto de BioCiências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- BARBOSA, M. V. Oficinas práticas de Genética molecular para estudantes do Ensino Fundamental e médio no município de Garanhuns. In: **54º Congresso Brasileiro de Genética**, p. 2 Salvador, 2008. Disponível em: <http://web2.sbg.org.br/congress/sbg2008/pdfs2008/23754.pdf> Acesso em 31 de março de 2014.
- BARNI, G. dos S. **A importância e o sentido de estudar genética para estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola da rede estadual de ensino em Gaspar (SC)**. Dissertação de Mestrado em Ciências Naturais e Matemática: Universidade Regional de Blumenau, FURB, 2010.
- BATISTETI, C. B.; ARAÚJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J. Os experimentos de Griffith no ensino de Biologia: a Transposição Didática do conceito de transformação nos livros didáticos. **Ensaio**. v. 12, n. 1, p. 83-100, jan-abr, 2012.
- BEZERRA, R. G; GOULART, L. S. Levantamento e análise de conceitos genéticos entre aluno do Ensino Médio de um colégio público do estado de Goiás. **REB**. v. 6, n. 3, p. 214-233, 2013.

BONZANINI, T. K. Temas de Genética contemporânea e o ensino de Ciências: que materiais são produzidos pelas pesquisas e que materiais os professores utilizam. In: **VIII ENPEC**, I CIEC. Campinas, 2011. Disponível em: www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0389-2.pdf. Acesso em 25 de junho de 2014.

BRASIL, Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC: SEMTEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e bases da Educação Nacional**. LDB 9394/96. Brasília: 1996.

BRITO, S. R.; SANTOS, T. L. T.; SILVA, A. S.; COSTA, K. e FAVERO, E. L. Apoio Automatizado à mediação da aprendizagem baseada em experimentos. **Renote**. v. 3. n. 2, 2005.

BROWN, S.; SALTER, S. Analogies in science and science teaching. **Adv. Physiol Educ**. v. 34, p. 167-169, 2010.

BUENO, J. G. S. Função social da escola e organização do trabalho pedagógico. **Revista Educar**. Curitiba, n. 17, p. 101-110. 2001.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. de; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2011.

CALVIN, W. H. **Como o cérebro pensa**. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

CANTIELLO, A. C.; TRIVELATO, S. L. F. Dificuldades de vestibulandos em questões de Genética. In: 47º Congresso Nacional de Genética. 2001, São Paulo. Anais. Águas de Lindóia, São Paulo, p. 1065, 2001.

CANTISANI, L. F.; MOTA, A. J. da; MAMEDE, M. G.; CARDOSO, M. A. G. **Quem é esse DNA? A incrível molécula da vida!** In: IX Encontro latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro latino americano de Pós-Graduação. Universidade do Vale do Paraíba, 2008.

CARDOSO, M. M. L.; CARDOSO, T. A. L.; SILVA, M. de L. S. Proposta de atividade lúdica para a aprendizagem de conceitos em Genética. **Revista Didática Sistemica**. v. 12, p. 148, 2010.

CARVALHO, G. S. de. **A Transposição Didática e o Ensino de Biologia**. Instituto de Educação da Universidade do minho: Portugal, 2010.

CASTELÃO, T. B. AMABIS, J. M. **Motivação e ensino de Genética**: um enfoque Atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem. In: 54º Congresso Brasileiro de Genética, p. 5 Salvador, 2008.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**. n. 22, p. 80-99, 2003.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición didáctica**: del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.

CID, M., NETO, A. J. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da Genética. **Rev. Enseñanza de las ciencias**. Número extra. VII Congresso, 2005.

COBERN, W. W. Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education. **Science Education**, v. 80, n. 5, p. 579-610, 1996.

CORAZZA-NUNES, A. J.; PEDRANCINI, V. D.; GALUCH, T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Implicações da mediação docente nos processos de ensino e aprendizagem de Biologia no Ensino Médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 25, n. 3, p. 522-532, 2006.

DOLAN, E.L., SOOTS, B. E., LEMAUX, P. G, RHEE, S. Y., REISER L. Genetics Education. Innovations in teaching and learning genetics. **Genetic**, v. 166. p. 1602-1608, 2004.

DRIVER, R. Student's conceptions and the learning of Science. **International Journal of Science Education**. v. 11, n. 5, p. 481-490, 1989.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. e SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-40, 1999.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Conteúdos de Genética básicos para a formação de cidadãos críticos no Ensino Médio segundo professores e docentes: em comparação com o defendido na literatura. **IX ANPED SUL: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul**, 2012.

FREITAS, D. S.; SILVA, G. B. A Genética numa perspectiva cultural. In: I Encontro Nacional de Ensino de Biologia e III Encontro Regional de Ensino de Biologia, Rio de Janeiro. **Anais do I ENEBIO e III EREBIO**. Rio de Janeiro: UFRJ, v. 1. p. 194-197, 2005.

FREITAS, D. P. S.de; SOUZA, N. C. de. A alfabetização científica desenvolvendo o senso crítico e construindo posicionamentos. In: **IX ANPED SUL: Seminário de pesquisa em educação na Região Sul**, 2012.

GERCKE, N. M. Definition of historical models of gene function and their relation to student's understanding of genetics. **Science & Education**. n. 16, p. 849-881, 2007.

GERICKE, N. M.; HAGBERG, M. Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. **Sci & Edu**. v. 16, p. 849-881, 2007.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Porto Alegre: Artes Médicas. 2 ed, 1996.

GOLDBACH, T. (Org.), FONSECA, M. P. T., GUSMÃO, G. A. S. B., CASARIEGO, F. M., BEDOR, P., CAMPOS, D.M. "**DOSSIÊ: Levantamento – Estado da Arte da Pesquisa em Ensino de Genética e Temas Afins (período 2000-2010)**". RJ, 2011.

JUSTINA, L. A. D.; BARRADAS. C. M. **As opiniões sobre o ensino de Genética numa amostra de professores de Biologia do nível médio**. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, 2003.

JUSTINA, L. A. D. **Ensino de Genética e história dos conceitos relativos à hereditariedade**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2001.

JUSTINA, L. A. D., & FERRARI, N. **A ciência da hereditariedade: enfoque histórico, epistemológico e pedagógico**. Cascavel: Edunioeste, 2010.

KIM, S. Y.; IRVING, K. E. History of science as an instructional context: student learning in genetics and nature of science. **Science & Education**. n. 19, p. 187-215, 2010.

KLAUTAU, N.; AURORA, A.; DULCE, D.; SILVIENE, S.; HELENA, H.; CORREIA, A. Relação entre herança Genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. **Enseñanza de las Ciencias**, Número extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p. 2267-2270, 2009.

KOVALESKI, A. B.; ARAÚJO, M. C. P. de. A história da Ciência e a bioética no ensino de Genética. **Genética na Escola**. v. 8, n. 2, 2013.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. Ensino de ciências e cidadania. São Paulo: Moderna, 2004.

LANNES, D. R. C.; MAIA, C. O.; VELLOSO, A.; ALMEIDA, D. F.; EL-BACHA, T. **Genética e Biologia Molecular para Ensino Médio e Fundamental**. Rio de Janeiro: CEDERJ, 2005.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio- Pesquisa em Educação em Ciências**. v.3, n.1, jun, 2001.

LORETO, E. L. S.; SEPEL, L. M. N. A escola na era do DNA e da Genética. **Ciência e Ambiente**. v. 6, p. 149-156, 2003.

MARRERO, A. R.; MAESTRELLI, S. R. P. Qual a relação existente entre DNA, cromossomos e genes? Conceitos identificados entre alunos das fases iniciais de cursos da área da saúde na UFSC. **Anais...** Congresso Nacional de Genética. Águas de Lindóia, 2001.

MARTINEZ, E. R. M.; FUJIHARA, R. T.; MARTINS, C. Show de Genética: um Jogo Interativo para o Ensino de Genética. **Genética na Escola**, ano 3, v.2, p.24-27, 2008.

MATOS FILHO, M. A. S. de; MENEZES, J. E.; SILVA, R. de S. da; QUEIROZ, S. M. **A Transposição Didática em Chevallard**: as deformações/ transformações sofridas pelo conceito de função em sala de aula; 2010. Disponível em www.puc.br/eventos/431_246.pdf. acesso em 28, set, 2014.

MIGLIO, M. A. ; TERÁN, A. F. **Concepções de professores sobre transposição didática em escolas da rede pública de ensino da cidade de Manaus**. Disponível em: <http://ensinodeciencia.webnode.com.br/products/transposi%C3%A7%C3%A3o%20didatica%20/>>. Acesso em: 28, set, 2014.

MIRANDA, S. No fascínio do jogo, a alegria de aprender. **Ciência Hoje**, v. 28, n. 168, p. 64-66, 2001.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas- UEPS. **Aprendizagem significativa em revista**. n. 2, v. 1, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Cambio conceptual: analisis critico y propuestas a luz de la teoria del aprendizaje significativo. **Ciências e Educação**. v. 9, n. 2, 2003.

MOREIRA, M. C. A. SILVA, E. P. Concepções prévias. Uma revisão de alguns resultados sobre Genética e evolução. **Encontro Regional de Ensino de Biologia**, Niterói, 2001.

MORENO, A. B. **Genética no Ensino Médio**: dos parâmetros curriculares nacionais à sala de aula. Monografia de Especialização. Universidade do Estado do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2007.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em ensino de ciências**. v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NARDI, R.; GATTI, S. R. T. Concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências: uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas. **Anais...** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF – Vitória: ES, 2009.

NASCIMENTO, A. C. L. do. **A Transposição Didática dos conteúdos de mitose e meiose no Ensino Médio**. Monografia de Graduação. Universidade Estadual do Ceará: Pernambuco, 2013.

NORRIS, S. P.; PHILLIPS, L. M. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. **Science Education**. n. 2, p. 224-240, mar., 2003.

NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa. Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português, de Carla Valadares, do original Learning how to learn, 1996.

PACCA, J. L. A.; VILLANI, A. Estratégias de ensino e mudança conceitual na formação de professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 14, n. 4, p. 222-228, 1992.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, 2005.

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

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no Ensino Médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. de L.; PIRIH, M.; FINCK, N. T. ; DOROCINSKI, S. I. Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. **Rev. Pec**. v.3, n.1, p.37-42, jul 2001- jul 2002.

POZO, J. I. & GÓMEZ-CRESPO, M. A. Aprender y **Enseñar Ciencia** – Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. 3. ed. Madrid: Edições Morata, S.L., 2001.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: ARTMED, 2009.

REIS, P.; RODRIGUEZ, S.; SANTOS, S. Concepções sobre os cientistas em alunos do 1º. Ciclo do Ensino Básico: poções, máquinas, monstros, invenções e outras coisas malucas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 5, n. 1, p. 51-74, 2006.

ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem. **Química Nova na Escola**. n. 3, p. 27-31, 1996.

ROSA, R. T. N. **Do Gene à proteína: explorando o GenBank com alunos do Ensino Médio**. Tese de Doutorado. PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde: UFSM, 2011.

SANTOS, M. E. V. M. dos. **Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico**. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**. v. 12, n. 36, set-dez, 2007.

SANTOS, A. **Experimentação lúdica no ensino de Genética: mitose**. Monografia (graduação) Licenciatura Plena em Biologia, ULBRA, Itumbiara, 2008.

SANTOS, V. C., & EI-HANI, C. N. Idéias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009.

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

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da Ciência como aliada no ensino de Genética. **Genética na escola**. v. 1, n. 1. p. 17-18, 2006.

SCODINO, D. A.; GOÉS, A. C. S. Alfabetização científica e aprendizagem significativa: situação de alunos de escolas estaduais do Rio de Janeiro com relação a conceitos de Biologia Molecular. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 18, n. 3, p. 563-579, 2013.

SELBACH, S. **Ciências e didática**. Petrópolis: Vozes, 2010.

SILVA, M. A.; SILVA, D. S. **Concepções de alunos do curso de Ciências biológicas da UFPB sobre temas relacionados à bioética**. In: VI Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade. São Cristóvão, 2012.

SILVEIRA, V.M. da; AMABIS, J.M. Como os estudantes do Ensino Médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético? In: **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências: ENPEC**, Bauru, 2003.

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

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciência & Cog.**, v. 12, p.72-85, 2007.

TRIVELATO, S. L. F. **Ensino de Genética: um ponto de Vista**. São Paulo: Faculdade de Educação, 1988.

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 e Educação**. v. 12. v. 3, p. 275-289, 2006.

ZATZ, M. **Genética: a escolha que nossos avós não faziam**. S. Paulo: Globo, 2012.

ZOMPERO, A. F., LABURÚ, C. E. As atividades de investigação do ensino de Ciências na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa. **REIEC**. v. 5, n. 2, p. 12-19, 2010.