

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Luis Fernando dos Santos Silveira

Uma contribuição para o ensino de Genética

Porto Alegre
2008

LUIS FERNANDO DOS SANTOS SILVEIRA

UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE GENÉTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Dra. SAYONARA SALVADOR CABRAL DA COSTA
Co-orientador: Dra. REGINA MARIA RABELLO BORGES

PORTO ALEGRE
2008

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

S587c

Silveira, Luis Fernando dos Santos
Uma contribuição para o ensino de Genética. Porto Alegre, 2008.

123 f.

Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - PUCRS, Fac. de Física.

Professor orientador: Dr. Sayonara Salvador Cabral da Costa.

Professor co-orientador: Dr. Regina Maria Rabello Borges.

1. Genética – Ensino – Estudo de Caso. 2. Teoria dos campos conceituais. 3. Educação - Banco de Dados do INEP - Estudo de Caso. Título.

CDD: 575.1

CDU: 575:37

Alessandra Pinto Fagundes
Bibliotecária
CRB10/1244

LUIS FERNANDO DOS SANTOS SILVEIRA

UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE GENÉTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Aprovado em 14 de março de 2008, pela Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA:



Dra. Sayonara Salvador Cabral da Costa (Orientadora - PUCRS)



Dra. Melissa Guerra Simões Pires (PUCRS)



Dra. Daniela Ripoll (ULBRA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Agradeço especialmente a minha família pelo apoio.

A professora Sayonara Salvador Cabral da Costa pelas orientações e paciência.

A professora Regina Maria Rabello Borges, pelo apoio e oportunidade de participar do projeto observatório da educação.

E a todos meus colegas e professores pela convivência durante o mestrado.

RESUMO

Esse trabalho é um estudo de caso sobre ensino de Genética. O seu objetivo foi, a partir de reflexões fundamentadas na Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud identificar as dificuldades no ensino de Genética e as possíveis contribuições de metodologias usando recursos interativos para a aprendizagem desse campo conceitual. Analisaram-se variáveis, nos bancos de dados do INEP como exemplo, índice de reprovação, evasão escolar, a existência de laboratórios de informática, laboratório de ciências, biblioteca, entre outras a fim de contextualizar as condições de oferta da educação básica. O levantamento na base de dados do INEP revelou altas taxas de reprovação e evasão escolar e a insuficiência de recursos materiais e humanos para atender a demanda na rede pública e privada de educação. Constatou-se principalmente a carência de professores para ministrarem as disciplinas de Ciências (Química, Física e Biologia). Para realizar o estudo de caso delimitou-se o ensino de Genética pela sua importância no conhecimento científico atual e, do ponto de vista didático, a existência de dificuldades apresentadas por estudantes conforme referencial teórico estudado. A partir de uma pesquisa na *internet* a fontes idôneas, organizou-se um quadro de estratégias interativas e factíveis para o ensino de Genética. Como sujeitos dessa pesquisa participaram uma professora de uma escola privada de Porto Alegre, mestre em Educação em Ciências e Matemática, e alunos concluintes do Ensino Médio. A coleta de dados envolveu a entrevista dessa professora, que estava trabalhando os conteúdos de Genética, observações de aulas e análise dos exercícios resolvidos pelos alunos. A análise dos dados foi feita por meio de uma abordagem qualitativa, textual discursiva e interpretativa. Os resultados encontrados indicaram que os alunos apresentam dificuldades no campo conceitual da Genética, coerentes com as referidas pelos autores que fundamentaram este trabalho.

Palavras-Chave: Dados do INEP. Ensino de Genética. Teoria dos Campos Conceituais. Estudo de Caso.

ABSTRACT

This is a case study on Genetics teaching. It aims, based on Vergnaud's conceptual fields theory, to identify difficulties in the teaching of Genetics and possible contributions from different methodologies in the use of interactive resources for the learning of this conceptual area. Flunking rates, school drop out rates, the availability of Informatics and Science Laboratories and libraries, among others, are variables from INEP database that were analysed in this paper in order to contextualize offer conditions of basic education. The study of the data collected has revealed high rates of school flunking, school drop out and the lack of material and human resources to meet the needs of public and private schools. The lack of Chemistry, Physics and Biology teachers has also been detected. The teaching of Genetics has been chosen as the focus of this case study due to its relevance to present scientific knowledge and to the difficulties faced by students, according to the theoretical framework studied. A table of interactive and feasible strategies for the teaching of Genetics has been devised based on a research done to reliable sites on the internet. A private school teacher, with a master degree in Education and Math, and senior high school students did this research. Collecting data involved this teacher's interview, as she teaches Genetics, class observation and analysis of exercises done by students. Data analysis was made by using an approach that was qualitative, that is, textual-discursive and interpretative. The results found in this study indicate that the students have difficulties in the conceptual field of Genetics, which goes along with the difficulties mentioned by the authors that support this work.

Key- words: INEP data, Genetics teaching, Conceptual Fields Theory, Case study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Quadro de atividades	55
Figura 2. Exercício resolvido por um aluno	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Brasil – Região Sul – Rio Grande do Sul – Matrículas iniciais no Ensino Médio – Dependência Administrativa Pública.....	43
Tabela 2. Brasil – Região Sul – Rio Grande do Sul – Taxa de concluintes no ensino médio – Dependência/Categoria administrativa pública	43
Tabela 3. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Taxa de concluintes no Ensino Médio – Dependência/Categoria administrativa pública	44
Tabela 4. Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Taxa de escolarização líquida: Ensino Médio.....	44
Tabela 5. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Taxa de atendimento de 15 a 17 anos	44
Tabela 6. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul Distorção idade-série – Ensino Médio - Ano = 2005 , Dependência Administrativa Pública	45
Tabela 7. Brasil – Região Sul – Distorção idade-série – Ensino Médio - Dependência Administrativa Privada	45
Tabela 8. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Distorção idade-série total – ano 2005 – Ensino Médio.....	45
Tabela 9. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Taxa de Rendimento – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio	46
Tabela 10. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Taxa de Rendimento – Dependência Administrativa Privada – Ensino Médio	46
Tabela 11. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Taxa de Transição do Ensino Médio	47
Tabela 12. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Número Médio de Alunos por turma – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio	49
Tabela 13. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Média de horas-aula diária – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio.....	50
Tabela 14. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Percentual de docentes com curso superior – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio	50
Tabela 15. Percentual de funções docentes que atuam no Ensino Médio – Por grau de Formação – Brasil e Regiões – 1991-2002.....	51
Tabela 16. Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Funções Docentes com formação Superior completa – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio	51
Tabela 17. Perfil dos estabelecimentos de ensino Médio Brasil – Região Sul – Rio Grande do Sul.....	51

Tabela 18. Percentual de Funções Docentes segundo a infra-estrutura Disponível na escola - 2002	52
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	13
1.2 QUESTÃO DE PESQUISA.....	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.3 Objetivos Específicos	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EPISTEMOLOGIA	18
2.1.1 A educação em Ciências como uma Atividade de Resolução de Problemas sob a Influência da Epistemologia de Laudan.....	22
2.2 ELEMENTOS DA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS	25
2.2.1 As Concepções dos Alunos	25
2.2.2 A Transposição Didática.....	27
2.3 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD.....	29
2.3.1 Campos Conceituais	30
2.3.2 O Conceito de Situações	32
2.3.3 O Conceito de Significados e Significantes.....	33
2.3.4 Conceitos e Esquemas	34
2.3.5 Ensino de Biologia e a Teoria dos Campos Conceituais.....	36
2.4 O ENSINO DE GENÉTICA.....	37
2.5 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE INDICADORES E ESTUDOS DO INEP PARA O ENSINO MÉDIO	41

2.5.1 Ensino Médio: taxa de matrículas, concluintes, taxa de escolarização líquida, taxa de atendimento, distorção idade série, taxa de rendimento, taxa de transição	42
2.5.2 Dados sobre as condições de oferta do Ensino Médio Brasileiro.....	48
2.6 SUBSÍDIOS PARA O ENSINO DE GENÉTICA.....	53
2.6.1 Um Breve Histórico da Genética.....	60
2.6.2 Temas atuais para o ensino de Genética	62
2.6.3 O projeto genoma humano.....	62
2.6.4 Organismos Transgênicos	64
2.6.5 Clonagem	65
2.6.6 Células-tronco	67
2.6.7 Questões éticas e sociais.....	68
3. METODOLOGIA ANÁLISE DE DADOS E LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	71
3.1 OS SUJEITOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	71
3.1.1 Procedimentos para coleta de dados.....	72
3.1.2 Metodologia de análise	72
3.1.3 A professora entrevistada e as características da escola em que leciona.....	72
3.1.4 Análise da entrevista comentada conforme referencial teórico	74
3.1.5 Análise comentada sobre a observação das aulas de Genética.....	85
3.1.6 A resolução de exercício de genética pelos alunos.....	87
3.1.7 As respostas dos alunos	89
3.1.8 A resolução de problemas de Genética pelos alunos.....	90
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS.....	97
ANEXOS	104

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Uma pesquisa aos bancos de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), referentes ao censo da educação básica de 2005, permite-nos identificar as características, o desempenho dos alunos e as condições de oferta da educação brasileira nesta última década. É importante ressaltar que a base de dados do INEP, mostra que, apesar ter aumentado a oferta da educação, no Brasil, em todos os níveis, infelizmente o incremento das oportunidades educacionais não contemplaram uma evolução na qualidade do ensino. Nos dados do INEP é possível identificar a insuficiência de recursos humanos e materiais na rede pública e privada de educação. Há carência de laboratórios de ciências, bibliotecas, laboratórios de informática e docentes habilitados para lecionarem as disciplinas científicas. No ensino médio, 21% dos docentes não possuem habilitação específica para a disciplina que lecionam, apenas 54,9% das escolas públicas possuem bibliotecas e 25,9% laboratórios de informática.

Os índices de evasão escolar e reprovação, o desempenho dos alunos são indicadores importantes que refletem a necessidade de não apenas universalizar a educação, mas oferecer ensino público de qualidade, o que pode ser observado do desenvolvimento da dissertação. As disciplinas de Ciências são importantes constituintes do Ensino Médio, mas não existe dados específicos sobre o desempenho dos estudantes em Biologia, Física e Química, ainda que elas sejam disciplinas que contribuem também para os baixos índices de rendimento dos alunos. Entre estas disciplinas, a Biologia insere-se com importância crescente na educação básica, pois como ciência, assumiu inegável papel no terceiro milênio na ecologia, no desenvolvimento sustentável, na medicina, e na qualidade de vida em geral, e a sua compreensão de forma crítica para o aluno é tão fundamental quanto aprender os conteúdos de matemática e língua portuguesa, numa sociedade tão permeável aos recursos tecnológicos.

Uma das principais dificuldades dos alunos nas aulas de Biologia está relacionada à compreensão dos conceitos de genética. A Genética está inserida no contexto tecnológico com vários avanços científicos na área de Biologia Molecular, mas a experiência com os alunos tem mostrado que os esquemas dos livros didáticos, muitas vezes, não são fontes suficientes para esclarecer essas relações conceituais. 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. O aluno pode repetir corretamente, mas ter incorporado os conceitos de forma errada (SOARES; PINTO; ROCHA, 2005).

A aprendizagem do campo conceitual da genética é complexa e envolve uma rede de conceitos que o aluno precisa ter consolidado para construir significativamente o conhecimento de genética. Um conceito mal interpretado pode ser fator decisivo para o não sucesso do aprendiz na tarefa de resolver um problema. É necessário que o professor assuma o papel de identificar a deficiência do aluno na formalização de conceitos no ensino de genética, acessando as suas idéias prévias, bem como proporcionar a ele estratégias e situações de aprendizagem que contemplem a formalização concreta do conhecimento biológico. Para Ausubel, um problema refere-se à:

“qualquer atividade em que tanto a representação cognitiva da experiência passada como os componentes de uma situação problemática atual são reorganizados para atingir um objetivo designado” (1980, p. 472).

O ensino da genética é desenvolvido fundamentalmente pela atividade de resolução de problemas, muitas vezes solucionados de forma mecânica. Mas esses problemas (ou situações-problema) apresentam uma série de conceitos e habilidades associadas, desde simples cálculos de matemática a conceitos de biologia molecular. A genética é um campo de conhecimento presente no dia-dia e ganhou espaço na mídia com o advento dos exames de DNA, da clonagem, dos transgênicos, além de estar presente nos livros didáticos. A exposição, na mídia, da genética produziu discussões éticas sobre o emprego da tecnologia originária deste conhecimento, influenciou no senso comum que é importante na educação em ciências, pois é preciso acessar as idéias prévias do aluno, o seu meio, sua cultura,

para construir uma aprendizagem significativa, não apenas centrada na imposição dos modelos científicos e na reprodução de livros didáticos. Uma questão possível a ser refletida é a questão metodológica no ensino de Genética. Como é trabalhada essa disciplina no ensino médio?

Para Alves "A aprendizagem em ciências é um processo de desenvolvimento progressivo do senso comum. Só podemos ensinar e aprender partindo do senso comum de que o aprendiz dispõe." (2003, p. 9-10).

Pesquisamos metodologia, na internet sites, em centros de divulgação, científica, jogos, simuladores, filmes, jornais, revistas, a fim de arregimentar recursos interativos que pudessem ser utilizados e ajudassem a mitigar as carências materiais apontadas nas estatísticas do INEP e melhorar a educação científica em genética e motivar o aluno. Posteriormente refletimos sobre o ensino da Genética.

Entre as estratégias factíveis que encontramos para diminuir as carências materiais do ensino, na educação básica, e possibilitar uma aprendizagem concreta incluem-se os centros de divulgação científica. O Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS (MCT-PUCRS) é um centro de divulgação da ciência e pesquisa, que expõe o conhecimento de forma interativa; no seu acervo, encontram-se centenas de experimentos em rotatividade. A genética está presente no MCT-PUCRS, com a representação do DNA, dioramas de biologia celular, entre outros. O conhecimento em exposição no museu é uma possibilidade real do aprendiz interagir com a ciência e a tecnologia ao formular hipóteses, vivenciar situações, socializá-las, contrapô-las e relacioná-las com o seu conhecimento prévio. A interação com experimentos do museu suscita dúvidas que podem ser discutidas no próprio ambiente do museu ou no ambiente escolar e que pode ajudar na modelagem do aprendizado dos conteúdos de genética. Entende-se por modelagem a criação de um modelo mental explicativo e preditivo, que dê sentido ao estudante o funcionamento das relações e conceitos que ele construiu, no caso, da genética.

A pesquisa em educação em ciências justifica-se pelo incremento no desenvolvimento tecnológico na sociedade, afinal, os conhecimentos científicos são cada vez mais presentes na sociedade e é preciso compreender a ciência de forma crítica para o desenvolvimento da cidadania plena no século XXI. Para a Unesco, (1999) na declaração sobre a ciência e o uso do conhecimento científico: a ciência tem que em bem comum beneficiar todos os povos, ter bases solidárias, constituindo-se num recurso poderoso para a compreensão dos fenômenos naturais

e sociais. É fundamental no sentido de se entender a crescente complexidade de relação entre sociedade e seu meio ambiente.

O Brasil como país em desenvolvimento necessita obter sucesso na educação de seus cidadãos, para a sua emancipação tecnológica, para semear a profissão de novos cientistas, construir a sua independência técnica e científica para proporcionar o desenvolvimento do país e melhorar a qualidade de vida e desenvolver a plena cidadania de seu povo.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Quais são as principais dificuldades, no ensino de Genética, e as possíveis contribuições de metodologias interativas para a aprendizagem desse campo conceitual?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

A partir da avaliação da situação educacional com base nos dados do INEP e em reflexões fundamentadas na Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud, o objetivo deste trabalho é identificar as dificuldades no ensino de Genética e as possíveis contribuições de metodologias usando recursos interativos para a aprendizagem desse campo conceitual.

1.3.3 Objetivos Específicos

- Identificar dados no INEP referente aos recursos materiais (Laboratórios, Bibliotecas), e humanos (habilitação dos professores para disciplinas científicas);
- Pesquisar recursos interativos para o ensino de Genética;
- Pesquisar a contribuição de recursos interativos para o ensino de Genética e as dificuldades no ensino e aprendizagem desse tema a partir de um estudo de caso realizado com a observação da prática educativa de uma professora de uma escola da rede privada de Porto Alegre.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica desta pesquisa está estruturada na teoria dos campos conceituais de Vergnaud, na epistemologia das ciências de Laudan e em elementos da didática das ciências como: as representações alternativas e transposição didática e reflexões sobre o ensino de Genética.

A discussão sobre didática é necessária, pois traz elementos significativos a perguntas de que forma o aluno adquire os conhecimentos científicos? Quais são as operações intelectuais necessárias? Que obstáculos são encontrados para apropriação de um saber? Quais são as características próprias desse saber?

O texto traz uma série de citações intercaladas aos parágrafos que são importantes argumentos na fundamentação teórica deste trabalho, mas o seu objetivo principal é fazer pausas reflexivas na seqüência do desenvolvimento do texto.

Primeiramente, faz-se uma reflexão sobre epistemologia e educação em ciências; depois, são considerados alguns elementos da didática das ciências (concepções alternativas e transposição didática), após expõe-se à teoria dos campos conceituais de Vergnaud relacionando os aspectos psicológicos e cognitivos desta teoria. Em um terceiro momento é feita a contextualização da teoria dos campos conceituais com o ensino de Biologia.

2.1 EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EPISTEMOLOGIA

A reflexão sobre epistemologia e educação em ciências que segue é breve, tem o objetivo de justificar e integrar os diversos elementos do referencial teórico adotado neste trabalho, discutir o ensino de ciências sobre a evolução do processo científico e suas implicações na educação. Para este fim contrapõe-se à visão dominadora de ciência absolutista e ancora-se na epistemologia de Laudan (1986),

que concebe a ciência na sua essência como uma atividade de resolução de problemas.

A reflexão sobre a evolução do pensamento científico é um ponto de partida para compreendermos a influência de visões dogmáticas que influenciaram as práticas educativas correntes de ensino centradas na didática absolutista. As concepções tradicionais de educação definem o papel do professor como transmissor do conhecimento e o papel do aluno o de receptor de informações utilizando para este fim os artifícios de memorizar e reproduzir o livro didático. A ciência nesta ótica é concebida como verdade pronta e acabada, o que justificaria o processo educativo sustentado na retenção do conteúdo pela memorização e na cópia do livro didático.

Os dogmas da ciência experimental foram propostos, pela primeira vez por Francis Bacon, em 1620. Os escritos de Bacon ajudaram a mudar a “filosofia natural” de discussões formais sobre os significados nos antigos trabalhos dos gregos e romanos, para uma ênfase na observação da natureza e debates sobre o significado dessas observações (NOVAK, 1981, p. 22-23).

Na contribuição para o sucesso da afirmação do dogmatismo científico, imagens da ciência são estereotipadas pelos meios de comunicação, que atribuem a autoridade do saber ao cientista e designa aos demais o dever de ouvi-lo e obedecer-lhe. Diante deste processo o cientista virou mito e sua fala virou verdade absoluta que induz comportamentos da sociedade e inibe o pensamento (ALVES, 2003, p. 9-10).

Na defesa do modelo dogmático de ciência, as escolas tiveram o impressionante papel de propagar o mito de que a ciência possui um método especial de se chegar à verdade, e que esta verdade científica está livre de julgamentos de valor, transcendendo culturas, e é eterna. Conhecendo-se o fato que a “verdade” científica mudou desde os tempos de Copérnico, Galileu, Kepler, Newton e Dalton, parece inacreditável que o mito de ciência imutável e livre da influência da cultura seja tão persistente (NOVAK, 1981, p. 22-23).

A palavra “ciência” inevitavelmente desperta expectativa de que respostas ou explicações logo serão fornecidas. Trata-se de uma falsa expectativa que se baseia, pelo menos em parte, na maneira de como a ciência é ensinada na escola: não existe nenhuma experiência realizada em laboratório, nenhuma página de livro didático de ciência que deixe apresentar um conjunto de “fatos”. Mas

a ciência da sala de aula pouco se parece com a ciência do mundo real, onde há muito poucas respostas definitivas, se é que elas existem (INGRAM, 2005, p.9).

Estes foram elementos que permearam a aprendizagem de ciências e ainda se mantêm presentes, hoje, nas concepções de ensino dos professores e nas expectativas de educação da comunidade escolar. O processo educacional mantém-se conservador e incorpora este modelo quando proporciona ao aluno uma tortura intelectual exigindo o domínio de centenas de conceitos, operações matemáticas mecânicas, mas não contextualiza o conhecimento escolar com a construção original da produção do conhecimento científico, sua evolução e aplicabilidade, ignora o conhecimento prévio do aluno e lhe cerceia a capacidade crítica de raciocínio. Para Demo (2002, p.53), o aluno leva para vida não o que decora, mas o que cria por si mesmo. Somente isto tem condições de fazer parte da atitude do aluno, enquanto que o resto engole como pacote e se expõe como estranho. Para Alves (2003) a aprendizagem em ciências começa pelo processo de desenvolvimento do senso comum. Só podemos ensinar e aprender partindo do senso comum que o aprendiz dispõe.

A ciência, na concepção, de Bacon parte do pressuposto que todas as pessoas vêem os mesmos eventos quando observam um fenômeno; experiência pessoal, referenciais, desenvolvimento conceitual anterior, respostas emocionais a um fenômeno, nada disto deve influenciar o que o observador “científico” vê (NOVAK, 1981, p. 24).

O resultado da prática educativa referenciada na ciência absolutista é o insucesso da educação científica; o estudo de Biologia, Física, Química e Matemática torna-se sem sentido, mais abstrato, e o aluno acaba por desinteressar-se por essas disciplinas, faz uma retenção temporária dos conteúdos a fim de os reproduzir nas avaliações.

Banet e Nuñez referem-se:

Há uma preocupação dos professores da educação básica com a bagagem pobre de conteúdos de ciência que perdura durante o tempo, e na maioria das vezes os conteúdos que ficam são erroneamente compreendidos (Banet ; Nuñez, 1998, p. 30).

A transposição do modelo técnico científico de forma algorítmica para a educação considerou que todos alunos são iguais, aprendem da mesma forma, têm as mesmas habilidades e dificuldades e vêem o mundo do mesmo jeito.

Para Gil Perez et al.:

As concepções dos professores sobre o ensino de ciências têm sido reducionista, rígida, algoritma limitadas ao método científico, indutivista e socialmente neutra voltadas para um ensino puramente livresco diante de um currículo puramente enciclopédico (GIL PEREZ et al.: 1999, p. 312-314).

Neste cenário, a escola incorporou o método científico de forma simplista ao processo educativo, com regras rígidas, previamente definidas, desconsiderando o pensamento divergente do aluno e a formulação de hipóteses (GIL PÉREZ, 1983). Os principais obstáculos para o ensino de ciências são descritos por Gil Perez et al., (1999) ao descrever que na escola o aluno não é ensinado a resolver situações à cerca da realidade. Os professores ensinam situações conhecidas, com respostas previamente conhecidas, não exigem tentativas, não geram dúvidas.

A Ciência não se faz com concordância, mas com discordância. Alguns homens nunca sairão da animalidade treinada. Alguns serão os usufruidores do conhecimento, usam, mas não criticam o seu uso. Estamos acostumados a usufruir e pouco a criticar (MOURIÑO MOSQUERA, 1982, p. 21).

A discussão sobre evolução do pensamento científico é um tema complexo e longo, existem outras formas de ver e construir a ciência, que influenciaram a educação e poderiam dar continuidade a essa discussão, mas o objetivo aqui não é fazer uma revisão teórica sobre filosofia da ciência, apenas consideramos a forte influência da epistemologia absolutista na educação. A reflexão epistêmica é importante para que o professor orientar e refletir a sua prática docente. Não defende-se aqui a adoção de uma epistemologia, mas a consciência crítica que a ciência é um processo contínuo e o ensino atual não contempla a crítica a este processo, ocupa-se apenas na reprodução de argumentos selecionados nos programas didáticos de ensino inflacionados de conteúdos e que tem produzido resultados ineficientes.

Nem o cientista, nem o técnico, nem o professor conseguem aprender tudo o que existe pelo seu montante. Isto nos leva uma deturpação séria: se não temos capacidade de absorvê-lo, não temos capacidade de discernir qual conhecimento é importante para a ação e qual é supérfluo (MOURIÑO MOSQUERA, 1982, p. 19).

Ao adotar uma postura reflexiva da prática docente pretende-se levar em consideração o conhecimento prévio do aluno, as transformações que o conhecimento sofre ao chegar, na escola, a sua contextualização e aplicabilidade no cotidiano na atividade de resolução de problemas de genética. Ao propor situações interativas para a aprendizagem significativa posicionamo-nos contra o absolutismo na educação, referenciando-nos em trabalhos de autores construtivistas da didática das ciências, na teoria dos campos conceituais de Vergnaud, e na epistemologia de Laudan.

2.1.1 A educação em Ciências como uma Atividade de Resolução de Problemas sob a Influência da Epistemologia de Laudan

A ciência tem tantos objetivos quanto os cientistas têm motivações: a ciência procura explicar e controlar o mundo natural; os cientistas procuram (entre outras coisas) a verdade, influência, utilidade social e prestígio. Cada um desses objetivos poderia ser (e tem sido) usado para fornecer uma estrutura dentro da qual alguém poderia explicar o desenvolvimento e a natureza da ciência. Minha abordagem, no entanto, afirma que uma visão da ciência enquanto sistema para solução de problemas tem mais esperança de capturar o que é mais característico sobre a ciência do que qualquer outra estrutura alternativa tem (LAUDAN, 1986).

Laudan afirma que os cientistas tentam alcançar o sucesso profissional resolvendo problemas científicos da forma mais inteligente e econômica possível. Conseqüentemente, todo seu esforço e envolvimento são concentrados no desenvolvimento dessa competência, em função da qual são avaliados. Estudantes também tentam, com todo o esforço, resolver seus problemas mais significativos e para isso desenvolvem uma competência quase profissional. Infelizmente para o professor, os objetivos dos alunos de tipo sócio-institucional (passar de ano, obter o diploma) não estão associados aos de tipo científico (VILLANI et. al., 1997, p. 40).

Associando a teoria do conhecimento de Laudan com a educação em ciências reconhece-se que o ensino tem que premiar o aluno, motivar o aluno para a prática educativa, pois Laudan afirma que o cientista busca um prêmio, seja reconhecimento ou satisfação pessoal de resolver um problema e a escola oferece ao estudante apenas uma burocracia de exames finais e um diploma distante sem significado imediato.

Laudan (1986) estabelece o conceito de tradição de investigação (que inclui os compromissos, crenças e pressupostos básicos das metodologias de investigação, os problemas e as teorias) como semelhança aos programas de investigação de Lakatos (MASSONI, 2005), dos paradigmas de Kuhn, (MASSONI, 2005), onde a evolução científica ocorrerá de uma forma contínua ao resolver os problemas, de maneira que a ciência progride só se as teorias sucessivas resolverem mais problemas, tanto empíricos como conceituais. A ruptura na tradição de investigação se daria quando existir uma mudança ontológica e metodológica que afetaria os pressupostos básicos da natureza das perguntas, os fins e valores.

O ensino de ciências visto através da lente da teoria de Laudan também propõe uma mudança conceitual na aprendizagem do aluno envolvendo seus conceitos primitivos, idéias explicativas, métodos de trabalho (generalizações rápidas e intuitivas), finalidades (soluções locais e práticas) e valores (VILLANI, et al., 1997). O processo de aprendizagem neste contexto valoriza as concepções prévias do aluno e seus valores e propõe uma mudança progressiva e em longo prazo na sua visão de mundo.

Laudan considera que o processo da troca de paradigmas científicos não é cumulativo, mas a evolução das teorias num contexto comparativo permite à comunidade científica decidir quais são as teorias que resolvem de forma mais eficaz os problemas. São mais aceitas as teorias que resolvem um maior número de problemas empíricos importantes. As teorias que geram um menor número de anomalias consideradas dentro de um mesmo problema conceitual. A comparação entre teorias rivais é importante para o progresso científico. O desenvolvimento da ciência é construído pela coexistência permanente do debate sobre as teorias. As confrontações dialéticas são primordiais para o crescimento e a melhora do conhecimento científico. Laudan propõe que o objetivo da ciência é produzir teorias eficazes na resolução de problemas. Esta proposta não é refratária ao acesso epistemológico, pois não está em jogo a verdade (MASSONI, 2005).

As teorias anômalas podem ser relacionadas com as concepções alternativas dos alunos, quanto maior for a capacidade do professor suscitar situações que envolvam explicações, maior vai ser a amplificação dos esquemas mentais dos alunos, ao passar do tempo o aluno vai complexificando a forma de pensar ao selecionar os esquemas mentais que respondem um número maior de situações; como na teoria de Laudan na qual teoria que responde um maior número de problemas é a mais aceita.

Na aprendizagem científica, no início, aceita-se o senso comum e explora-se o conhecimento científico (durante o processo de familiarização), conseguindo resultados satisfatórios, mas localizados, do ponto de vista do aluno. Somente após muitos sucessos pode-se cogitar numa tomada de consciência do aluno a respeito do alcance do conhecimento científico e, conseqüentemente, na sua aceitação completa, pelo menos no contexto escolar ou profissional. Esta analogia também procura clarear a natureza progressiva da mudança conceitual, contrapondo-se às idéias de uma troca rápida e total entre conhecimento científico e senso comum. Permite também explicar por que alunos que pareciam ter aprendido um determinado conceito científico, de repente voltam a usar os conceitos alternativos (VILLANI, et al., 1997, p. 41).

Como resultado do conjunto de analogias, o ensino pode ser pensado visando sucessivamente dois tipos de mudança conceitual: um primeiro tipo denominado de mudança conceitual *lato sensu* (ou fraca) e um segundo tipo denominado *stricto sensu* (ou forte). O primeiro envolveria somente a mudança de tipo exploração das concepções, sem atingir metodologia e valores epistêmicos e sem envolver o abandono total, no contexto acadêmico ou profissional, do uso das concepções alternativas. Tal modificação poderia ser objetivo real do ensino médio. A mudança conceitual *stricto sensu* seria mais completa e abrangente e deveria ser o resultado do ensino de graduação, podendo contar com atividades mais ligadas ao futuro profissional do estudante (VILLANI, et al., 1997, p. 42-43).

A aprendizagem por resolução de problemas é um processo de interação do sujeito com o seu meio (físico e social) no qual o aluno adquire novas estruturas cognitivas ou altera as que já possui, tem a oportunidade de formular e contrapor hipóteses.

A ciência para Laudan é essencialmente uma atividade de resolução de problemas, não busca uma verdade. A teoria de Laudan valoriza descreve a ciência

como uma atividade humana inserida dentro de uma matriz tecnológica da sociedade e cultura. Relacionar a epistemologia de Laudan com o ensino de ciências é uma possibilidade para refletir sobre e propostas educativas que respeite os valores dos alunos, o conhecimento prévio e pensar em estratégias que dêem sentidos e motive o aprendiz para ensino de ciências e não curse a educação básica com o intuito de apenas obter um certificado de conclusão.

2.2 ELEMENTOS DA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS

2.2.1 As Concepções dos Alunos

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: O fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL; HANESIAN; NOVAK, 1980, s.p.)

O conhecimento prévio do aluno é carregado de concepções próprias sobre o mundo que o cerca, representações que são formadas gradativamente pela experiência diária e a socialização das explicações que senso comum constrói a respeito dos fenômenos naturais.

Muitos trabalhos mostram que os alunos possuem concepções prévias que entram em conflito cognitivo com os conhecimentos científicos socializados que a escola se propõe a transmitir (ASTOLFI, 1997, p.147).

As representações são inicialmente estratégias cognitivas em resposta a um problema. Uma representação corresponde a uma organização dos dados da percepção e da ação graças ao uso de critérios organizados sistemáticos (em vez de simples comparações aleatórias ou analógicas) (ASTOLFI, 2001, p. 40-46).

Não se pode dizer que entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico exista contradição, ou que mesmo que um

seja correto e o outro errado em termos absolutos (BIZZO, 2000, p. 20).

Nas idéias prévias dos alunos podemos encontrar representações que podem se constituir em precursores ou obstáculos para a aquisição de um determinado conhecimento.

Os obstáculos são entendidos como o modo de pensar e proceder contrários ao científico e, precursores aquele que se aproximam desse. Tanto os obstáculos como os precursores devem ser levados em conta no planejamento de uma educação pedagógica que pretenda ser mais eficaz na construção do conhecimento científico (COELHO, et al., 2000 p. 123).

O pensamento não é “neuro” e não se alimenta apenas de Verdades aprendidas. Existe um sistema explicativo prévio, que não se apóia unicamente em aquisição escolares, mas que é constantemente alimentado pela experiência da vida diária. Constitui-se em um conjunto relativamente organizado e coerente de modelos e regras de raciocínios que o torna particularmente estável (GIORDAN; VECCHI, 1996, p.44).

O professor, durante a sua prática pedagógica, deve acessar o repertório de idéias prévias dos alunos e ajudar na complexificação gradativa dos modelos de explicação elaborados pelos alunos; o conteúdo ministrado pelo professor não vem substituir as concepções prévias dos aprendentes, é preciso que ocorra uma mediação entre as experiências cotidianas e o conteúdo socializado na escola. Para Giordan e Vecchi (1996), na maioria das vezes, no melhor dos casos, os novos conhecimentos infiltram-se nos sistemas de pensamento previamente instalados, na criança ou no adulto, sem afetar sua estrutura. Esse saber novo, pois, não vem substituir o antigo, contenta-se em penetrá-lo superficialmente sem realmente questioná-lo.

Não é fácil para os aprendentes aceitarem um questionamento do que eles elaboraram desde muito tempo através de suas experiências vividas e que, para eles, são os únicos conhecimentos dignos de confiança (GIORDAN; VECCHI, 1996, p.52).

Toda aprendizagem segundo Astolfi (2001, p.35-36), vem interferir com um “já existente” conceitual que, ainda que falso num plano científico, serve de sistema de explicação eficaz e funcional. De tal forma que o autor sustenta que ensinar um conceito de Biologia, Física, Matemática ou Química não pode mais se limitar a um

fornecimento de informações e de estruturas correspondendo ao estado da ciência do momento, mesmo se estas são eminentemente necessárias.

Uma aproximação dos conceitos científicos, tarefa própria da escola, não pode ser feita sem levar em consideração as características dos alunos, sua capacidade de raciocínio, seus conhecimentos prévios (BIZZO, 2000, p. 28).

Embora o conceito utilizado em didática das ciências cujo sucesso foi o mais espetacular durante os dez últimos anos seja seguramente o de representação e de terem sido feitas inúmeras pesquisas neste sentido segundo Astolfi, (2001, p.35) para Giordan e Vecchi (1996), ainda há uma grande desconsideração dos docentes pelo conhecimento implícito dos aprendentes e sobre valoração dos conhecimentos explícitos propostos na escola.

Entende-se diante deste referencial que o papel do professor é o de mediador no processo ensino-aprendizagem que não tem o objetivo de substituir as idéias prévias dos alunos pelos conhecimentos científicos, mas proporcionar a aquisição de novos modelos para que sejam aplicados no contexto conveniente.

2.2.2 A Transposição Didática

A reflexão sobre a transposição didática faz-se necessária, pois os modelos científicos sofrem transformações e evoluções significativas até se constituírem em um saber escolar ou terem sua devida divulgação.

A origem do conceito de transposição didática é atribuída aos estudos de Y. Chevallard (ASTOLFI, 2001), sobre o conceito matemático de distância. Chevallard e Josua analisaram as transformações sofridas por esse conceito, desde sua produção, que foi definida como saber sábio, até a sua introdução nos programas de geometria da sétima série; ou seja, foi analisado as modificações sofridas no estatuto teórico pelos círculos de pensamento intermediários entre pesquisa e o ensino. Tendo por base a idéia de que o saber científico sofre um processo de transformação ao se tornar conhecimento ensinável no espaço escolar Chevallard propõe a existência de uma epistemologia escolar que pode ser distinguida da

epistemologia em vigor nos saberes de referência (ASTOLFI, 2001; MARANDINO, 2004).

No contexto da teoria da transposição didática o ensino de um determinado saber só será possível se esse elemento sofrer certas “deformações” para que este esteja apto a ser ensinado. Com base no conceito de transposição didática o conhecimento passa por processos de descontemporização, naturalização, descontextualização e despersonalização (ASTOLFI, 2001).

No processo de descontemporização, o saber ensinado é exilado de sua origem e separado de sua produção histórica na esfera do saber sábio. O processo de naturalização do saber ensinado atribui o sentido das coisas naturais, no sentido de uma natureza dada, sobre a qual a escola tem jurisdição. A descontextualização é o processo que o saber sábio passa, pois fica fora do contexto original, do sentido que deu origem ao conhecimento. O seu emprego original é descontextualizado. Despersonalização do produtor segundo Chevallard o saber ensinado envelhece biologicamente e moralmente, aproximando-se do senso comum e se afasta do saber sábio. Ao ser compartilhado, ocorre um certo grau de despersonalização comum ao processo de produção social do conhecimento, que é requisito para a sua divulgação. Mas, esse processo é mais completo no momento do ensino, pois cumprirá uma função de reprodução e representação do saber sem estar submetido às mesmas regras da exigência de sua produtividade (MARANDINO, 2004, p. 97).

Um ponto importante na teoria de Chevallard é o conceito de *noosfera* que refere-se a relação existente entre os elementos internos e externos no sistema didático que são relacionados ao saber ensinado, o qual apregoa uma relação entre a interação do saber sábio de uma origem *stricto sensu* é confrontado e negociado com o contexto social (ASTOLFI, 2001).

Para fins de aprendizagem, modifica-se o saber, e isso pode ser feito de uma maneira simplista de transposição didática suprimindo as dificuldades quando ela aparece ou através de uma reorganização do saber, de uma verdadeira refundação dos conjuntos de conteúdos. A *noosfera* tem o trabalho de construir um novo texto com características didáticas para o ensino. Esse trabalho de transformação de um objeto de saber em objeto de ensino é a definição de transposição didática de Chevallard (ASTOLFI, 2001).

2.3 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD

A teoria dos campos conceituais de G. Vergnaud (1993) é uma teoria cognitivista, que busca propiciar uma estrutura coerente e alguns princípios básicos ao estudo do desenvolvimento e das competências complexas, sobretudo as que dependem da ciência e da técnica. Busca fornecer uma estrutura à aprendizagem, mas não é em si uma teoria didática. É referida por Moreira (2006, p. 1) como referencial teórico mais utilizado no campo das pesquisas em matemática, mas não é uma teoria específica desta área. A teoria de Vergnaud reorienta e amplia o foco piagetiano em duas direções complementares. A primeira afirma que o enfoque mais frutífero para o desenvolvimento cognitivo é obtido utilizando um sistema tendo como referência o próprio conteúdo do conhecimento, uma análise conceitual do domínio desse conhecimento. Uma segunda consiste em deslocar o interesse das pesquisas do estudo das estruturas gerais de pensamento para o estudo do funcionamento cognitivo do “sujeito – em – situação” considerando, por exemplo, as variáveis da situação, as informações já disponíveis no repertório cognitivo do sujeito, as operações necessárias para a resolução da situação, a especificidade dessas variáveis e dessas operações, tendo em vista o conteúdo envolvido (FRANCHI, 1999; MOREIRA, 2006; VERGNAUD, 1996).

Sua principal finalidade é propor uma estrutura que permita compreender as filiações e rupturas entre conhecimentos, em crianças e em adolescentes, entendendo-se por “conhecimentos”, tanto as habilidades quanto às formações expressas. A teoria dos campos conceituais tem produzido resultados esclarecedores para o processo de aquisição da aritmética e da álgebra elementar, da geometria, da física elementar, da biologia, assim como de diferentes domínios tecnológicos (FRANCHI, 1999, p. 160).

A idéia dos campos conceitual de Vergnaud insiste no fato de que o conhecimento deve ser desmembrado não em áreas focalizadas, mas ao contrário, em áreas bastante amplas, correspondendo cada um a um “espaço de situações problemas” cujo tratamento implica conceitos e procedimentos em estreitas conexões (ASTOLFI, 2001).

O campo conceitual é definido por Vergnaud (1993), como um conjunto de situações. Um dos seus pressupostos básicos afirma que o conhecimento se

constitui e se desenvolve no tempo em interação adaptativa do indivíduo com as situações que experiênciam. O funcionamento cognitivo do sujeito em situação repousa sobre os conhecimentos anteriormente formados; ao mesmo tempo o sujeito incorpora novos aspectos a esses conhecimentos desenvolvendo competências cada vez mais complexas. O estudo do funcionamento cognitivo não pode, portanto, descartar questões relativas ao desenvolvimento cognitivo (FRANCHI, 1999, p. 157).

Vergnaud toma como premissa que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um longo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem (MOREIRA, 2006).

Os processos cognitivos são entendidos por Vergnaud como aqueles que organizam a conduta, a representação, e a percepção, assim como o desenvolvimento de competências e de concepções de um sujeito no curso de sua experiência. As competências são definidas como ações julgadas adequadas para tratar uma determinada situação.

O que se desenvolve entre os indivíduos, não só entre as crianças, mas entre os adultos, para Vergnaud (1996, p. 11), são as formas de organização da atividade e essa forma concerne a vários registros dessa atividade. Por exemplo, o gesto: entre os bebês o desenvolvimento do gesto é muito importante, nos desportistas também, nos dançarinos, e para cada um de nós em várias atividades, incluindo aí atividades matemáticas. Também é referenciado por Vergnaud (1996) a forma de interação com o outro, tanto numa forma racional como uma forma afetiva e as formas de organização lingüísticas. O problema do ensino seria segundo Vergnaud (1996), levar a criança a desenvolver em suas competências, contextualizar os conteúdos com situações significativas.

2.3.1 Campos Conceituais

Um *campo conceitual* é definido primeiramente por Vergnaud (1993, 1996) como um conjunto das situações de diferentes problemas associados a um conjunto

de conceitos e operações durante a aquisição do conhecimento. Por exemplo: para o campo conceitual das estruturas aditivas, o conjunto das situações que requerem uma adição, uma subtração, ou uma combinação destas operações; para as estruturas multiplicativas, o conjunto de situações que envolvem uma multiplicação, uma divisão, ou uma combinação dessas operações. A vantagem da abordagem pelas *situações* segundo Vergnaud (1993) seria permitir uma classificação baseada na análise das tarefas cognitivas e dos procedimentos que podem ser adotados em cada um deles. O conceito de *situação* na teoria dos *campos conceituais* não tem o sentido de *situação didática*, mas o de tarefas, cuja natureza e dificuldades específicas devem ser bem conhecidas. A dificuldade de uma tarefa não é nem a soma nem o produto da dificuldade das diferentes subtarefas. É claro, contudo que o fracasso em uma tarefa provoca o fracasso global (VERGANAUD, 1993, p. 9). Uma condição indispensável é que o aluno se aproprie da situação. Para essa apropriação é essencial que possa utilizar seus próprios procedimentos a partir da representação que ele faz da situação. O domínio de um campo conceitual não ocorre em alguns meses, nem mesmo em alguns anos. Ao contrário, novos problemas e novas propriedades devem ser estudados ao longo de vários anos se quisermos que os alunos progressivamente os dominem. De nada serve tentar contornar as dificuldades conceituais; elas são superadas na medida em que são encontradas e enfrentadas, mas isso não ocorre de um só golpe (MOREIRA, 2006, p. 2).

O núcleo do desenvolvimento cognitivo para Vergnaud é a conceitualização, destacando que é preciso dar toda atenção aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual das situações nas quais os aprendizes desenvolvem seus esquemas na escola ou na vida real (MOREIRA, 2006). Para melhor compreender a teoria dos campos conceituais são necessários entender os conceitos explícitos na teoria de *situações*, o conceito de conceito, significado e significantes, o que será descrito na seqüência.

2.3.2 O Conceito de Situações

O conceito de situação usado por Vergnaud (1993) limita-se ao sentido psicológico, aos processos cognitivos e as respostas do sujeito em função das situações com que ele confronta. Vergnaud (1993, p. 12), exemplifica duas idéias principais no que diz respeito às situações:

1. *“a de variedade: existe grande variedades de situações num campo conceitual dado; as variáveis de situação são um meio de construir sistematicamente o conjunto de classes possíveis;”*
2. *“a de história: os conhecimentos dos alunos são elaborados por situações que eles enfrentam e dominam progressivamente, sobretudo para as primeiras situações suscetíveis de dar sentidos ao conceitos e procedimentos que se pretende ensinar-lhes.”*

A combinação dessas duas idéias não facilita necessariamente o trabalho do pesquisador em didática, já que a primeira idéia o conduz à análise, à de decomposição em elementos simples e à combinação dos possíveis, enquanto o conduz à pesquisa das situações funcionais, quase sempre compostas de numerosas relações, e cuja importância relatada está fortemente ligada à frequência com que encontramos (VERGNAUD, 1993, p. 12).

As situações na vida diária, os dados pertinentes estão mergulhados num conjunto de informações pouco ou nada pertinentes, e as questões suscetíveis nem sempre se expressam claramente. Desse modo o tratamento de tais situações supõe, ao mesmo tempo, a identificação das questões e a das operações a executar para resolvê-las (VERGNAUD, 1993, p. 12).

2.3.3 O Conceito de Significados e Significantes

Vergnaud (1993, p. 18), descreve os significados e os significantes em sua teoria como as situações que dão sentidos aos conceitos, mas o sentido não se contém nas situações em si mesmas. Ele também não está nas palavras e símbolos matemáticos. No entanto afirma-se que uma representação simbólica, uma palavra, um enunciado matemático tem sentido, ou vários sentidos, ou nenhum sentido para este ou aquele indivíduo. Diz-se que uma situação tem ou não sentido.

O sentido é definido por Vergnaud (1993, p. 18-19), como uma relação do sujeito com as situações e os significantes. Mais precisamente, com os esquemas evocados no sujeito por uma situação ou por um significante para aquele indivíduo. O esquema é uma totalidade organizada que permite gerar uma classe de comportamento diferente em função das características particulares de cada situação. Os esquemas abrangem:

- *“Invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação) que dirigem o reconhecimento, pelo sujeito, dos elementos pertinentes da situação e a tomada da informação sobre a situação a tratar;”*
- *“antecipação da meta a atingir, efeitos esperados e eventuais etapas intermediárias;”*
- *“regras de ação do tipo “se...então...” que permitem gerar a seqüência das ações do sujeito;”*
- *“interferências (ou raciocínios) que permitem “calcular” as regras antecipações a partir das informações e do sistema de invariantes operatórias de que o sujeito dispõe.”*

Um sentido para um indivíduo é o conjunto de esquemas que ele pode acionar para tratar de determinadas situações que ele vai se defrontar. Uma situação dada ou um simbolismo particular não evocam todos os esquemas disponíveis no repertório de um indivíduo. Portanto uma avaliação correta da função adaptativa do conhecimento deve conceder um lugar central às formas que esse conhecimento

assume na ação do indivíduo, buscando uma compreensão correta da função dos símbolos ou dos sinais (significantes). Na teoria proposta por Vergnaud, essa compreensão é perpassada pela noção de representação. Vergnaud insere-se entre os outros teóricos que consideram a existência de uma mediação entre os modos simbólicos de representação (os significantes) e os objetos do mundo material (a realidade). Em outros termos, a representação não se reduz a um sistema simbólico remetendo diretamente ao mundo material (FRANCHI, 1999, p. 172).

2.3.4 Conceitos e Esquemas

Para Vergnaud (1993, p. 1), um conceito não pode ser reduzido à sua definição, principalmente se nos interessamos por sua aprendizagem e seu ensino. É através das situações e dos problemas a resolver que um conceito adquire sentido para a criança. Esse processo de elaboração pragmática é essencial para a psicologia e para a didática, como também, aliás, para a história das ciências. Falar em elaboração pragmática não significa abstrair a natureza dos problemas para os quais um conceito novo oferece resposta – tais problemas tanto podem ser teóricos, como práticos. Também não exclui a análise do papel da linguagem e do simbolismo na conceitualização. Esse papel é muito importante. Simplesmente, se pretendemos dimensionar concretamente a função adaptativa do conhecimento, devemos preservar um lugar central para as formas que assume na ação do sujeito. O conhecimento racional é operatório ou não.

Um esquema é uma forma estrutural da atividade, a organização invariante da atividade do sujeito sobre uma classe de situações dadas (FRANCHI, 1999, p. 164).

Um conceito para Vergnaud (1993) envolve três elementos que podem ser simbolicamente representados por $C = (S, I, Y)$ sendo uma função que depende desses três elementos. O S é um conjunto de situações que dá sentido ao conceito (referência), o I é um conjunto de invariantes se baseia a operacionalidade dos esquemas (significado), e Y um conjunto das formas de linguagem (ou não) que permitem representar simbolicamente o conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento (significante).

São distinguidas duas classes de situações por Vergnaud (1993, p. 2):

1) *“Classes de situações em que o sujeito dispõe, no seu repertório, em dado momento de seu desenvolvimento e sob certas circunstâncias, das competências necessárias ao tratamento relativamente imediato da situação;”*

2) *“Classes de situações em que o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias, o que o obriga a um tempo de reflexão e exploração, hesitações, as tentativas frustradas, levando-o eventualmente ao sucesso ou ao fracasso”.*

Vergnaud (1993, 1996) afirma que cabe ao professor a tarefa de identificar quais conhecimentos os alunos sabem explicitar e quais os que eles usam corretamente, mas ainda não explicitam.

O conceito de “esquema” interessa às duas classes de situações, mas não funciona do mesmo modo nos dois casos. No primeiro caso, observa-se, para uma mesma classe de situações, comportamentos amplamente automatizados, organizados por um só esquema; no segundo caso, observa-se a sucessividade, a utilização de vários esquemas, que podem entrar em competição e que, para atingir a solução desejada, devem ser acomodados, descombinados e recombinaados. Esse processo é necessariamente acompanhado por descobertas (VERGNAUD, 1993).

Vergnaud (1993, p. 2, grifo do autor) chamou de “esquema” a organização invariante do comportamento para uma classe de situações dada. É nos esquemas que se devem pesquisar os conhecimentos-em-ação do sujeito, isto é, os elementos cognitivos que fazem parte da ação do sujeito seja operatória.

A confiabilidade do esquema para o sujeito, estratégia de resolução de um problema, baseia-se, no conhecimento que ele tem implícito ou explícito, das relações entre o algoritmo do problema a resolver e quando a criança utiliza um esquema ineficaz para determinada situação, a experiência a leva, seja a mudar de esquema, seja modificar o esquema (VERGNAUD, 1993). Um conceito não deve ser entendido como um estereótipo, mas sim, como uma função temporalizada de argumentos, que permite gerar diferentes seqüências de ações e tomadas de informações em função das variáveis de situações (VERGNAUD, 1993, p. 6).

Um esquema conceitual deve ser levado em conta quando é necessário um campo de conceitos. A falta de um conceito pode levar ao não sucesso na resolução de um problema. O funcionamento cognitivo de um sujeito ou de um grupo de sujeitos em sua situação dada baseia-se no repertório dos esquemas disponíveis, não se pode teorizar adequadamente sobre o funcionamento cognitivo criando um impasse ao desenvolvimento cognitivo (VERGNAUD, 1993, p. 5).

2.3.5 Ensino de Biologia e a Teoria dos Campos Conceituais

O ensino de Biologia envolve o contato dos alunos com inúmeros conceitos. Existem muitas vezes conflitos entre os conceitos biológicos, e as explicações construídas pelo senso comum sobre os fenômenos biológicos. Na teoria de Vergnaud o professor é um mediador que deve proporcionar situações para o aluno que contribua no desenvolvimento do repertório das representações dos aprendizes, para que um campo conceitual seja gradativamente dominado pelo aluno através da elaboração de esquemas mentais em ordem crescente de complexificação. As situações são fundamentais para os processos ensino-aprendizagem, pois são elas que vão dar sentido aos conceitos. Quanto maior o número de situações que o professor proporcionar ao aluno mais significativo torna-se determinado conceito. O conceito de esquema e domínio gradual de um campo conceitual remete a teoria de Vergnaud a Piaget e Vygotsky. Para Vygotsky (1994), o desenvolvimento intelectual resulta da relação com o mundo, que se compõe do processo de interações que fornece condições para a atividade do pensamento. Dentre essas interações que ocorrem no espaço escolar, as mais favoráveis para as aprendizagens significativas são as interações. O domínio de um campo conceitual está relacionado com o amadurecimento de funções mentais, ou seja, à zona proximal de desenvolvimento (ZDP). O conceito de esquema referenciado na teoria de Vergnaud é originário dos estudos de Piaget.

Um exemplo para a aplicação da teoria de Vergnaud na pesquisa no ensino de Biologia relaciona-se com o campo conceitual da genética. O ensino da genética necessita que o aluno tenha formalizado uma rede de conceitos que envolvem a

biologia molecular, a bioquímica, cálculos elementares de probabilidade, e uma série de exceções relacionadas à produção e aplicabilidade do conhecimento biológico. Para resolver e entender de forma significativa um simples problema de genética relacionado à primeira lei de Mendel é necessário que o aluno tenha formalizado os conceitos de dominância, recessividade, F1, F2, frequência, alelo, fração, hibridismo, cálculos de percentuais simples, meiose, haploidia, diploidia, fenótipo, genótipo e etc. Os enunciados dos problemas de genética são construídos de maneira que o aluno tenha formalizado esses conceitos ou pelo menos parte deles, mas muitas vezes na resolução de um problema de genética falta para o aluno alguns desses conceitos o que pode tornar insolúvel determinado problema ou levar a uma resolução mecânica por aproximação. A resolução mecânica de um problema de genética pode obstruir a aplicabilidade do conhecimento no contexto cotidiano e torna-se obstáculo a uma aprendizagem significativa para o aluno. A contextualização através de situações defendida por Vergnaud ajuda a construção significativa dos conceitos o que possibilita a sua aplicabilidade.

2.4 O ENSINO DE GENÉTICA

O ensino de genética segundo a revisão de literatura de Leite (2004) desenvolve-se a partir de uma postura fragmentada, a-histórica e linear, na apresentação dos conceitos aos estudantes, que apesar de demonstrarem interesse por temas ligados à genética humana apresentam pouca compreensão sobre os mesmos. A falta de compreensão dos conteúdos atribui-se, na tese de doutorado de Leite (2004) à centralização do uso do livro didático. A análise de livros feita pela autora constata a existência de problemas como: ênfase em termos, conceitos e definições, fragmentação de conteúdos e pouca referência à história do desenvolvimento do conhecimento científico.

A análise de exercícios de Genética feita por Ayuso et al. (1996) revela que os livros didáticos trazem problemas com soluções únicas, referem-se a exemplos de seres vivos desconhecidos pelos alunos, com características difíceis de serem imaginadas, o que possivelmente desestimularia a aprendizagem.

As pesquisas sobre o ensino de genética realizada, nas décadas de 80 e 90, citadas por Leite (2004) envolveram principalmente investigações sobre concepções alternativas e resolução de problemas, sendo mais recentes as voltadas para a aprendizagem significativa.

A revisão bibliográfica, em didática da Genética, realizada por Bugallo (1995) aponta como dificuldades para o ensino o uso de uma terminologia superficial e ambígua encontrada nos livros textos usados de forma equivocada. Há falta de esclarecimento e relações específicas sobre os conceitos de gene, alelo, zigoto, gameta entre outros, que além de proporcionar uma fragmentação no aprendizado, gera uma série de concepções alternativas sobre o tema.

As dificuldades dos alunos com a linguagem da genética são, em particular, recorrentemente referidas e atribuídas ao fato de ser a genética uma área caracterizada por um vasto e complexo vocabulário, onde os alunos mostram muitas vezes dificuldades em compreender e diferenciar os conceitos envolvidos, como é o caso dos associados a termos como alelo, gene ou homólogo. As próprias expressões matemáticas usadas neste contexto são, muitas vezes, alvo de confusões com os alunos, até por que os símbolos respectivos nem sempre são usados consistentemente por professores e autores de livros didáticos (CID. M.; NETO, A., 2005, p. 2).

Quanto às atividades de resolução dos problemas de Genética referida na revisão de literatura de Bugallo (1995) apesar dos alunos resolverem os problemas com êxito, não são capazes de desenvolver a relação do algoritmo de resolução com o contexto genético. Este problema pode ser atribuído há não compreensão significativa dos conceitos de Genética.

Um número significativo de pesquisas mostra que nem mesmo os conceitos básicos da Genética, como, relação gene/cromossomo e a finalidade dos processos de mitose e meiose, são compreendidos pelos estudantes no final dos anos de escolaridade obrigatória (SCHED; FERRARI, 2006 p. 17).

Alguns dos problemas encontrados por Sched e Ferrari (2006) refere-se à vinculação da idéia de ciência como verdade inquestionável. Esta concepção de ciência segundo Sched e Ferrari (2006 p. 17) desestimula os estudantes e impõem racionalidade técnica que faz com que os professores se sintam detentores de verdades definitivas que deverão ser transmitidas para os alunos.

A abordagem referenciada por Leite (2004) para o ensino de Genética leva-nos a refletir sobre a importância de uma educação problematizadora, ao desenvolvimento do pensamento crítico sobre os avanços da ciência e da tecnologia, pois rompe com a vinculação tecnocrática e ufanista empregada na divulgação do desenvolvimento científico nos livros didáticos e pela mídia.

Para os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (BRASIL 1999) não é mais possível ensinar Biologia numa perspectiva acumulativa, a-histórica e dissociável da tecnologia como está presente em alguns livros didáticos. É preciso segundo este documento que o aprendiz compreenda de forma crítica o avanço da ciência e esteja capacitado a participar como agente da história.

Há grande destaque nos PCNS (1999) para o ensino dos avanços da genética, referindo-se que o aprendiz tem que abordar temas como: a descrição do material genético em sua estrutura e composição, a explicação do processo da síntese protéica, a relação entre o conjunto protéico e a estrutura de dupla hélice. Segundo os PCNS, (1999) não é possível tratar, no Ensino Médio, de todo o conhecimento biológico ou de todo o conhecimento tecnológico a ele associado. O mais importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos em que época apresentam. Para esta proposta de ensino é necessária atualização constante do professor sobre a evolução da Biologia, do pensamento científico, estratégias, teorias de aprendizagem e material didático adequado. A análise dos conteúdos da Biologia moderna e a Genética, nos livros didáticos de Biologia feita por (Xavier et al., 2006 p. 287) referem que os livros didáticos precisam de reformulação, atualização, ampliação de conteúdos, lançamento de textos mais contextualizados, reestruturação de capítulos promovendo novas formas de inserir os temas modernos. Que os temas da nova Biologia possa ser inseridos e abordados de forma adequada para solidificar o aprendizado. A ampliação de temas importantes, como células tronco, Projeto Genoma, paternidade por DNA, entre outros, será necessário. É notável observar que, em se tratando de DNA, hoje as novas tecnologias já traçam definitivamente novas relações na Biologia. Podendo perceber que o estudo evolutivo faz-se com presença de marcadores de DNA, novos saberes surgem e conceitos são reformulados.

Neste trabalho apresentamos teorias de aprendizagem e estratégias de ensino como jogos, filmes, simuladores entre outros para o ensino de Genética.

Não é possível ignorar a importância de uma base conceitual para o ensino de Genética, mas não podemos oferecer para o aluno processos de ensino aprendizagem que privilegiem a construção de um arcabouço de conhecimentos fora da sua realidade, fragmentado, matéria apenas importante para exames escolares e restritos aos muros internos à escola.

Cid & Neto (2005, p.4) estabelecem orientações para o ensino de Genética:

- *“Diagnóstico das idéias prévias dos alunos e utilização de esquemas para a resolução de problemas que explicitem os mecanismos de resolução e a sua relação com conceitos.”*
- *“Apresentação dos princípios e dos conceitos da genética de forma a serem óbvias as relações entre os conceitos, nomeadamente entre as estruturas básicas – célula, núcleo, cromossomo, gene, DNA.”*
- *“Explicitação da relação entre os processos – mitose – meiose e fecundação – os ciclos da vida e continuidade da informação genética”.*
- *“Abordagem dos conceitos do simples para o complexo: à medida que os alunos vão dominando os conteúdos, a sua formulação deve tornar-se mais complexa, apresentando problema divergentes, proporcionando a formulação de hipóteses alternativas.”*
- *“Iniciação dos problemas com situações simples e de interesse para os alunos, promovendo coleta de dados.”*
- *“Apresentação de problemas destinados a que os alunos aprendam o algoritmo (exercício), mas também problemas autênticos que impliquem, entre outras tarefas, analisar dados, emitir hipóteses explicativas ou interpretar resultados.”*
- *“Clarificação da passagem do macronível para o micronível, de tal forma que os alunos sejam capazes de ver os conceitos como parte de uma todo”.*

A teoria dos *campos conceituais* vai ao encontro das orientações de Cid, M. & Neto, A., (2005) para o ensino de genética. Pode ser uma alternativa para superar a fragmentação entre o estudo dos conceitos científicos e os conceitos cotidianos. Esta teoria pode ser vista nas palavras de Vergnaud como uma teoria de *conceitualização da realidade*. O ser humano enfrenta as situações de vida armado

com suas representações, vale dizer, com conhecimentos, com conceitualizações, embebidas do contexto de sua vida. (GROSSI, 2001, p. 15). Ao construir processos de ensino aprendizagem a partir de núcleos de situações propostos por Vergnaud, buscamos dar significados aos conteúdos referidos por Ausubel, Hanesian; Novak (1980) como um dos princípios para uma aprendizagem *significativa*, pois aprender não é se informar, aprender é construir conceitos e, para construí-los, o essencial saber selecionar informações e não delas se locupletar indiscriminadamente (GROSSI, 2001, p. 12).

A teoria de Gérard Vergnaud dos campos conceituais nos diz que se tem que ensinar a partir de grandes núcleos de situações, de procedimentos e de valores socioculturais em torno de um conjunto de conceitos, a partir de provocações que façam os alunos construírem-se hipóteses de explicação para eles aprender, portanto, não é captar a solução encontrada por outro; é sim, construí-la e, ao fazê-lo, produzir pensamento, produzir idéias, porque são elas que movem o mundo e, produzidas por poucos são a base da maior antidemocracia (GROSSI, 2001, p. 12).

2. 5 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE INDICADORES E ESTUDOS DO INEP

Neste capítulo analisamos dados referentes ao Ensino Médio dos sistemas público e privado de educação brasileira a partir dos indicadores do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira). Os dados foram extraídos principalmente da EDUDATA Brasil e de pesquisas do INEP. Examinamos indicadores referentes ao contexto sócio econômico, condições de oferta, eficiência e rendimento escolar entre outros.

O Sistema de Estatísticas Educacionais (Edudata-Brasil) é um instrumento de divulgação dos dados educacionais tratados pelo Inep. Por meio dele, pesquisadores em educação, gestores e os demais interessados podem acompanhar melhor a evolução da educação no País. Sua interface facilita a consulta, porque possui um amplo leque de alternativas para o acesso ao banco de dados do Inep. Com o Edutata-Brasil é possível realizar vários cruzamentos entre variáveis, que estão disponíveis até a esfera municipal e podem, ainda, ser analisadas detalhadamente em diferentes

unidades geográficas. Ele contém, entre outros, dados de matrícula, docentes e infra-estrutura das escolas e se referem ao Censo Escolar e ao Censo da Educação Superior. Apresenta também um conjunto amplo de indicadores considerando os seguintes grupos: contexto sócio-econômico, condições de oferta, acesso e participação, eficiência e rendimento escolar (INEP, 2007).

A partir da EDUDATA-BRASIL cruzamos as variáveis de interesse como exemplo, a existência de laboratórios de ciência, laboratórios de informática, biblioteca, taxa de rendimento, taxa de transição e docentes com curso superior. Estas estatísticas refletem as condições de oferta e características do Ensino Médio brasileiro. A partir dos dados obtidos construímos uma série de tabelas comparativas e evolutivas das condições do Ensino Médio relacionando o cenário nacional, regional (Região sul), estadual (Rio Grande do Sul).

2.5.1 Ensino Médio: taxa de matrículas, concluintes, taxa de escolarização líquida, taxa de atendimento, distorção idade série, taxa de rendimento, taxa de transição

Os dados do INEP mostraram, no período analisado de 1999 a 2005, a tendência de aumento de matrículas no Ensino Médio:

A demanda pelo Ensino Médio no Brasil tem crescido nos últimos anos, refletindo o aumento do número de jovens concluintes do Ensino Fundamental. Esse nível de ensino irá cada vez mais ocupar o espaço na agenda pública brasileira, tanto em seu aspectos quantitativos como qualitativos (ARAÚJO; LUZIO, 2005, p. 29).

A Tabela 1. apresenta o crescimento no número de matrículas no Ensino Médio, dependência/categoria administrativa pública no Brasil, Região Sul e Estado do Rio Grande do Sul referente aos anos de 1999 a 2006. No período de 1999 a 2005, houve um aumento de 6.544.835 matrículas iniciais para 7.838.086 para o Ensino Médio. Na região Sul o número de matrículas expandiu de 1.031.236 para 1.059.546, no Estado do Rio grande do Sul o número de alunos matriculados passou de 394.328 para 408.612.

Tabela 1 - Brasil – Região Sul – Rio Grande do Sul – Matrículas iniciais no Ensino Médio - Dependência Administrativa Pública

Abrangência Geográfica	Ano	Matrícula total
Brasil	1.999	6.544.835
Sul	1.999	1.031.236
Rio Grande do Sul	1.999	369.235
Brasil	2.005	7.933.713
Sul	2.005	1.069.152
Rio Grande do Sul	2.005	416.604
Brasil	2.006	7.838.086
Sul	2.006	1.059.546
Rio Grande do Sul	2.006	408.612

Fonte: MEC/INEP

A evolução de matrículas comparando apenas dados dos anos de 2005/2006 teve um decréscimo de 1,4%, isso significa a diminuição de 124.482 alunos. A variação dos dados, no Ensino Médio, também revela diferenças regionais, apresentando queda de 4,5% na Região Sudeste, 0,6% na Região Sul e Crescimento de na Região Norte de 2,2%, de 0,9% na Região Nordeste e de 2,1% na Região Centro-Oeste (Censo da Educação Básica, 2006). A taxa de concluintes no Ensino Médio aumentou. O total de concluintes na rede pública brasileira pública atingiu 1.556.545 em 2005 contra 1.174.143 no ano de 1998. No ano de 2005, na Região Sul, o número de concluintes no Ensino Médio, cresceu de 167.863 para 196.466 e, no Estado do Rio Grande do Sul de 55.087 para 68.419 conforme a Tabela 2. Neste mesmo período, podemos observar, na Tabela 3., que ocorreu diminuição de matrículas na rede privada de Ensino Médio.

Tabela 2 - Brasil – Região Sul – Rio Grande do Sul – Taxa de concluintes no ensino médio - Dependência/Categoria administrativa pública

Abrangência Geográfica	Ano	Concluintes - total
Brasil	1.998	1.174.143
Sul	1.998	167.863
Rio Grande do Sul	1.998	55.087
Brasil	2.005	1.556.545
Sul	2.005	196.466
Rio Grande do Sul	2.005	68.419

Fonte: MEC/INEP

Tabela 3 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul - Taxa de concluintes no Ensino Médio – Dependência/Categoria administrativa pública

Abrangência_Geográfica	Ano	Concluintes - total
Brasil	1.998	361.800
Sul	1.998	53.008
Rio Grande do Sul	1.998	22.223
Brasil	2.005	302.070
Sul	2.005	43.908
Rio Grande do Sul	2.005	15.387

Fonte: MEC/INEP

Um avanço importante pode ser observação da taxa de escolarização líquida para faixa de 15 a 17 anos de idade foi de 33,3% em 2000, sendo que essa mesma taxa não chegava a 15% em 1980 (Tabela 4.).

Tabela 4 - Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul - Taxa de escolarização líquida: Ensino Médio

Abrangência_Geográfica	Ano	Taxa de escolarização líquida
Brasil	1.980	14.3
Brasil	2.000	33.3

Fonte: MEC/INEP e IBGE

Outro avanço importante referenciado por Araújo; Luzio (2005, p. 30) refere-se ao aumento da taxa de atendimento às pessoas de 15 a 17 anos observado na Tabela 5. que evoluiu de 49,7% em 1980 para 83,0% em 2000. A Região Sul e o Estado do Rio Grande do Sul, ficaram abaixo da taxa nacional de atendimento para jovens de 15 a 17 anos, com a percentagem de 81,1 e 81,8 respectivamente.

Tabela 5 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul - Taxa de atendimento de 15 a 17 anos

Abrangência_Geográfica	Ano	De 15 a 17 anos
Brasil	1.980	49.7
Sul	1.980	48
Rio Grande do Sul	1.980	49.9
Brasil	2.000	83
Sul	2.000	81.1
Rio Grande do Sul	2.000	81.8

Fonte: MEC/INEP e IBGE

Contudo, tais avanços (pequenos avanços) convivem segundo Araújo; Luzio (2005, p. 30) com problemas de deficiência dos sistemas de ensino. Para efeito de comparação a distorção idade-série, no Ensino Médio, público foi de 51,1% em 2005 de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul. Distorção idade-série - Ensino Médio - Ano = 2005 , Dependência Administrativa Pública

Abrangência Geográfica	Distorção idade-série
Brasil	51.1
Sul	33.3
Rio Grande do Sul	39.3

Fonte: MEC/INEP

No mesmo período na Região Sul a distorção idade-série foi de 33,3%, ficando em 39,3% no Rio Grande do Sul. Já nos estabelecimentos privados a taxa de distorção idade série cai para 11,2% (Tabela 7.).

Tabela 7. Brasil – Região Sul – Distorção idade-série – Ensino Médio - Dependência Administrativa Privada

Abrangência Geográfica	Distorção idade-série
Brasil	11.2
Sul	5
Rio Grande do Sul	6.2

Fonte: MEC/INEP

A taxa total de distorção idade série, incluindo o sistema público e privado de Ensino Médio, em 2005 foi de 46.3% (Tabela 8.), menor que a do ano de 2003 que atingiu 49,3% analisada por Araújo; Luzio (2005, p. 30). A taxa média de distorção idade-série do Rio Grande do Sul em foi de 35,3%, maior que a média da Região Sul que atingiu 29,3%.

Tabela 8 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul. Distorção idade-série total – ano 2005 – Ensino Médio

Abrangência Geográfica	Distorção idade-série
Brasil	46.3
Sul	29.8
Rio Grande do Sul	35.3

Fonte: MEC/INEP

A Tabela 9. apresenta a taxa de rendimento, no Ensino Médio, para a escola Pública e a Tabela 10. mostra a taxa de rendimento, no Ensino Médio para escola privada. Essa comparação nos mostra que as taxas de Reprovação, no Ensino Médio público, aumentaram na esfera nacional e regional, conforme os dados da Tabela 9., em 1999, a taxa de aprovação era de 74,1%.em 2005 ficou em 70,6%.

Tabela 9 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Taxa de Rendimento – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio

Abrangência Geográfica	Ano	Taxa de Aprovação	Taxa de Reprovação	Taxa de Abandono
Brasil	1.999	74.1	7.5	18.4
Sul	1.999	73	11.6	15.4
Rio Grande do Sul	1.999	67.2	18.6	14.2
Brasil	2.005	70.6	12.3	17.1
Sul	2.005	69.3	15.8	14.9
Rio Grande do Sul	2.005	62.4	21.6	16

Fonte: MEC/INEP

Em 2005, o Estado do Rio Grande do Sul encontrava-se com uma taxa de aprovação de 62,4% para o Ensino Médio, abaixo da Média da Região Sul. A taxa média de aprovação a Região Sul foi de 69,3% ficando próxima a média brasileira. É importante salientar, que em 2006, a rede estadual responde pela oferta de 85,2% das vagas do ensino médio (Censo da Educação Básica, 2006).

Tabela 10 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Taxa de Rendimento – Dependência Administrativa Privada – Ensino Médio

Abrangência Geográfica	Ano	Taxa de Aprovação	Taxa de Reprovação	Taxa de Abandono
Brasil	1.999	90.1	5.5	4.4
Sul	1.999	91.6	5	3.4
Rio Grande do Sul	1.999	90.6	6.9	2.5
Brasil	2.005	92.7	5.8	1.5
Sul	2.005	94.2	4.9	0.9
Rio Grande do Sul	2.005	92.3	6.9	0.8

Fonte: MEC/INEP

As análises de dados anteriores do INEP realizadas por Araújo; Luzio (2005, p. 31) de 1991 a 1998 refletiam a tendência de queda nas taxa de reprovação que havia caído de 30,7% para 17,7%, mas como já expomos, e foi citada por Araújo; Luzio (2005, p. 31) há uma inversão de queda nessa tendência a partir de 1999. As taxas de reprovação, no Ensino Médio, no ano de 1999 atingiram 7,5% para a média nacional, 11,6% para a Região Sul e de 18,6% para o Estado do Rio Grande do Sul. No ano de 2005, as taxas de reprovação, no Ensino Médio, indicavam para: a média nacional 12,3%, Região Sul, 15,8% e Rio Grande do Sul 21,6%. Houve um nítido aumento das taxas de reprovação, sendo a média de Reprovações, no Ensino Médio, no Estado do Rio Grande do Sul bastante superior à média nacional. O censo da Educação Básica realizado em 2006, enfatiza o destaque das taxas de reprovação observadas na Região Sul e Sudeste, destacando os Estados do Rio Grande do Sul com uma taxa de reprovação de 19,9% e São Paulo com uma taxa de reprovação de 13,8%. Diminuíram as taxas de abandono e evasão, no Ensino

Médio público, porém são menos nítidas, Araújo; Luzio (2005, p. 31) já haviam analisado esta tendência de 1991 a 1998 e verificou oscilações nesses dados verificando no caso da evasão, que subiu de 6,2% em 1991, para 8,3%, em 1995, caindo em seguida para 5,7% em 1998, e voltando a subir nos dois últimos anos seguintes e caindo em 2001. No período de 1999 a 2005 (Tabela 9; Tabela 11.), a taxa de abandono na rede pública de Ensino Médio brasileiro diminuiu timidamente de 18,4% para 17,1%.

Tabela 11 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Taxa de Transição do Ensino Médio

Abrangência_Geográfica	Ano	Taxa de promoção	Taxa de repetência	Taxa de evasão
Brasil	1.999	74.5	18.6	6.9
Sul	1.999	71.1	20.3	8.6
Rio Grande do Sul	1.999	66.4	23	10.6
Brasil	2.004	67.9	22.5	9.6
Sul	2.004	66.9	23.3	9.8
Rio Grande do Sul	2.004	59.7	27.6	12.7

Fonte: MEC/INEP

Na Região Sul, a taxa de abandono também teve uma redução que foi de 15,4% para 14,9%, mas o Estado do Rio Grande do Sul contribuiu com um incremento na taxa de abandono subindo de 14,2% para 16%.

O número de alunos que estão fora da idade adequada à sua idade é assustador o número de concluintes dos dois níveis da educação básica é muito baixo, pois ainda a evasão é muito alta. Araújo; Luzio (2005, p. 20).

Na tabela 10. observa-se o contraste entre a educação pública e privada, pois as aprovações superam os 90% e a porcentagem de abandono são muito inferiores ao sistema de Ensino Médio público para a média nacional O Ensino Médio brasileiro segundo Araújo; Luzio (2005, p. 32) teve avanços na expansão quantitativa, e a sua demanda é cada vez mais forte. O destaque negativo observado na base de dados coube ao Rio Grande do Sul com uma elevada taxa de repetência e evasão. Os dados do censo, 2006 da educação brasileira não atribuem à repetência o incremento na taxa de abandono, os indicadores relativos ao Ensino Médio revelam que as regiões que apresentam a menor taxa de reprovação, Norte (8,7%) e Nordeste (9%), correspondem ao maior índice de abandono: 20,8% e 21,1% respectivamente, em 2005. Os dados do INEP são evidentes na queda da qualidade do Ensino do Rio Grande do Sul, que já foi modelo nacional. Há uma necessidade de estudos que relacionem os fatores que influenciaram o desempenho

negativo do Ensino Médio, no Rio grande do Sul, para as taxas de reprovação, abandono e evasão escolar. É explicitada a necessidade de acordo com os dados do INEP medidas que retome a oferta qualificada do Ensino Médio público Gaúcho e corroborem para diminuição nas estatísticas negativas de evasão e abandono.

2.5.2 Dados sobre as condições de oferta do Ensino Médio Brasileiro

A primeira análise dos dados do INEP envolveu a descrição de indicadores sobre a evolução do quadro de matrículas, taxa de aprovação, evasão, distorção na idade de conclusão. Indicadores relacionados à eficiência do Ensino Médio, acesso e participação. Mostramos agora a observação de indicadores que refletem as condições de oferta e características dos estabelecimentos de Ensino Médio do Brasil, Região Sul e Estado do Rio Grande do Sul.

Consideramos para a análise das condições de oferta, no Ensino Médio, do Brasil, Região Sul e Estado do Rio Grande do Sul as variáveis como: número médio de alunos por turma, percentual de docentes com curso superior, percentual de docentes com curso superior, mas sem licenciatura plena, média de horas-aulas diária e perfil dos estabelecimentos de ensino, observando a presença de laboratórios de ciências, laboratórios de informática, biblioteca entre outras.

Para Araújo; Luzio (2005, p. 29).

Além de corrigir o fluxo educacional, há necessidade de investimentos, principalmente na formação de docentes para atuarem nesse nível de ensino. O Ministério da Educação estima que exista, hoje, um déficit de 250 mil professores, em todo o Brasil. A carência é mais dramática nas áreas de Matemática, Física, Química e Biologia.

Pode ser observado, na Tabela 12. o número médio de aluno por turma que diminuiu, no Ensino Médio público, no cenário nacional, na região Sul e no Estado do Rio Grande do Sul, este número tem relação com as altas taxas de evasão e abandono já mencionadas no capítulo anterior. A média de alunos por turma

decreceu, na Região Sul, no período de 1999 a 2006 de 35,3 alunos para 31,7 alunos. No Rio Grande do Sul a média de alunos por turma diminuiu de 33,6 para 29,4, mas esta densidade de alunos por turma segundo os estudos do INEP pode ser considerado elevado.

No Ensino Médio, essa medida é de mais de 37, sendo que 20,4% das turmas desse nível de ensino, em termos nacionais, possuem mais de 40 alunos. Esse fato decorre principalmente de uma tentativa de reduzir os custos educacionais, uma vez que o salário do professor é o componente de maior peso nos mesmos. O FUNDEF, que vincula o repasse de recursos a um valor *per capita*, tende também a induzir um inchaço das turmas como forma de fazer o dinheiro “render”. O problema destas políticas é que, ao final, o barato sai caro, pois a consequência natural das salas cheias é a evasão e a repetência dos alunos (ESTATÍSTICAS DOS PROFESSORES NO BRASIL, INEP, 2003, p. 44).

Tabela 12 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Número Médio de Alunos por turma – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio

Abrangência Geográfica	Ano	Número médio de alunos/turma
Brasil	1.999	39.9
Sul	1.999	35.3
Rio Grande do Sul	1.999	33.6
Brasil	2.006	36.9
Sul	2.006	31.7
Rio Grande do Sul	2.006	29.4

Fonte: MEC/INEP

Observamos, na Tabela 13., a média de horas aulas, no Ensino Médio público e verificamos que no período de 1999 a 2006 não houve um avanço notável no incremento de horas-aulas diárias, permanecendo uma média de 4,2 horas diárias. A média de horas, no Ensino Médio Brasileiro foi de 4,2 horas em 1999 e de 4,3 em 2006. Na Região Sul a média de horas-aula diária era de 4,1 em 1999, equiparando-se a média nacional de 4,3 em 2006. O Estado do Rio Grande do Sul, que possuía a média de 4,3 horas-aula diária, retrocedeu para 4,2 horas-aula diária.

Tabela 13 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Média de horas-aula diária – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio

Abrangência Geográfica	Ano	Média de hora-aula diária
Brasil	1.999	4.2
Sul	1.999	4.1
Rio Grande do Sul	1.999	4.3
Brasil	2.006	4.3
Sul	2.006	4.2
Rio Grande do Sul	2.006	4.2

Fonte: MEC/INEP

Quanto a formação dos docentes da rede pública de Ensino Médio podemos observar, na Tabela 14. e Tabela 15., que no ano de 1999, o percentual de docentes com curso superior, no Brasil alcançou 87,6%, na Região Sul este número sobe para 90,8% e no Rio Grande do Sul atinge os 94,8%.

Embora o Ensino Médio seja o nível de ensino que detém os professores com melhor escolaridade, cabe salientar que 21% deles ainda não têm a formação mínima exigida pela legislação (ESTATÍSTICAS DOS PROFESSORES NO BRASIL, INEP, 2003, p. 26).

É necessário salientar que possuir formação superior não significa possuir habilitação para lecionar, observando-se, na Tabela 15. um percentual de 74% de professores com licenciatura. Na Tabela 16, observa o número de docentes que atua, no Ensino Médio, sendo possível verificar que houve aumento desses profissionais.

Tabela 14 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Percentual de docentes com curso superior – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio

Abrangência Geográfica	Ano	% docentes com curso superior
Brasil	1.999	87.6
Sul	1.999	90.8
Rio Grande do Sul	1.999	94.8

Fonte: MEC/INEP

Tabela 15 - Percentual de funções docentes que atuam no Ensino Médio – Por grau de Formação – Brasil e Regiões – 1991-2002

Unidade Geográfica	Ano	Grau de Formação				
		Até Fundamental	Médio		Superior	
			Com Magistério	Sem Magistério	Sem Licenciatura	Com Licenciatura
Brasil	1991	0,4	6,8	9,4	8,5	74,9
	1996	0,3	6,9	6,4	12,1	74,3
	2002	0,1	5,2	5,4	10,3	79,0
Norte	1991	0,4	11,2	16,9	7,2	64,3
	1996	0,4	13,0	7,2	16,2	63,2
	2002	0,0	9,9	5,6	14,9	69,6
Nordeste	1991	0,8	18,8	13,0	7,8	59,7
	1996	0,6	16,6	7,8	13,9	61,0
	2002	0,1	12,2	7,7	13,3	66,7
Sudeste	1991	0,3	2,2	8,0	8,8	80,8
	1996	0,2	2,8	5,4	11,7	80,0
	2002	0,0	1,2	3,5	8,3	87,0
Sul	1991	0,2	2,7	6,8	8,3	82,0
	1996	0,3	2,6	6,1	10,0	80,9
	2002	0,1	2,2	5,9	10,7	81,0
Centro-Oeste	1991	0,5	12,0	10,4	9,5	67,6
	1996	0,3	10,9	9,4	11,7	67,7
	2002	0,1	11,5	9,1	9,2	70,1

Fonte: MEC/Inep.

Tabela 16 - Brasil – Região Sul – Estado do Rio Grande do Sul – Funções Docentes com formação Superior completa – Dependência Administrativa Pública – Ensino Médio

Abrangência Geográfica	Ano	Leciona no Ensino Médio
Brasil	1.999	252.459
Sul	1.999	47.195
Rio Grande do Sul	1.999	15.876
Brasil	2.006	384.611
Sul	2.006	64.514
Rio Grande do Sul	2.006	23.912

Fonte: MEC/INEP

Notas:

- 1) O mesmo docente pode atuar em mais de um nível/modalidade de ensino e em mais de um estabelecimento.
- 2) O mesmo docente de ensino fundamental pode atuar de 1ª a 4ª e de 5ª a 8ª série.

Apresentamos, na Tabela 17. e Tabela 18., o perfil dos estabelecimentos públicos de Ensino Médio. Observamos que houve evolução, no número de computadores, que em 1999 era de 8.415 para o Ensino Médio Público brasileiro e, em 2006 alcançou o número de 15.472, quase dobrando a oferta.

Tabela 17. Perfil dos estabelecimentos de ensino Médio Brasil – Região Sul – Rio Grande do Sul

Abrangência Geográfica	Ano	Escola com Biblioteca	Escolas com Lab de Informática	Escolas com Lab de Ciência	Escolas com Sala para TV/Vídeo	Escolas com Micro computadores
Brasil	1.999	9.758	4.072	4.912	6.479	8.415
Sul	1.999	2.109	973	1.568	1.268	2.096
Rio Grande do Sul	1.999	668	201	563	479	598
Brasil	2.006	10.822	9.560	6.715	8.506	15.472
Sul	2.006	2.659	1.661	2.083	1.705	2.779
Rio Grande do Sul	2.006	947	669	874	727	979

Fonte: MEC/INEP

Houve incremento, mas menos notado, no número de bibliotecas, laboratórios de ciências e salas com TV e vídeo. O número de laboratórios de informática também cresceu no período de 1999 a 2006, mas ainda é muito inferior ao número de escolas com computadores para efeito comparativo. Mas segundo os estudos do INEP sobre as condições de trabalho dos professores e das escolas, não relacionando apenas o Ensino Médio as carências

Em relação à infra-estrutura e aos recursos oferecidos pela escola, pode-se observar que esses variam bastante por rede e em nível regional. Enquanto 80% das funções docentes da rede privada atuam em escolas com biblioteca, na rede pública esse índice é de 55%. Com relação a laboratório de informática, a relação é de 64% *versus* 26%, relação similar no que se refere ao acesso à Internet. A desproporção de recursos mantém-se quando olhamos para a presença de laboratório de ciências: 46% na privada contra 20% na pública. Esses poucos indicadores deixam claro o quanto as condições que o professor encontra para realizar o seu ofício em uma escola pública são piores que aquelas encontradas na rede privada, muito embora essas últimas também deixem muito a desejar, assim como o fato de possuir um bem ou serviço não assegura a sua utilização já que é muito comum encontrarmos em escolas públicas ou privadas bibliotecas e laboratórios pouco utilizados (ESTATÍSTICAS DOS PROFESSORES NO BRASIL, INEP, 2003, p. 46).

Tabela 18 - Percentual de Funções Docentes segundo a infra-estrutura. Disponível na escola - 2002

Infra-estrutura Disponível	Brasil		Norte		Nordeste		Sudeste		Sul		Centro-Oeste	
	Pública	Privada	Pública	Privada	Pública	Privada	Pública	Privada	Pública	Privada	Pública	Privada
Biblioteca	54,9	79,7	42,2	71,5	33,7	75,4	65,4	81,9	78,5	82,5	54,9	78,6
Lab. de Informática	25,9	64,2	12,9	51,6	11,9	49,3	37,9	71,5	34,0	68,3	19,2	65,0
Lab. de Ciência	19,5	46,2	6,2	26,8	5,8	29,5	27,4	53,7	37,6	58,7	13,1	39,4
Quadra de Esportes	51,6	67,0	36,9	62,6	26,4	56,9	67,4	71,7	67,6	69,1	58,7	68,3
Sala para TV/Vídeo	37,5	63,2	28,8	52,3	25,0	51,5	47,8	69,2	43,8	69,1	32,5	57,6
TV/Vídeo/Parabólica	64,7	24,2	53,3	32,6	51,0	21,9	74,7	23,7	68,8	28,3	74,2	23,7
Microcomputadores	62,6	88,5	43,9	82,5	32,8	76,1	79,5	93,9	83,2	91,7	78,2	92,2
Acesso à Internet	27,0	65,9	6,8	55,8	10,2	45,1	49,1	75,3	20,5	72,3	18,2	67,2
Água	99,5	100,0	99,3	100,0	98,8	99,9	99,9	100,0	99,9	99,8	99,8	100,0
Energia Elétrica	96,4	100,0	86,9	99,8	93,0	99,9	99,5	100,0	99,7	100,0	98,6	100,0
Esgoto Sanitário	97,8	99,9	92,0	99,7	96,0	99,7	99,6	100,0	99,7	100,0	99,2	99,7
Sanitário Dentro ou Fora	95,6	97,7	92,6	96,5	93,1	97,2	97,1	98,0	97,9	98,0	96,5	97,6

Fonte: MEC/Inep.

Os estudos do INEP constituem-se num quadro demonstrativo, não apenas das estatísticas do desempenho da educação brasileira, mas em um completo relatório da desigualdade social, das discrepâncias regionais, do setor privado e público de educação. O acesso à educação de qualidade é um desafio do poder público para o desenvolvimento do país e formação dos seus cidadãos.

A escassez de recursos tecnológicos e humanos nas escolas, laboratórios de ciências e informática, bibliotecas são preocupantes, pois a permeabilidade da sociedade a uma matriz tecnológica cada vez mais complexa necessita de capacitação e educação científica e técnica para o desenvolvimento do país, e tendo em vista os dados do INEP os recursos investidos não se tem observado um retorno positivo de incremento qualitativo da educação brasileira nesta na última década.

2.6 SUBSÍDIOS PARA O ENSINO DE GENÉTICA

As dificuldades, no ensino de Genética, já foram apresentadas e com o intuito de proporcionar uma aprendizagem significativa, motivadora, arregimentamos recursos interativos em *sites* idôneos de universidades (UFRJ, UNESP, UFV, entre outras), revistas da área, que preocupados com os obstáculos dos aprendizes na aquisição do conhecimento genético desenvolveram propostas inovadoras para o aprendizado. Entre os recursos compilados para este fim podemos citar alguns envolvendo jogos, dramatização, vídeos entre outros recursos. As atividades envolvem a construção de jogos pelos alunos a partir de recursos simples como: cola, cartolina, canudinhos, sucatas entre outros. É possível trabalhar vários conteúdos de Genética, entre eles, a estrutura da molécula de DNA, conceitos de gene, alelo, locus gênico, entre outros. As estratégias encontradas são idéias para o aprendizado de Genética que podem ser reconstruídas e adaptadas de acordo com os objetivos estabelecidos pelo professor de acordo com o seu planejamento.

A busca de recursos foi realizada no *google* a partir das palavras chaves: genética, ensino, interatividade.

Pesquisamos também através do *google*, no dia 30 de setembro de 2007, algumas palavras referentes à presença do conhecimento genético na *internet* e encontramos um expressivo número de páginas eletrônicas destinadas a estes termos.

Possivelmente muitos destes *sites* contenham erros, falácias ou estejam associados a empresas que utilizam o conhecimento genético como *marketing*. Mas este simples exercício mostra que há vasta informação e exploração da Genética, que encontra importância na construção de uma alfabetização científica, que permita

o indivíduo orientar-se no contexto da sociedade da informação. As palavras utilizadas para a pesquisa e os respectivos resultados foram: transgênico 1.220.000, Clonagem 839.000, 229.000, DNA, Genoma 3.340.000, Eugenia, 13.600.000, bioética, 3.150.000 e teste de paternidade 218.000.

Destacamos que encontramos na revista *Genética na escola* da Sociedade Brasileira de Genética, nos seus dois primeiros volumes, lançados em 2006 e no primeiro volume de 2007 uma série de atividades práticas, que, com poucos recursos podem contribuir de forma significativa para qualificação do ensino. No departamento de genética, do instituto de genética da UFRJ também encontramos alternativas didáticas de ensino e aprendizagem sobre vários tópicos de Genética estudados no ensino médio.

Para Justiniano (2006, p. 51) por meio de atividades lúdicas pedagógicas é possível desenvolver o senso de organização, o espírito crítico e competitivo, o respeito mútuo e a aprendizagem de conteúdos com maior facilidade. A utilização de jogos como ferramenta pedagógica é uma forte alternativa para auxiliar a abordagem em sala de aula de diversos assuntos às vezes abstratos e não deve ser descartada como uma opção motivadora para o ensino de Genética.

Para exemplificar o material encontrado organizamos um quadro de atividades (Figura 1) a partir de algumas das estratégias, entre muitas que encontramos, para o ensino de Genética. Salientamos que foi frutífera a busca de alternativas para facilitar a compreensão do conhecimento genético, no entanto, não encontramos significativamente números de artigos avaliando o uso dessas alternativas em sala de aula. O quadro apresenta jogos, filmes e outras propostas didáticas para o ensino de Genética. Fizemos uma breve descrição das propostas, citamos o autor e o endereço eletrônico para o acesso. O critério para a inclusão das propostas, nos quadros elaborados, foi a factibilidade e a idoneidade da fonte das atividades propostas.

Proposta de Atividades			
Autor da proposta	Título	Descrição dos autores	Endereço eletrônico
(PAVAN et al.,1998)	<i>Evoluindo Genética: Um jogo Educativo</i>	Evoluindo a genética é um jogo de tabuleiro com perguntas e respostas. O objetivo do jogo é caminhar pelas bases nitrogenadas de um RNA, com pinos e dados, respondendo corretamente as perguntas. O jogo é destinado para estudantes do Ensino Fundamental, Médio e Superior, não é simplesmente uma coletânea de perguntas e respostas. Não pode ser caracterizado como uma atividade final, mas um estímulo para pesquisar e aprender de forma estimulante.	www.editora.unicamp.br
(RAMALHO et al., 2006)	<i>Ajudando a fixar os conceitos de genética (Dominó)</i>	Este jogo é semelhante a um dominó que ao invés de possuir números, suas peças são compostas por perguntas e respostas de genética. Os participantes do jogo deverão procurar as peças que correspondem à pergunta ou a resposta.	www.sbg.org.br
(RAMALHO et al., 2006)	<i>Ajudando a fixar os conceitos de genética (Baralho)</i>	Este jogo envolve a construção de um baralho de perguntas e outro de respostas de genética. O baralho de resposta deve ser dividido entre os participantes. Uma pessoa que não esteja participando do jogo fica com as cartas de perguntas, essa pessoa deve ler a pergunta em voz alta para que o participante que tiver a resposta que forme o par. O responsável pelo baralho de perguntas tem um “tira dúvidas” para conferir se a resposta está certa. Quem acertar mais respostas vence o jogo.	www.sbg.org.br

Figura 1 - Quadro de atividades.

Proposta de Atividades			
Autor da proposta	Título	Descrição dos autores	Endereço eletrônico
(JUSTINIANO, et al., 2006)	<i>Genética revisando e fixando conceitos (Jogo da memória)</i>	Proposta de construção de um jogo da memória. Podem participar cinco alunos, quatro jogam e o quinto fica com um cartão com as perguntas e respostas que será o avaliador. Os cartões são virados e embaralhados sobre a mesa. O primeiro jogador vira um cartão e tenta achar o seu significado, se encontrar o significado correto, vira outro cartão, não encontrando aguarda a sua próxima vez. A turma e o avaliador discutem sobre os acertos e erros ocorridos durante o jogo. Vence quem no final apresentar o maior número de pares com perguntas e conceitos correspondentes corretos.	www.sbg.org.br
(MASUDA, et al., 2005)	<i>Bingo dos tipos Sangüíneos</i>	Este jogo leva a refletir sobre as proporções esperadas e observadas em cruzamento genéticos, usando o sistema ABO. Auxilia o aluno reconhecer que na determinação dos fenótipos sangüíneos humanos do sistema ABO atuam, pelo menos três alelos diferentes, mas em cada indivíduo existirão apenas dois. Os alunos deverão organizar um bingo onde sortearão os possíveis genótipos sangüíneos utilizando bolas de isopor coloridas e saquinhos de TNT, representando as gônadas masculinas e femininas e problemas envolvendo a herança do sistema ABO. A atividade ajuda a entender a frequência obtida e comparar com a frequência esperada dos alelos.	www.ufrj.br
(SOUSA et al, 2006)	<i>Maneira Lúdica de se entender a deriva alélica</i>	Esta é uma proposta para mostrar como ocorre a frequência dos alelos de um mesmo gene durante as gerações. Esta proposta visa mostrar que a evolução é aleatória e acontece por acaso. Cada participante do jogo é representado por um alelo entre cinco variantes de um mesmo gene que tem que contar com a sorte para chegar até a décima geração que significa o fim do jogo.	www.sbg.org.br

Figura 1 - continuação – quadro de atividades.

Proposta de Atividades			
Autor da proposta	Título	Descrição dos autores	Endereço eletrônico
(SOARES; PINTO; ROCHA, 2005)	<i>Cada locus por si mesmo: por onde andam estes genes</i>	Proposta de atividade didática simples e barata que permite trabalhar os conceitos relacionados à estrutura e dinâmica celular dos cromossomos durante o ciclo celular. São utilizados principalmente palitos de churrasco, canudinhos coloridos. Canudinhos coloridos são introduzidos nos palito representado os alelos. É possível trabalhar os conceitos de locus gênico, cromossomos homólogos, heterozigose, variação posicional do centrômero (cromossomo metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico), relacionar os alelos de um gene e as letras dos cruzamentos em Genética.	www.ufrj.br
(SALIM, et al., 2007)	<i>O baralho como ferramenta no ensino de genética</i>	Atividade usando um baralho de cartas convencionais para representar o ciclo celular. Proporciona o entendimento dos conteúdos de Meiose, mitose.	www.sbg.org.br
(SEPEL; LORETO, 2007)	<i>Estrutura do DNA em origami – possibilidades didáticas</i>	Proposta de um modelo didático através da construção de um origami que através da manipulação tridimensional facilita a aprendizagem das estruturas que compõem a molécula do DNA. Proporciona que o aluno compreenda o antiparelismo das fitas do DNA, a existência dos sulcos e as possibilidades de mudanças relacionadas com a torção da molécula.	www.sbg.org.br www.dnai.org http://www.odnavaiaescola.com

Figura 1. continuação – quadro de atividades.

Propostas de Atividades			
Autor da proposta	Título	Descrição dos autores	Endereço eletrônico
O DNA vai à escola	<i>Extração de DNA de bife de fígado</i>	O objetivo desta atividade está em extrair DNA a partir de um pedaço de bife de fígado. (Anexo 10.)	http://www.odnaviaiescola.com/bifedefigado.html
(LIMA, et al., 2005)	<i>Estrutura de uma molécula de DNA</i>	Construção de um modelo tridimensional do DNA com sucatas. Proporciona compreender a estrutura tridimensional do DNA, os nucleotídeos e seus componentes, açúcar, fosfato e base nitrogenada.	www.ufrj.br
(MELLO;CORTELAZZO, 2006)	<i>Uma proposta de dramatização como complemento didático para o estudo de cromossomo e cromatina</i>	Proposta de apresentação teatral que visa à compreensão e fixação de conhecimentos sobre os componentes da cromatina e seus níveis crescentes de organização e de suas funcionalidades.	www.sbg.org.br
Dolan DNA Learning Center	<i>O DNA desde o começo</i>	Recurso multimídia sobre As bases do DNA, da genética e da hereditariedade, assim como a história do nascimento e do desenvolvimento desta ciência são explicados através de conceitos, animações, problemas, galeria de fotos, cartas, documentos, biografias e bibliografias.	http://www.dnalc.org/home_alternate.html
Universidade Federal de Viçosa	<i>GBOL (Genética Básica On Line)</i>	O GBOL é um programa de genética <i>on-line</i> dirigidos a alunos de graduação de áreas que envolvam o conhecimento genético. Pode ser utilizado pelo professor de ensino médio, fundamental, como ferramenta de atualização. Está disponível livremente para <i>download</i> .	http://www.ufv.br/dbg/gbolhtm/gbol0.htm

Figura 1. continuação – Quadro de atividade.

Proposta de Atividades			
Autores dos Vídeos	Título	Descrição	Endereço eletrônico
Projeto Genoma	<i>Projeto Genoma Humano</i>	Dois Vídeos de divulgação sobre o projeto genoma humano. O primeiro traz animações sobre a molécula do DNA e o processo de síntese protéica. O segundo vídeo faz considerações éticas sobre o projeto genoma e a informação genética.	http://www.odnavaiaescola.com/projetogenoma.htm
TVE – Brasil	<i>Repórter eco Projeto Genográfico</i>	Vídeo sobre o projeto DNA mundial que visou desvendar as migrações da humanidade por exames de DNA. O projeto genográfico foi liderado pela IBM, nationalgeograf e institutos de pesquisas, estudou o DNA mitocondrial de povos nativos dos cinco continentes e construiu mapas interativos das migrações. O Vídeo é uma oportunidade para discutir com os alunos conceitos como o de raça e questões éticas.	http://www.icb.ufmg.br/lbem/projetos/genographic/20050522-reportereco.wmv

Figura 1 - continuação – Quadro de atividade.

2.6.1 Um Breve Histórico da Genética

Esta abordagem histórica sobre a evolução do conhecimento genético, pois a história das ciências pode constituir-se numa alternativa para o ensino. Essa breve revisão de literatura, construída a partir da consulta em livros técnicos de Ciências Biológicas, narra a história da Genética e mostra um pouco da postura histórica referida por Leite (2004).

A genética desenvolveu-se como ciência no início do século XIX, nasceu a partir dos estudos da herança mendeliana e veio a se tornar proeminente, no século XX, com o desenvolvimento da construção do conceito de gene, a teoria cromossômica e a descoberta que o DNA é o material genético. A palavra genética só foi cunhada, em 1905 pelo inglês William Bateson a partir da palavra grega *gígnomai* que significa gerar. (GARDNER, 1986, p. 4).

Uma definição simplificada sobre o que é a ciência genética é referida por Burns (1991), *“como o estudo de dois tópicos principais, herança e variação. A herança é a causa das semelhanças entre os indivíduos. A variação é a causa da diferença entre os indivíduos aparentados. Além de buscar entender a variação das formas de vida como um todo.”*

O interesse sobre a herança biológica é datado cerca de 5000 anos atrás, quando características de animais e vegetais de interesse econômico eram selecionadas. Mendel é referido com unanimidade como quem primeiro delineou as bases da herança biológica e sistematizou os pressupostos que vieram a constituírem-se os alicerces da Genética moderna. Os estudos de Mendel têm o seu início na consideração de pesquisas realizadas pelo botânico alemão Gottlieb Kölreuter que já havia demonstrado através de estudos realizados com o cruzamento recíproco entre plantas que ambos os pais contribuem igualmente para as características herdadas pelos seus descendentes (PURVES et al. 2007, p. 176-197).

As idéias pré-mendelianas de herança biológica contribuíam para a construção do conceito de mistura, de acordo com este conceito, uma vez combinado os

elementos da hereditariedade eles não poderiam ser separados novamente. As unidades de hereditariedade só foram propostas por Mendel um século após a conclusão dos trabalhos de Gottlieb Kölreuter completar o seu trabalho (PURVES et al., 2007, p. 176-197). É comum os livros atribuírem a biografia de Mendel a sua pouca expressão como estudante de Biologia, mas ressaltar as suas habilidades como matemático. Em 1850, Mendel não foi aprovado em um exame para obter o certificado de professor em ciências naturais (GARDNER, 1986).

A teoria mendeliana foi ignorada por cerca de quarenta anos, pois os biólogos de sua época, inclusive Darwin que havia feito estudos parecidos, não possuíam o hábito de pensar em termos matemáticos. Os resultados de Mendel só foram ganhar credibilidade, em 1900, após experimentos independentes realizados por três geneticistas vegetais: o holandês Hugo de Vries, o alemão Karl Correns e o austríaco Eric Von Tschermak. Cada um desses cientistas realizou experimento de cruzamentos e obteve dados quantitativos sobre a progênie, logo após, cada um publicou sua descoberta, todos citando os manuscritos de Mendel de 1866 (PURVES et al., 2007, p. 176-197).

Os estudos sobre genética continuaram e tiveram importantes descobertas entre o início e meados do século XX, impulsionaram o grande desenvolvimento desta ciência no século XXI. As contribuições de muitos outros pesquisadores ajudaram à construção de um melhor entendimento da herança biológica proposta pelas pesquisas de Mendel e a partir de contribuições da Física e da Bioquímica veio a desenvolverem-se as bases da Biologia Molecular e Engenharia Genética.

Entre outros cientistas que contribuíram para o avanço da genética estão: G. H. Sull através dos estudos de hibridização em plantações de milho. Sull estudou o vigor do híbrido, Thomas Morgan e seus colaboradores propuseram os modelos de ligação gênica, Frederick Griffith em 1920 os princípios do DNA transformador. Os estudos genéticos desde então evoluíram para compreender o local e a estrutura responsável pela informação genética, após o trabalho publicado por em 1952, por Alfred D. Hershey e Martha o qual demonstrou que o DNA de vírus era transferido para bactérias. Este estudo serviu para que os cientistas concordassem que o DNA é o material genético. Os estudos que seguiram desejaram, então, saber sobre a estrutura química precisa do DNA. E foi finalmente, em 1953 Watson e Crick propuseram o modelo de dupla hélice ou dupla fita do DNA. (PURVES et al., 2007, p. 176-197).

A história da genética continua sendo escrita. O projeto genoma, as células tronco, os exames de DNA, as pesquisas em terapias gênicas e o projeto *Genoma Humano* são exemplos do desenvolvimento do conhecimento genético aplicado e da importância que vem adquirindo em nossas vidas.

2.6.2 Temas atuais para o ensino de Genética

Neste capítulo trazemos as definições de alguns conceitos que são polêmicas referentes à Genética e importante de serem abordadas.

A necessidade em abordar estes conceitos além da polêmica e exposição na mídia, pois os Biólogos podem contribuir para equívocos sobre a genética falando numa linguagem cifrada e usando jargões próprios que são facilmente mal-interpretados por aqueles que não estão familiarizados com o conhecimento biológico, como, por exemplo, *os genes fazem proteínas*. Os genes não fazem proteínas, os genes contêm as informações para fazer proteínas. Há muito medo, equívocos e conceitos errôneos sobre a biotecnologia (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 75). Pelos motivos expostos exemplificamos alguns conceitos de Genética e Biologia Molecular que possibilitam sinteticamente uma compreensão de temas como clonagem, células troco, *projeto genoma humano*, transgênicos, entre outros.

2.6.3 O projeto genoma humano

Antes de abordar diretamente aspectos sobre o *Projeto Genoma Humano* é necessário fazermos uma introdução de conceitos que ajudam a compreender melhor este tema.

O genoma em termos biológicos é o conjunto de todo o material genético que define um ser vivo. O material genético contém todas as informações para gerar um organismo e determinar as suas características. As biomoléculas que representam o material genético são o DNA e mais raramente o RNA (SOUSA et al., 2001, p. 25).

“O DNA (ácido desoxirribonucléico) é o material fundamental da hereditariedade. Em eucariotos, está armazenado primeiramente no núcleo da célula. Utiliza-se de uma Desoxirribose no lugar de uma ribose” (PURVES et al., 2007, p. 1061)

“O RNA (ácido ribonucléico) é um ácido nucléico que utiliza uma ribose e está presente na tradução e transcrição da informação genética. O RNA serve também de material genético de alguns vírus.” (PURVES et al., 2007, p. 7078).

Foi a partir da proposta do modelo do DNA construí-se o dogma central da biologia molecular. A informação flui do DNA através do RNA. A informação do DNA está em seqüências lineares de nucleotídeos representados por um alfabeto de quatro letras A (adenina), C (citosina), G (guanina), T (timina). Assim como a informação de um texto está codificada através da combinação de um conjunto de letras. A informação constante no DNA é traduzida para a linguagem de proteína, a qual é composta por diferentes caracteres, os aminoácidos. Esta tradução é feita pelo RNA, o qual como o DNA é composto por uma seqüência de nucleotídeos (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 74).

O projeto *Genoma Humano* definiu como metas principais a serem alcançadas, desenvolver mapas detalhados do genoma humano e determinar seqüências completas dos nucleotídeos para estabelecer a seqüência dos genes nos cromossomos. A decodificação do genoma humano permite fazer o diagnóstico e prognóstico das doenças genéticas, mas não necessariamente o tratamento da mesma (MENEGOTTO, 2002, p. 35).

Estes dados são considerados importantes, pois através deles procura-se isolar genes responsáveis por doenças humanas. Hoje, a maioria das doenças genéticas é tratada sintomaticamente, mas à medida que mais conhecimento é acumulado, tratamentos específicos são idealizados. O resultado final de todo este conhecimento do *Genoma Humano* pode levar a uma nova abordagem para o procedimento médico, no qual genes de cada pessoa serão usados para prescrever estilos de vida e tratamento que são capazes de maximizar o potencial genético do indivíduo (PURVES et al., 2007, p. 350 - 351).

2.6.4 Organismos Transgênicos

Organismos transgênicos podem ser definidos como aqueles que contêm DNA recombinante incorporado ao seu material genético. Este processo é feito através de técnicas de engenharia genética (PURVES et al., 2007, p. 351).

Os biólogos moleculares desenvolveram técnicas de transferirem genes de outras espécies para as células vegetais. Os processos de hibridização ocorrem naturalmente durante o processo evolutivo, de modo análogo, o melhorista vegetal tem utilizado dessas técnicas para recombinar o material genético com o objetivo de desenvolver plantas agrícolas com características melhoradas (RAVEN, 1996, p. 810).

A maioria dos alimentos que consumimos é alterada geneticamente, com exceção de organismos não domesticados, como peixes selvagens que pescamos. Nenhum dos nossos alimentos escapou da modificação genética por cruzamento seletivo. Assim, a preocupação exagerada sobre a segurança dos alimentos geneticamente modificados não tem sentido em relação aos nossos alimentos atuais. Temos nos alimentado de plantas inseto-resistente, doenças-resistentes e herbicidas tolerantes durante décadas. Uma preocupação pública reside no fato da existência de alimentos alergênicos a uma parcela reduzida da população (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 53).

O que é novo a respeito da engenharia genética é a possibilidade que genes específicos sejam inseridos nos organismo de modo, ao mesmo tempo, preciso e simples. Portanto, características de interesse podem ser enfatizadas diretamente, com uma necessidade muito menor de retro cruzamentos e a seleção de progênies que eram necessárias nos processo tradicionais de hibridização (RAVEN, 1996, p. 810).

2.6.5 Clonagem

Os clones são definidos como o conjunto de células ou conjunto de indivíduos que conte com o material genético idêntico da célula que lhes deu origem. São resultantes de um processo de reprodução assexuada (MENEGOTTO, 2002, p. 29).

O clone mais popular da história foi a ovelha Dolly. Este processo de clonagem foi realizado através de uma célula mamária, cujo núcleo foi obtido e introduzido num óvulo anucleado. Os cientistas removeram 277 células do úbere de uma ovelha adulta e então fundiram estas células com 277 células de ovócitos não fecundados cujo material nuclear tinha sido removido. Depois de cultivar os embriões resultantes durante seis dias, os cientistas implantaram os 29 embriões que se desenvolveram normalmente em mães de aluguel. Aproximadamente cinco meses depois, somente um produziu um cordeiro vivo, a ovelha Dolly (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 61). Por este exemplo podemos ver que o processo de clonagem de mamíferos não é uma experiência simples.

A polêmica da clonagem da ovelha Dolly reside no fato de ter sido, o primeiro, clone de um mamífero a partir de uma célula animal adulta. Entretanto, há aproximadamente trinta anos, já havia uma experiência como uma rã clonada (MENEGOTTO, 2002, p. 33).

O clone de um mamífero, como o da ovelha Dolly, não é uma cópia exata do organismo que lhe serviu de fonte como material genético, pois existem influências ambientais, inclusive, o ambiente uterino durante a gestação em mamíferos, que influenciam no organismo resultante. Assumir que clones são organismos idênticos é ignorar o componente “modo de criação” da equação natureza + criação = organismo (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 61).

O avanço científico que se perdeu atrás da grande publicidade da experiência de clonagem da ovelha Dolly, foi o fato da possibilidade de desespecialização do material genético, que havia sido comprometido com uma função especializada e sua reprogramação final em material genético embrionário, capaz de levar o desenvolvimento de um organismo completo. Anteriormente os cientistas pensavam que as células contendo material genético adulto não poderiam dar origem a organismos completos, pois acreditavam que, quando certas regiões do DNA das

células são “desligadas” durante a especialização celular, elas não poderiam ser religadas (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 61).

Alguns benefícios da clonagem animal seriam: o entendimento do processo de ligamento e desligamento dos genes, utilizando animais geneticamente idêntico os cientistas poderiam ter respostas mais rápidas sobre os seu experimentos, as melhorias nos rebanhos poderiam ser incorporadas mais rapidamente, a clonagem de animais poderia ajudar salvar espécies em extinção, uma forma alternativa e mais eficiente de produzir animais transgênicos que poderiam ser utilizados na produção de proteínas terapêuticas humanas ou de órgão para serem transplantados, entre outras (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 62).

A polêmica central sobre a clonagem refere-se ao uso desta tecnologia para fins reprodutivos em seres humanos. Ainda não sabemos se a clonagem de humanos a partir de células diferenciadas é possível, assumindo os problemas da clonagem referentes aos do clone da ovelha Dolly, poucos embriões sobreviveriam e aqueles embriões que sobrevivessem poderiam apresentar telômeros encurtados e mutações induzidas pelo ambiente, podendo apresentar os mesmos riscos das ovelhas clonadas. Além desses fatores seria ético fazer experiências semelhantes a realizada com ovelhas em mulheres para determinar se os riscos da clonagem em humanos é significativo? (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 62).

As maiores possibilidades para o uso mais aceitável da clonagem não se trata da clonagem de um embrião humano, mas clonar células humanas em meios de cultura. Isto envolve o uso das técnicas de clonagem para produção de células destinada à terapia celular, ou engenharia de tecidos. A vantagem seria, se o núcleo inserido na célula ovo for do receptor das novas células ou tecidos, as células seriam geneticamente idênticas (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 62).

2.6.6 Células-tronco

Células-tronco são células indiferenciadas com a capacidade de multiplicação prolongada ou ilimitada, capazes de produzir pelo menos um tipo de célula diferenciada. Podem ser classificadas em adultas ou embrionárias. E também segundo a sua capacidade de gerar novos tipos celulares em ordem decrescente: totipotente, pluripote e multipotente (MINGRONI-NETTO; DESSEN, 2006, p. 12)

As células tronco podem se extraídas principalmente da medula óssea, do cordão umbilical e de embriões. Os embriões humanos, nos primeiros dias, são formados principalmente de células-tronco totipotentes, como são fáceis de extraí-las devido a sua abundância e o grande potencial de diferenciação, os cientistas preferem trabalhar com células-tronco embrionária. A controvérsia reside no fato que por atingir os embriões, e conseqüentemente, comprometer a inviolabilidade da vida (MENEGOTTO, 2002, p. 31).

A metodologia de obtenção das células-tronco humana envolve a retirada das mesmas após a fecundação num período de cinco dias aproximadamente. Neste período as células se dividem até formação do blastocisto, uma estrutura esférica e oca, de aproximadamente 140 células. Os blastocistos são formados por uma camada exterior de células chamada trofoblasto e uma massa celular interna (botão embrionário ou embrioblasto). As células do trofoblasto se dividem em tecido da placenta, enquanto a massa celular interna é formada pelas células que se dividirão e desenvolverão o indivíduo (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 58-59).

Virtualmente as células-trocós embrionárias são capazes de originar qualquer tipo de célula. Esta maleabilidade permite abrir a possibilidade de utilizá-las terapeuticamente. Por exemplo, se desenvolvemos a habilidade de controlar a diferenciação das células-tronco embrionária de humanos, seremos capazes de produzir células para o tratamento de diabetes, doença de Parkison e doenças cardíacas entre outras (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 23).

No Brasil, o projeto da lei de Biossegurança aprovado, em 2005, autoriza e regulamenta as pesquisas com células-tronco embrionárias obtidas a partir do processo de fertilização *in vitro*, desde que os embriões estejam congelados há pelo menos três anos e haja consentimento dos casais doadores (MINGRONI-NETTO; DESSEN, 2006, p. 12).

2.6.7 Questões éticas e sociais

As razões que levam os cientistas a estudarem biotecnologia são óbvias, pois geram muitos empregos. Mas por que alguém deve preocupar-se em aprender ciência e tecnologia? Em suma porque, nossas vidas têm sido e continuarão sendo influenciadas pela ciência e tecnologia. A ciência e a tecnologia permeiam nossas vidas, bem como o nosso relacionamento com relação à natureza (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 279).

As inovações tecnológicas são desenvolvidas para solucionar problemas específicos, mas freqüentemente abrem portas para outras inovações ou aplicações, a tecnologia neste sentido pode ser usada para o bem ou para o mal da humanidade e do planeta Terra. Não é exclusividade da biotecnologia, podemos citar o uso da energia nuclear como exemplo (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 279).

A tecnologia do DNA recombinante começou a gerar uma grande discussão sobre as suas possíveis utilizações, desde a produção de organismos transgênicos até terapia gênica. A discussão do desenvolvimento da biotecnologia é saudável e preciso. As sociedades preocupam-se através dos tempos com as mesmas questões de diferentes formas, desde que o homem começou a fabricar instrumentos rústicos de pedra. As sociedades democráticas têm dado aos cidadãos os poder de tomar decisões como empregar a tecnologia, por este motivo devemos esclarecer, informar, educar a sociedade para tomar decisões éticas e responsáveis no emprego tecnológico (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 279).

O que a maioria das pessoas não sabe é que a ciência é influenciada por fatores sociais, econômicos, culturais e políticos. As pessoas vêem a ciência como a busca da verdade. Utilizando um método científico da observação, da sistemática, da construção de hipóteses. Mas os cientistas e a forma como vêem o mundo são produto dos valores da sociedade, pois foram educados nesta sociedade. O método científico não consegue isolar o cientista do contexto social. Portanto mesmo que a metodologia de pesquisa seja objetiva, as perguntas e os resultados não estarão livres de valores sociais (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 282).

Devido à extraordinária proporção com que nosso ambiente e nós mesmos somos moldados pela tecnologia, às pessoas devem compreender a ciência e as relações em nossas vidas. Mesmo que a investigação científica seja de domínio de

poucos indivíduos da sociedade, todos os cidadãos devem estar preparados para refletir sobre questões sociais levantadas pela ciência e por suas tecnologia decorrentes. Na ausência de uma crítica, de pessoas interessadas, o cenário é estabelecido por um grupo pequeno de indivíduos, que tomam decisões sobre as pesquisas científicas e o futuro da sociedade (KREUZER; MASSEY, 2002, p. 282).

O que deveríamos fazer em resposta à biotecnologia, que no futuro combinará grandes benefícios potenciais com ameaças que são tanto físicas e manifestas como espirituais? A resposta é óbvia: *deveríamos usar o poder do Estado para regulá-la*. E se essa regulação se provar além da capacidade de um Estado-nação, deverá ser feita em bases internacionais. Precisamos começar a pensar concretamente sobre como estabelecer instituições que possam discriminar entre bons e maus usos da tecnologia e aplicar essas normas internacionalmente. Esta resposta óbvia não é óbvia para muitos que participam dos debates em biotecnologia. As discussões permanecem atoladas num nível relativamente abstrato, tratando da ética de procedimentos como a clonagem ou a pesquisa da célula-tronco, e divididas em um campo que gostaria de permitir tudo e outro que gostaria de proibir tudo amplas áreas de pesquisa e prática. Como parece muito improvável que venhamos permitir tudo ou proibir tudo, precisamos criar um meio termo (FUKUYMA, 2003, p.24).

A Genética não deve ser vista de acordo com o *status* que assumiu na atualidade de “bola de cristal”. O poder de cura ainda é muito pequeno, mas a sua capacidade de fazer diagnósticos e previsões é imenso. Isso é assustador em uma sociedade que confia quase que de “olhos vendados” na ciência e cujo desejo de seres humanos “perfeitos” é muito forte (OLIVEIRA, 1997, p. 63). O perigo encontra-se no fato de que o conceito de perfeição é subjetivo e depende da cultura e da visão de mundo de quem o define (OLIVEIRA, 1997, p. 64). Nos dias atuais há uma pressão muito forte no sentido de se encarar a Genética como o único caminho que responderá e desvendará os mistérios da vida. São positivos os avanços da genética que nos permitem identificar com maior clareza a predisposição biológica as doenças. Mas o controle social ético sobre a ciência deve ser discutido por toda a sociedade e não apenas por alguns especialistas, pois estamos diante de um biopoder capaz de construir um futuro completamente desconhecido e incerto para nós. O direito de decidir sobre a atividade científica e os produtos da ciência não compete apenas aos governos e a comunidade científica. A população de cada país precisa ser informada e ouvida para a tomada de decisões (OLIVEIRA, 1997, p.

111). No contexto tecnológica apresentado e diante de tantas questões sociais e ética envolvidas na produção e aplicação do conhecimento científico, principalmente os influenciados pela biotecnologia, há única possibilidade de construção de uma sociedade democrática, dotada de equidade social reside na construção de mecanismos que proporcionem o exercício da cidadania plena a partir de uma educação pública eficiente, que o papel do Estado como regulador da sociedade e a escola como aparelho ideológico proporcione ao cidadão ferramentas intelectuais, conceituais sólidas para relacionar-se de forma crítica e participativa com as constantes e inevitáveis mudanças proporcionadas pela evolução tecnológica e científica.

3. METODOLOGIA, ANÁLISE DE DADOS E LIMITAÇÃO DA PESQUISA

A metodologia de pesquisa adotada foi uma abordagem qualitativa, descritiva e interpretativa segundo (MORAES; GALIAZZI, 2007), que corresponde a um estudo de caso sobre o ensino de Genética. Optou-se por essa metodologia de pesquisa, pois o pesquisador não estava no exercício da função docente e contatou-se, após algumas tentativas do pesquisador implementar a proposta, que não possuía a experiência profissional necessária, além de não encontrar auxílio e interesse de outros docentes em utilizar os materiais organizados para o ensino de Genética.

A prática pedagógica da professora entrevistada mostrou-se condizente ao seu discurso, na entrevista, porém foram observadas poucas aulas e a presença do pesquisador em sala de aula pode ter influenciado no comportamento dos alunos e da professora. Os recursos didáticos utilizados pela docente, entre eles alguns dos compilados pelo pesquisador, mostraram-se positivos para a aprendizagem de Genética, mas apesar desse resultado, não pode inferir-se que em outras turmas, outras realidades educacionais sobre o resultado, mas acredita-se que com adaptação e criatividade o professor ao utilizar-se desses métodos interativos de aprendizagem pode contribuir para o ensino de Biologia.

3.1 OS SUJEITOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Os sujeitos participantes dessa pesquisa foram uma professora, licenciada em Biologia e Mestre em educação em Ciências e Matemática, que leciona na rede privada de Porto Alegre e alunos concluintes do Ensino Médio. A escolha desta professora ocorreu pela sua prática didática, quanto ao uso de metodologias que privilegiam o uso de recursos alternativos e, no momento, estar trabalhando com os conteúdos de Genética a partir de metodologias interativas.

3.1.1 Procedimentos para coleta de dados

Os dados deste trabalho foram obtidos a partir de uma entrevista semi-estruturada que teve a duração de aproximadamente 47 minutos com a professora recém citada. Nessa entrevista, inicialmente, sugerimos que ela falasse de forma livre sobre as principais dificuldades encontradas no ensino de Genética. Posteriormente, foram feitas algumas perguntas mais específicas sobre o tema de forma dialogada.

A coleta de dados também envolveu a observação de três aulas, não consecutivas, nas quais foram analisadas a relação do professor com os alunos quanto à discussão de conceitos e propostas de realização de exercícios.

3.1.2 Metodologia de análise

A entrevista realizada com a professora, os diálogos, atitudes observadas, exercícios, (anexo, 1, 2, 3, 4, 5, 6) foram discutidos a partir de uma análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2007) sendo os diálogos observados, em sala de aula e a entrevista categorizadas e interpretadas de acordo com fundamentação teórica.

3.1.3 A professora entrevistada e as características da escola em que leciona

A professora entrevistada é Licenciada em Ciências Biológicas e Mestre em Educação em Ciências e Matemática. Exerce sua função docente na rede privada da educação básica. É importante salientar a formação da professora em questão, pois segundo a exposição feita dos dados do INEP, é significativa a carência de professores habilitados para lecionarem as disciplinas científicas, entre elas, a Biologia, além de poucos docentes apresentarem formação de pós-graduação.

A escola onde se realizou a pesquisa é uma instituição privada de Ensino Fundamental e Médio localizada em um bairro de classe média alta no município de Porto Alegre. Apresenta características diferenciadas da realidade educacional brasileira que foi exposta nos dados do INEP, pois as turmas são compostas por cerca de vinte cinco alunos, existem laboratórios de informática, biblioteca, quadra de esporte, aulas de reforço em turno contrário, entre outros aspectos diferenciais.

3.1.4 Análise da entrevista comentada conforme referencial teórico

Fala Livre

“Em primeiro lugar, eu acho que para trabalhar qualquer área da Biologia, não só a Genética, é fundamental o professor mostrar o interesse pela matéria. O professor tem que mostrar que o conteúdo não é complicado. Eu acho que esse seria o principal fator. É importantíssimo que se desmascarem certos preconceitos, pois o aluno do terceiro ano do Ensino Médio, que trabalha com a Genética já ouviu falar mal da Genética. A primeira coisa que eu procuro fazer é mostrar que o próprio aluno é um exemplo claro da Genética, que ele, os pais, os irmão, o cachorrinho, enfim todos nós somos exemplos vivos da Genética.”

“A partir disso eu mostro a importância do estudo da Genética. Eu gosto antes de iniciar qualquer assunto sobre essa área saber da base e acredito que a dificuldade não venha da Genética, mas sim de outras áreas da Biologia, por exemplo, entender como é a estrutura do DNA, acho que lá no primeiro ano do Ensino Médio os alunos já buscam situações. É muito complicado explicar a duplicação do DNA, como ocorre a transcrição, como é a replicação. Os alunos perguntam: bases nitrogenadas, o que é isso? Então, se no primeiro ano do Ensino Médio não teve um bom entendimento, um bom embasamento, o aluno traz deficiências para o segundo ano do Ensino Médio, para o terceiro ano do Ensino Médio, e vai achar muito mais difícil trabalhar com os conteúdos de Genética. As dificuldades não estão na Genética, em si, mas, na minha concepção, em trabalhar bem o embasamento anterior”.

O início da fala da professora já apresenta uma série de elementos que vão ao encontro de pressupostos como questões epistemológicas tratadas por Laudan, na sua visão de ciência como resolução de problemas, na medida em que o conhecimento científico só terá significado quando partir de uma questão que suscite interesse por sua resolução. A aprendizagem por resolução de problemas é um processo de interação do sujeito com o seu meio (físico e social) no qual o aluno adquire novas estruturas cognitivas ou altera as que já possui, tem a oportunidade de formular e contrapor hipóteses (LAUDAN, 1986).

A teoria dos campos conceituais de Vergnaud (1993) também é coerente com essa visão, mas enfatizando a relevância da conceitualização, desde as concepções

prévias, sem a consideração das quais é muito difícil construir uma aprendizagem significativa (AUSUBEL; HANESIAN.; NOVAK, 1980) e a necessidade de integração do conhecimento adquirido ao longo do tempo para ampliar o domínio do campo conceitual. A referência ao interesse do professor pela matéria, complementada com o interesse do aluno, deixa claro a relação da necessidade de motivação para a efetivação dos processos de ensino e de aprendizagem. Quando a professora aborda a necessidade de saber a base de conhecimento do aluno, pode-se ancorar na perspectiva de Vergnaud com relação à explicitação dos conhecimentos-em-ação dos estudantes para avaliar a aprendizagem.

Outro elemento importante presente na entrevista é a referência à construção de situações pelo professor; segundo a TCC (*Teoria dos Campos Conceituais*), são que atuam como significantes, são elas que dão significado aos conteúdos.

Em continuação à entrevista, foram formuladas algumas perguntas (P) à professora.

P.1 Na sua opinião, a base conceitual da Biologia, que envolve os conteúdos de Genética e, geralmente, trabalhada no primeiro ano do Ensino Médio, não fica clara para os alunos?

R.1 “Eu acho que sim. A base conceitual não estaria clara no primeiro ano do Ensino Médio. Quando os alunos conhecem a estrutura do DNA de forma mais aprofundada. Muitas vezes a maioria dos alunos tiveram aula de quadro e giz que passa como aula dada e registrada, mas o assunto não foi compreendido. Por isso eu acho importante que o professor que, vai trabalhar genética dedique um tempo da sua aula para resgate dos conteúdos.”

Na resposta à primeira pergunta, é relatada uma dificuldade conceitual. Os alunos, segundo a professora, têm dificuldade em conceitos, principalmente nos conteúdos da Biologia moderna, a Biologia molecular. Para Vergnaud (1993), a aprendizagem envolve a construção de um campo conceitual e neste sentido para a professora alguns conceitos importantes, como a estrutura do DNA, não estariam claros para os alunos.

P.2 Você acredita que exista uma fragmentação no currículo do Ensino Médio, pois geralmente a genética é trabalhada no terceiro ano do Ensino Médio e conteúdos importantes como: meiose, estrutura do DNA são trabalhados no primeiro ano do Ensino Médio?

R.2 “Sim. O grupo de alunos é muito heterogêneo, mesmo que o aluno diga que já sei, é importante resgatar, fazer o link com este conteúdo. Eu digo para os alunos: o importante é o início. Os alunos me dizem que depois o conteúdo complica, mas eu digo a eles, que o importante é compreender o início do conteúdo. Eu trabalho, no início, a estrutura da célula, mitose, meiose. Os alunos falam que já viram esse conteúdo, mas eu acho importante relembrar.”

Segundo o referencial teórico sobre o ensino de Genética existe uma fragmentação na concepção de currículos de Biologia, pois elementos conceituais essenciais para o ensino de Genética, são trabalhados geralmente, no Primeiro ano do Ensino Médio e esquecidos posteriormente. A TCC, nesse sentido, poderia servir para contestar esse currículo, uma vez que a ruptura entre as séries acarreta em uma divisão conceitual que desarticula o campo conceitual de conhecimento biológico.

P.3 O que você está falando tem relação com a TCC, ou seja, no momento que você percebe a relação entre os conceitos, consegue ter a visão do todo e fazer a inter-relação entre as coisas, ou a pertinência de um conhecimento no quadro geral. Mas você acha que os alunos sozinhos têm condições de terem esta visão? Ou se o professor é o responsável pela organização do conhecimento deles na parte de Genética ou em outros campos do conhecimento?

R.3 “O professor por ser o orientador deve partir dele a tarefa de nortear, organizar de que forma ele vai trabalhar aquela área naquele momento, que rumo ele vai dar, porque os alunos estão esperando do professor justamente isso, de certa forma eles têm até uma carência afetiva, inclusive que contribui ali para o que eles esperam do professor e vice-versa. Os alunos estão esperando o que o professor vai apresentar, então acho que é muito importante o professor como orientador.”

Para Vergnaud (1993), é claro o papel do professor, que deve atuar como um organizador, mediador, ter visão do que é importante ser trabalhado, fazer relações com situações e contextualização. E cabe ressaltar que o conceito de situação é

bastante amplo, envolve qualquer situação considerada importante para explicitar os esquemas utilizados pelos alunos.

A resposta traz elementos da contribuição feita por Novak (1981), companheiro de Ausubel na consolidação da teoria da aprendizagem significativa: quando a professora refere-se à afetividade, pois, para Novak (1981), a aprendizagem significativa não é apenas uma troca de informações, mas uma complexa relação, que envolve principalmente os sentimentos.

P. 4 Se você tivesse que definir as bases de sua estratégia de ensino, como as classificaria?

R.4 “Em primeiro lugar, eu faço uma forma de questionamento mostrando para os alunos a importância da argumentação, não só por causa da Genética, da citologia, mas porque é importante a gente argumentar na vida e fora da escola nós temos que argumentar sobre tudo, então este é um momento para treinar a argumentação. Mesmo que os alunos escrevam nada que está correto nos livros eu quero que eles me argumentem, eu quero ver se os alunos têm capacidade de argumentação, instigo que eles respondam, dessa forma, não importa se não estiver certo. E em segundo lugar eu contextualizo a Genética com a vida, mostro que eles são o próprio exemplo vivo da Genética. E tudo, tudo que for falado em genética dever ser trazido alguma situação que eles vivenciem. Acho que essa é a chave, simplificar e mostrar que eles vivenciam a Genética diariamente.”

“Eu conto a vida de Mendel, eu chego até fazer mímica como eram as ervilhas, eles acham muito engraçado aquilo, para eles imaginarem, falo – fechem os olhos, se coloquem no século VII, esqueçam tudo aquilo que vocês já ouviram falar sobre Genética, pois vocês já sabem Genética. Naquela época ninguém sabia vocês já sabem mais do que as pessoas daquela época. Começo descrever a imagem estereotipada, aquele frei com a sua roupinha caminhando num jardim de lindas flores e ele avista as suas plantas de ervilhas com cheiro das flores. Eles fecham os olhos e imaginam, eles entram na história, contam algumas piadinhas e eu conto a grande tristeza que foi, mesmo Mendel descrevendo tudo, contribuindo para a ciência como contribuiu e ninguém deu credibilidade para o que ele fez, e só vinte anos após a sua morte, foi reconhecido, aí eu faço que choro pela morte de Mendel. Isso vai trazendo os alunos para o assunto.

É importante ressaltar nessa resposta a preocupação da professora em contribuir para o desenvolvimento da argumentação do aluno. Neste sentido, também relacionamos esta prática à teoria de Vergnaud (1993), pois a teoria dos *campos conceituais* é uma proposta mais ampla, não relacionada apenas ao contexto escolar. É uma teoria de aprendizado em geral, envolvendo também o do campo da técnica. A professora, ao contribuir para a desenvoltura do poder de argumentação dos alunos, está formando cidadãos habilitando-os a viver na atual sociedade, que exige uma ação crítica permanente. A contextualização é outro elemento em sintonia com a TCC, pois a situação que dá significado ao conceito o faz quando é significativa para o sujeito. O absolutismo da ciência também é contestado quando se invoca a história das descobertas científicas, invocando a intuição e a persistência como fatores relevantes para um cientista.

P. 5 Quais são as dificuldades que os alunos apresentam em genética?

R.5 “Quando a gente chega, na segunda, lei de Mendel eu percebo que há certa dificuldade. Os alunos já estão com uma idéia sobre a primeira lei de Mendel onde os fatores segregam. Como chegaram a essa conclusão, a qual diferentes cromossomos, genes se separam? Nesse, momento, eu faço com os alunos numa atividade com cartõezinhos de cartolina coloridos, inclusive eu encontrei algo parecido no teu levantamento de recursos, até mais elaborado que o meu, mas essa atividade ajuda os alunos entenderem que os genes, os alelos, segregam independentemente. O conceito de epistasia, também é uma dificuldade, a qual os alunos ficam meio preocupados.”

A professora mostra a importância de atividades interativas para a compreensão da Genética, os conceitos nos livros podem estar apresentados de forma lógica, mas a incorporação desses conceitos, a aprendizagem psicológica depende da interação, de atividade, de situações segundo Vergnaud (1993); só o envolvimento em situações podem dar sentido ao objeto de ensino. Existe a necessidade de alternativas didáticas de instrumentação da disciplina de Biologia com recursos.

Quanto às dificuldades abordados os problemas de Genética vão ficando mais complicados, a partir da necessidade do aluno ter conhecimento de uma base

conceitual maior o professor precisa oportunizar situações-problema, exercícios envolvendo cruzamentos com mais de um alelo, referente à observação da professora quanto é referida à segunda lei de Mendel.

P. 6 Qual a dificuldade dos alunos em relação a nomenclatura gene, cromossomo? Como eles reagem a ela?

R.6 “Quando, eu digo o nome de alguns conceitos de Biologia e pergunto – vocês já ouviram falar – olha que bonito, que tal uma sugestão para o nome de filho e os alunos acham graça: lá vem ela com aqueles nomes. Em Biologia, tudo é nome, Então eu peço para os alunos que reservem as duas últimas partes do caderno para montar um glossário. Nós montamos o nosso vocabulário biológico. Nós fazemos uma contagem de palavras, quantas palavras os alunos enriqueceram, aprenderam em um ano. Os alunos melhoraram o vocabulário, se lá na esquina perguntarem, eles tem que saber o que é um gene, o que é um alelo. À medida que vou sendo trabalhada trabalhando, a Genética, eu vou introduzindo novos conceitos, novos significados, eu digo – daqui pra frente não falo mais em características externas, falo em fenótipo essa é a nossa linguagem a partir de agora. Passando alguns minutos, eu digo fenótipo, todo mundo está sabendo. Eu crio uma linguagem que vira cotidiana, na sala de aula, naquele momento, então não é mais a mais minha carga genética, é meu genótipo, meu fenótipo, enfim. As gurias inclusive já chegam dizendo – professora transformei – fiz uma fenocópia. Eu adoro isso, porque quando uma aluna mudou a cor do cabelo veio me dizer que tinha feito uma fenocópia. Dependendo da conversa que surge, na minha sala de aula, já se estabelece uma interação. Ninguém sai da sala de aula para ir ao banheiro sem explicar como é que se forma urina, pode ir, mas tem que me explicar como é que a urina é formada, e eles vão ao banheiro, explicam e dão risada. Ao mesmo tempo que tu brincas, os alunos estão aprendendo, é uma forma de estar sempre voltando a essa nomenclatura.

A disciplina de Biologia mostra-se extremamente conceitual e é neste sentido que a teoria de Vergnaud (1993) vem ao seu encontro. Ao professor cabe a tarefa da construção de uma base conceitual, trabalhar os conceitos que podem habilitar o alunos a resolver com efetividade os problemas de Genética e construir situações que permitam as relações necessárias para auxiliar ao aluno aprender, ainda que não saibamos se vai ser efetiva, pois segundo a teoria de Vergnaud (1993 apud MOREIRA, 2006), o indivíduo não aprende em um “só golpe”, é necessário um

período de amadurecimento, o que remete à influência piagetiana de Vergnaud, segundo a qual o conhecimento precisa de uma certa acomodação.

Fala Livre

“Agora, vou falar dos livros didáticos. Na escola, em que eu trabalho a gente adota um tipo de livro, um tipo de material só que não me satisfaz.”

“Eu queria falar dos livros, pois, não estou satisfeita com esse tipo de material. Busco trazer outros materiais. Os exemplos que eles podem vislumbrar nos livros, cor de pelagem chinchila são ruins, confundem. Os alunos perguntam – ah, professora, chinchila é aquele bichinho? – Não é um tipo de cor. Nos livros as imagens colocadas são desenhos e atrapalha uma melhor interpretação do que seria uma crista noz.”

A dificuldade de interpretar a informação contida em um livro de texto é abordada pela professora. Os alunos naturalmente vão interpretar segundo *seus* conhecimentos-em-ação, os conhecimentos que eles julgam correto para atender as situações propostas. Além disso, exercícios com significados dúbios, nos quais a interpretação fica difícil para o aluno, pouco sobre de significado, a não ser a conclusão de que genética é um tema complicado, acessível a poucos.

P.7 Quando você apresenta exemplos do dia-a-dia facilita a compreensão de genética?

R.7 “Facilita muito.”

Os exemplos são vistos aqui como situações para as quais os estudantes dão significados. São as situações facilitadoras da aprendizagem.

P.8 Qual são outras dificuldades dos alunos em Genética.

R.8. “Por exemplo, uma questão que eu lembrei agora que eles encontram bastante dificuldade é em compreender por que a pelagem, a crista, por exemplo, noz. Trazer a genética pra uma situação de vida dos alunos, eu penso, que ajuda.”

Aqui é feita uma nova referência à nomenclatura de difícil compreensão e que os exemplos a busca de situações diárias são catalisadores para a aprendizagem. É necessário por este motivo além do professor proporcionar situações para os alunos rever a concepção dos exercícios dos livros didáticos.

P.9 Qual o tipo de questão cuja interpretação é difícil, ambígua para os alunos, por exemplo? Aparece em provas do vestibular?

R.9. "Muito. A gente tem que trabalhar o terceiro ano do Ensino Médio q uestões de vestibulares. Como trabalhar questões de vestibular se eles logo de cara dizem: professora, mas aqui não está tão fácil quanto tu explicou, explica de uma maneira que parece que a gente consegue entender tudo, aí eles se deparam com aquelas questões UFRGS, USP, enrolam na nomenclatura. Eu faço a leitura com eles mostrando que metade ou setenta por cento da questão é para enrolar.

Também existe, nos alunos dificuldade em cálculos matemáticos. É importante que o professor de Biologia faça links com o professor de matemática.

A professora aponta problemas conceituais, quanto à interpretação dos enunciado e às dificuldades matemáticas. A interpretação do problema de Genética exige uma intrincada seqüência de conceitos que vão desencadear a estrutura de resolução do problema o que vem ao encontro da teoria de Vergnaud, (1993). O professor tem que mediar a aprendizagem e ter consciência que é necessário proporcionar para o aluno um certo tempo para a construção de um campo conceitual que o habilite a prosseguir aprendendo, mesmo que não se saiba de fato o resultado desta aprendizagem.

P.10 A dificuldade na resolução dos problemas de Genética está na interpretação ou na dificuldade matemática?

R.10 "A genética necessita muito da matemática. A Genética utiliza muito a matemática, se eu encontro dificuldade nos alunos, eu peço ajuda para o professor de matemática retomar alguns conteúdos com os alunos.

A matemática encontra-se inserida dentro do campo conceitual da Genética, é uma habilidade que o aluno tem que desenvolver para a resolução de um problema;

neste caso, seus esquemas são acionados e os invariantes operatórios são postos em ação. A professora manifesta uma atitude por busca de solução quando refere-se ao pedido de ajuda para o professor de Matemática.

P. 11 O enunciado também é um fator de dificuldade e você comentou, que é mais forte do que os relacionados à matemática.

R. 11 “Sim. Os problemas de Genética utilizados como tem argumentação desnecessária, que acaba confundindo. Os alunos estão prontos para responder uma questão, um conceito que eles aprenderam, às vezes eles se apegaram tanto aquela forma de responder, que se outra forma de exercício surge eles não conseguem assimilar.

Há mais uma vez problemas encontrado com os enunciados dos exercícios de Genética, um grande complicador para a resolução. Esta constatação é fundamental para a TCC pois envolve a conceitualização, sem a qual um enunciado textual pode não ter significado algum.

P. 12 Os alunos têm mais dificuldade em Genética do que em outros conteúdos da Biologia?

R.12 “Na minha concepção, se bem trabalhado os conteúdos de Genética não há maior dificuldade. Eu tenho alunos os quais trabalhei no primeiro ano do Ensino Médio, que chegaram ao terceiro ano e eu percebo que não há tanta dificuldade. A dificuldade maior dos alunos foi entenderem a formação, composição do DNA, a estrutura. E sempre que eu posso, eu reviso. Outros alunos apontam muita dificuldade na Genética, muita, mas é uma questão até de semântica, interpretação de texto e linguagem matemática. Acredito que os conceitos de Genética não sejam complicados o que vem é uma carga de fatores que contribuem com isso. Eu apresento para eles os transgênicos, o que é cromossomo, então eu retomo na Genética todos estes conceitos que devem ser trabalhados.

Não é identificado pela professora maior dificuldade no estudo da Genética a outras áreas de ensino da Biologia, mas aponta novamente a dificuldade conceitual.

P13. Por que a genética não segue a seqüência do primeiro ano?

R.13 “A estrutura do livro de ensino médio é ruim. Deveria ser ao contrário ao invés de trabalhar este conteúdo, no primeiro ano, em que os alunos estão vindo do fundamental, deveria passar para mais adiante, para perto da Genética, não puxar a Genética para o início. Tem gente que coloca que a célula é a base e deve estar lá no início, mas não foi assim que o conhecimento se desenvolveu. O que causa um bloqueio, no início do segundo ano é trabalhado a zoologia e a botânica que deveriam ser lá no primeiro ano. Abre-se uma gaveta para a citologia e lá no terceiro ano se estuda mais uma vez. O que acontece, por vez, é que nos parâmetros curriculares nacionais não utilizam essa maneira. O professor que trabalha em escola por lei tem autonomia de estruturar diferente a forma de trabalhar os conteúdos, mas não é o que acontece na prática. O que acontece é a adoção da seqüência do livro didático que é norma da escola. Eu acho que os livros devem ser os melhores, os melhores são aqueles muito visuais, menos textos, até porque as idéias vão surgindo, é preferível foto, desenho, figuras ilustrativas não me chamam atenção até porque muitas vezes elas são falhas e difíceis de serem interpretadas. É importante que haja cores bem atuais, uma fidedignidade em torno de imagem. O que a gente percebe em relação às figuras, aquilo não tem nada haver com o real. Alguns livros de terceiro ano na área da Genética trazem questões que são um pouco ultrapassadas, argumentações que pelo grau de entendimento dos alunos, pelas informações que eles têm acesso na são condizentes. Os alunos discutem, não só os conceitos de Genética, mas, por exemplo, teve uma situação que um aluno viu numa questão que falava de primos, que aí fica difícil lidar com essa situação visto que, a preocupação com primos consanguíneos não casarem ou vir a terem filhos, se ela tinha um caso na família que os primos casaram tiveram filhos dois e nenhum dos filhos tiveram problema. Ai tem que buscar as exceções. Os alunos são bastantes questionadores. A gente fala da capacidade de dobrar a língua, o lobo da orelha, da entrada do cabelo então eles começam trazer informação de casa, eles participam muito de uma aula de Genética.”

“Outra coisa o caderno, eu preciso deste material, os alunos têm que ter caderno de Biologia. Os alunos fazem anotações eu não passo nada no quadro a gente discute e eu digo, agora, vocês formulem a idéia de vocês sobre o que trabalhamos. Há um registro de conteúdos, mas que eu faço com que eles a construir aquele conceito sobre o que foi discutido e eu faço os registros e a discussão sobre o que eles escreveram. Gosto de ter bastante material.

“Buscando o que eu falei, no início, quando eu mostro para os alunos, que eles são exemplos vivos da Genética e que todos ali são diferentes e iguais ao mesmo tempo pela a sua formação celular, mas diferente nos fenótipos eu já mostro para eles que o que temos são conceitos que nos orientam e existem as exceções as regras, são conceitos que orientam o estudo da Genética, mas que pela grande variedade de diferenças em todos os aspectos também há na Genética essa variedade, essas diferenciações. Quando o aluno falou que o primo casou e fugiu aquela regra que o livro mostrava como única.

A crítica ao livro didático é um ponto forte, mesmo considerando essencial ao aprendizado pela maioria dos professores; entretanto, a professora atenta para defeitos graves, como ilustrações deficientes e um certo engessamento da prática docente pela tendência de seguir um currículo estipulado pela escola e/ou pelo livro didático. Os livros mostram-se, segundo a professora, um tanto antiquados, mas essa carência é nitidamente suprida com a criação de situações em sala o que vem contribuir para construção do campo conceitual segundo Vergnaud (1993).

P. 14 A genética é um tema motivador?

R.14 “Muito, ele estão vendo, agora, quando a professora me falou da entrevista digo é bom, porque eu estou trabalhando e estou com a mesma empolgação que consigo captar dos alunos, não é algo que aconteceu no ano passado. E os materiais alternativos que estão disponíveis, em grande número, com toda certeza são essenciais, mais que o próprio livro didático, se o professor traz as idéias, traz a aula já orientada, estruturada e faz seu planejamento e não precisa ser um planejamento escrito é lançado um questionamento, eu digo vocês já sabem Genética a gente vai só discutir agora só os conceitos que foram registrados enfim que são os dos livros.”

A Genética é um tema rico para a professora e motivador, novamente defronta-se com a motivação, sem dúvida elemento fundamental para a educação e qualquer atividade humana. Há consideração importante a estratégias interativas de ensino e o uso nas aulas o que desperta motivação em relação à disciplina. Uma metodologia com recursos dirigidos ao aluno e preparados pelo professor pode fazer a diferença, segundo a professora e, segundo a TCC.

3.1.5 Análise comentada sobre a observação das aulas de Genética

A partir da observação das aulas podemos constatar o domínio da professora colaboradora dessa pesquisa diante dos conceitos de Genética, o uso de recursos tecnológicos e interativos no desenvolvimento de suas aulas a participação dos alunos, ou a não apatia, e o estabelecimento de uma relação afetiva com os alunos. A primeira, aula observada foi uma atividade complementar realizada, na biblioteca, no horário noturno, às 20h30min, considerada aula de reforço e com a presença e participação espontânea de todos os alunos. A presença maciça dos alunos constitui-se em um exemplo de predisposição para a prática educativa. Como já foi comentado, sem a reciprocidade do aluno não é possível a construção de uma aprendizagem significativa, ou seja não conseguimos efetivar o aprendizado se o aluno não tiver interesse de aprender. O relacionamento aluno-professor, a motivação do professor, já referida na entrevista pela professora participante da pesquisa, são elementos que possuem grande influência nos processos de ensino aprendizagem (AUSUBEL; HANESIAN; NOVAK, 1980).

A contextualização a partir de situações pode ser observada durante as aulas, sendo as situações segundo Vergnaud, (1993) elemento essencial a aprendizagem, um meio para amplificar os esquemas mentais do sujeito em aprendizado contínuo. A contextualização do campo conceitual da Genética e a participação dos alunos podem ser verificadas a partir de algumas partes da transcrição das aulas a seguir:

“Um caso freqüente que a gente trabalha em pleotropia é a fenilcetonúria. Já ouviram falar? A fenilcetonúria impede que o organismo das pessoas afetadas não consiga converter fenilalanina. Vocês já pararam para ler o que tem no rótulo coca-cola light? Ninguém tem uma lata aí de coca-cola para gente dar uma olhada, por exemplo, ali está escrito contém fenilalanina, quem tomar refrigerante a partir de hoje vai saber que está tomando fenilalanina. Este é um ingrediente do refrigerante. Agora têm pessoas que não conseguem converter fenilalanina, porque elas possuem uma enzima defeituosa de um gene pleiotrópico que produz uma enzima que em vez de converter a fenilalanina ela acumula essa substância e a transforma em um ácido fenilpirúvico. Esse ácido, em grandes concentrações, pode ser acumulado no tecido nervoso e principalmente nas crianças pode causar grandes problemas. A

fenilcetonúria é descoberta já no teste do pezinho, por isso é importante o recém nascido fazer o teste do pezinho.

“O teste do pezinho pode identificar outras doenças professora? Síndrome de Down, por exemplo?”

“Existe outro exame que é bem invasivo que pode ser feito lá pelo terceiro mês de gravidez de gestação, quando é coletado o líquido amniótico só que existe o risco, tem mães que não desejam saber, tem mães que vão criar a criança igual se tiver Down, vai influenciar no aborto, elas preferem não fazer o exame e levar a gravidez a diante, entendeu?”

Pôde-se perceber que existe uma grande preocupação da professora com uma avaliação que seja coerente com a forma interativa com a qual conduz as aulas. A avaliação ultrapassa aquela com objetivos sócio-institucional (VILLANI et al., 1997), mas pode ser constada pela forma com que os alunos são avaliados a partir de trabalhos e atividades como documentários, por exemplo; existe a preocupação de mostrar para os alunos as situações que envolvam a aplicação dos conhecimentos de Genética enfatizando a importância de aprenderem para a vida, não apenas para cumprir os objetivos escolares. Na maioria, das vezes a professora avalia através dos trabalhos, mas mesmo assim existem relatos de insucesso, casos de reprovação. A escola possui progressão parcial por disciplina e alguns alunos foram reprovados em Biologia.

“Na maioria das vezes eu aplico trabalhos”

“Eu volto a falar e conto com a vontade de vocês, acho que já valeu a pena ter passado pelo colégio, vocês estão terminando, não cai em prova, porque não vai ter prova, então é por isso o desinteresse relativo, eu acho que meu grande erro foi dizer no início do bimestre que não teria prova, porque isso influencia o aluno, por isso meia dúzia prestou atenção no que eu tinha para falar e os outros acharam que eu não precisaria saber.”

A professora mostra independência em relação o uso do livro didático. Os alunos possuem esse material de apoio em sala de aula que é consultado quando solicitado pela professora, ou espontaneamente. Quando, os alunos são solicitados

a resolverem os exercícios, podem usar o livro didático como consulta, mas alguns ficam descontentes com este material e solicitam a busca de outros livros na biblioteca.

As aulas são coerentes com o discurso da professora na entrevista quando retoma conteúdos trabalhados no primeiro ano do Ensino Médio:

“Vamos voltar para o problema gente, essa substância convertida em ácido fenilpirúvico, como a criança está ainda com o sistema nervoso em formação, ele pode se acumular na medula espinhal e causar lesões cerebrais, além de lesões cerebrais, lesões no tecido nervoso, por exemplo, uma criança que até os quatro anos não teve o diagnóstico para fenilcetonúria e não teve o cuidado ela pode ter problemas de retardo mental e etc e etc. Outra coisa além desse problema de retardo mental essa doença também influencia na pigmentação da pele, as pessoas que são portadoras dessa doença têm a pele clara. Apenas um gene, determinou todos estes aspectos, todos estes fenótipos, isso influenciou em todos estes níveis de formação do indivíduo e por esta razão a gente trabalha esse tipo de gene como gene pleiotrópico. Esse é um exemplo, complexo. Vamos fazer um leitura, isso vocês não têm no polígrafo, por isso eu achei interessante trazer para vocês, se isso não aparece no vestibular aparece na vida.”

A última aula observada envolveu uma atividade sobre a evolução da raça humana; foi solicitado aos alunos que elaborassem uma hipótese de evolução da raça humana e a defendessem, tomando por referência as teorias de Darwin ou de Lamarck. Essa atividade evidenciou a escolha de temas atuais, situações para serem discutidas em sala de aula que possivelmente pode ser alvo de discussões, no que se refere ao conceito de raça envolvendo princípios éticos contribuindo assim para capacitação do aluno para o exercício da cidadania.

3.1.6 A resolução de exercício de genética pelos alunos

Uma das atividades propostas pela professora foi a resolução de uma lista de exercícios de Genética, envolvendo a resolução de problemas e, naturalmente,

segundo a TCC, a conceitualização em genética. Os problemas de Genética dessa lista eram problemas fechados, com respostas únicas. A preocupação da professora em oportunizar ao aluno esse tipo de trabalho é óbvia, considerando que são alunos do terceiro ano do Ensino Médio e vão prestar o vestibular.

Analisamos, primeiramente, as respostas dos alunos sobre as definições ou conceitos requeridos; percebemos uma tendência de copiar um fragmento de texto do livro didático. Pareceu-nos que a idéia era que o aluno buscasse a resposta, ainda que a copiasse. Apenas duas perguntas desses exercícios pediam exemplos. O exemplo pode ser considerado um elemento contextualizador, um meio para a criação de situações necessárias para a aprendizagem, segundo Vergnaud (1993). Uma reprodução ou *literalidade* nas respostas são características de uma aprendizagem mecânica interpretada segundo Ausube;, Hanesian; Novak (1980). É importante ressaltar que Ausubel não exclui o aprender de forma mecânica, que pode ser caminho para uma aprendizagem significativa, o que contrapomos seria a centralização da prática oportunizada por exercícios que exigem respostas diretas. A limitação desse tipo de atividade que visa “preparar alunos para o vestibular”, é compensada pela professora quando no desenvolvimento de suas aulas propõe situações de aprendizagem com exemplos do cotidiano. Apenas a cópia das respostas não se constitui em aprendizado, segundo Giordan e Vecchi (1996) logo vai ser objeto de esquecimento. As respostas dos alunos de uma única pergunta, por exemplo, a primeira, questão já revelam a existência de múltiplos conceitos dentro de uma resposta, até que ponto esses conceitos forma significativamente aprendidos pelos alunos? Não é possível saber. Mas é um exemplo substancial da nomenclatura, da extensão e da complexidade do campo conceitual da Genética e da necessidade de desenvolvimento de estratégias para compreensão significativa dos conceitos de Genética. O jogo *Evoluindo a genética*, a atividade – *Cada lócus por si mesmo: por onde andam estes genes*, relacionado nos materiais interativos desse trabalho seriam formas alternativas para trabalhar conceitos de Genética de maneira diferenciada.

3.1.7 As respostas dos alunos

1. O que é interação Gênica?

“É um fenômeno em que dois ou mais pares de alelos se segregam independentemente e atuam de forma conjunta na determinação de um único fenótipo. Os casos mais comuns são genes, epistasia, herança quantitativa e pleiotropia.”

3. O que é epistasia?

“Ocorre quando o gene inibidor anula o efeito de outro gene mesmo em loci diferentes”

5. O que é epistasia recessiva? Dê um exemplo

“É aquela que ocorre quando um gene recessivo em dose dupla inibe o efeito de outro gene não-alelo. Um exemplo é em camundongos, a cor da pelagem cinzenta é inibida por um gene epistático c (recessivo).”

7. O que é herança quantitativa? Exemplifique.

“É um caso em que genes não-alelos interagem em efeito somático ou cumulativo. Ex: cor de pele.”

5. O que significa efeito pleiotrópico?

“Ocorre quando um mesmo gene determina diversos caracteres. O fato promove o aparecimento de fenótipos múltiplos. A síndrome de Morgan, por exemplo, é um distúrbio em que o indivíduo apresenta membros longos, aracnodactilia, joelhos entortados para dentro, face alongada, peito escavado, mal formação palatal, alterações no cristalino miopia, mal formações ósseas, cardíacas e dentárias diversas. Tudo determinado pelo efeito pleiotrópico do mesmo gene.”

3.1.8 A resolução de problemas de Genética pelos alunos

Durante as assistências às aulas, cujas transcrições encontram-se nos Anexos 1, 2 e 3, foram observadas dificuldades dos alunos em relação aos conceitos de Genética, à representação simbólica e em relação à matemática para a resolução de um problema.

“Qual é a probabilidade de duas moedas caírem com as duas faces coroas voltadas para cima? Para chegar a probabilidade esperada eu vou multiplicar a probabilidade de cada moeda cair com a face coroa voltada para cima. Qual é essa probabilidade? Quarenta por cento. Quarenta por cento não. Quarenta por cento. Não. Quantas faces tem uma moeda? Duas. Eu quero que ela caia com as duas faces coroas voltadas para cima. Então eu tenho dois lados e uma chance de obter o resultado. A probabilidade da moeda cair com a face cara ou a face coroa é $\frac{1}{2}$ ou 50% . Agora eu quero saber a probabilidade de duas moedas caírem com a face coroa voltada para cima. Quarenta por cento professora. Um quarto. Eu multiplico a probabilidade de uma moeda cair com a face coroa pela probabilidade da outra moeda que é de um quarto. Quarenta por cento. Há teve gente que falou dois quartos. E uma chance em quarto é? Eu queria calcular as duas moedas caindo ao mesmo tempo com a face coroa para cima. Agora se eu pegar um dado um dadinho, quantas faces tem o dado? Se eu tocar o dado para cima e quero que o número 1. Eu tenho uma chance em seis concordam. Agora se eu quiser saber qual a probabilidade de sair o número 1 ou o número quatro eu também tenho duas chances de sair. Mas não vai poder cair no 1 e no quatro. Ele vai cair ou no 1 ou no 4. O que eu vou fazer daí? Eu vou somar. Há me ajuda: um $\frac{1}{6} + \frac{1}{6}$. E quanto é que isso dá? $\frac{2}{6}$. Dá para simplificar? Dá $\frac{1}{3}$ ”

Todos esses aspectos compõem o que Vergnaud chama de elementos para constituir um conceito: o *referente* (a situação proposta), o *significado*, (os invariantes operatórios do sujeito – seus conhecimentos) e o *significante* (de representações simbólicas).

A seguir, comentamos e expomos a resolução, por um aluno, de uma das situações-problema proposta (Figura 2).

Não podemos aferir se as respostas corretas, ou erradas, neste tipo de exercício, é produto de uma aprendizagem significativa, mas o importante é o que ocorre após o processo avaliativo, o quanto foi significativo o aprendizado. Quais foram as informações trabalhadas, em sala de aula, que vão transformar-se em

conhecimento? Sabemos de acordo com as pesquisas de Giordan e Vecchi (1996) que muito pouco do que foi visto na escola será aprendido, e o que realmente permanecerá, vão ser as vivências, as situações de vida, concepções próprias, essas sim produtos de uma aprendizagem significativa e as futuras de ferramentas que o indivíduo vai requisitar nos seus esquemas mentais segundo Vergnaud (1993) para resolver seus problemas frente aos desafios da vida.

2. Em galinhas, a presença do gene **E** (dominante) determina crista ervilha e a presença do gene **R** dominante determina crista rosa, se ambos os genes dominantes estiverem presentes, a crista é do tipo noz. A ausência de ambos os genes dominantes determina a presença de crista simples. Qual a proporção fenotípica resultante do cruzamento de EERr com Eerr?

2-

P $EeRr$ x $EeRr$

G $EeRr$ $EeRr$

ER, Er, eR, er ER, Er, eR, er

$E_R_ = \text{crista noz.}$
 $eeR_ = \text{crista rose.}$
 $E_rr = \text{crista ervilha.}$
 $eerr = \text{crista simples.}$

♀ \ ♂	ER	Er	eR	er
ER	EE RR	EE Rr	Ee RR	Ee Rr
Er	EE Rr	EE rr	Ee Rr	Ee rr
eR	eE RR	eE Rr	ee RR	ee Rr
er	eE Rr	eE rr	ee Rr	ee rr

noz $\square \square$ 9
 rosa \square 3
 ervilha \square 3
 simples 1

9:3:3:1 = fenotípica.
 1:1:1:1 = genotípica.

Figura 2. Exercício resolvido por um aluno

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término desse trabalho esperamos ter deixado uma contribuição para o ensino de Biologia, consideramos de profunda importância para a atividade docente o investimento da formação continuada do professor, que segundo as estatísticas do INEP se mostra bastante deficiente. A carência de recursos pode ser contornada, existem alternativas de materiais didáticos o que podemos demonstrar com alguns exemplos do material que encontramos para o ensino de Genética, mas não supre de nenhuma forma a deficitária formação dos professores, segundo o INEP. O docente que trabalha as disciplinas científicas, como ciências em geral, necessita além de uma sólida formação conceitual na sua área de atuação um arcabouço de conhecimentos didáticos, por exemplo, saber compreender as idéias prévias dos alunos, a existência das concepções alternativas, a transposição didática e, fundamentalmente, ter alicerces no conhecimento epistemológico sobre a construção da Ciência, elemento indispensável para a reflexão de que o processo científico é uma experiência da humanidade, em constante mudança, de acordo com a base tecnológica e os valores da sociedade.

A aprendizagem para uma educação científica, em uma sociedade permeada por mudanças e avanços tecnológicos, com a velocidade na produção e divulgação de novas informações e conhecimentos precisa romper com a visão absolutista, fragmentada de Ciência, que ainda está presente no cotidiano escolar, arcaizada e possivelmente rejeitada pelos alunos. A possibilidade que enxergamos para mudanças no ensino é assumir, justamente uma nova postura, a partir da reflexão epistemológica e didática sobre a educação em Ciências. Esta pesquisa constata que o investimento em formação continuada realizado pela profissional que colaborou neste trabalho tem resultados significativos. Em relação à Biologia e especificamente ao campo conceitual da Genética podemos verificar durante a observação das aulas que existem dificuldades na resolução dos problemas e entendimento dos conceitos, mas que a motivação e o interesse pelo conteúdo é significativo e se apresenta de forma explícita quando a professora dedica-se à

construção de situações de aprendizagem, às quais o aluno consegue identificar a instrumentalização do conhecimento, a sua aplicabilidade no uso cotidiano. Quanto ao estudo da Biologia consideramos que o aprendiz tem que construir uma significativa base conceitual, pois inserir-se no contexto do estudo do conhecimento biológico é buscar conhecer uma pequena parte de um número quase que infinito de conceitos. A teoria dos *campos Conceituais* de Vergnaud (1993) traz, no seu núcleo, a aprendizagem dos conceitos, a partir da contextualização, enfocando situações. Exige do professor a capacidade de mediar os processos ensino-aprendizagem conforme o saber útil, difícil de discernir, mas que se torna significativo de acordo com a aproximação da experiência do aluno. O professor durante o processo educativo fundamentado na teoria de Vergnaud (1993) assume o papel de orientador da aquisição do conhecimento de um campo conceitual, seja a Genética, ou outra área do conhecimento, mas importante enfatizar que sempre mediado por situações.

Parte do desenvolvimento do conhecimento biológico caracteriza-se por categorizar, conceitualizar a natureza e entender os seus fenômenos. O resultado dessa prática pode ser compreendido como a organização da Biologia em amplos campos conceituais que vão se especificando, neste sentido seria importante conforme Vergnaud (1993), investir em processos educativos que contemplem primeiramente uma visão ampla dos conteúdos de estudo para chegar-se em objetivos específicos de ensino dentro de um período de tempo que o professor acredite ser possível para o aluno ter compreendido um campo conceitual. Ainda cabe enfatizar que a teoria de Vergnaud (1993) não foi construída somente para explicar processos de ensino-aprendizagem restrito ao ensino sistematizado na escola. Como teoria cognitivista, segundo Moreira (2006), é possível aplicar-se os estudos de Vergnaud (1993) a qualquer campo da aprendizagem técnica e neste contexto podemos ver a Genética não apenas como um conteúdo escolar, mas a *TCC* de Vergnaud aplica-se a formação do profissional, ou seja, o cientista, o biólogo, o geneticista, para aquele sujeito que tem que resolver problemas diários e na sua área de conhecimento constrói esquemas, assimila conceitos e desenvolve competências para interagir e sobreviver à permeabilidade tecnológica da sociedade a partir do domínio de um campo conceitual.

Outro exemplo possível além da Genética são as habilidades desenvolvidas por um biólogo sistemata. A classificação biológica dos seres vivos faz

agrupamentos taxonômicos com o auxílio do conhecimento de diversas especialidades da Biologia, entre estas especialidades, são levadas em consideração características morfológicas, genéticas, anatômicas, evolutivas e moleculares. O biólogo para definir o gênero, a espécie ou a família de um organismo pode percorrer uma extensa chave sistemática com um conjunto de conceitos inseridos em amplos *Campos Conceituais* que já referimos. Estes *Campos conceituais* encontram-se em estreita conexão com a Química, a Física, a Geografia e a Matemática. Isso faz o estudo das Ciências Biológicas e suas especialidades um dos melhores exemplos de interdisciplinaridade.

O professor de Biologia atua num universo de conceitos e pode apresentar-se mais abrangente ou mais específico nas suas definições, em sala de aula, indo ao encontro das teorias de Vergnaud e Ausubel. Partir do conhecimento amplo para chegar ao conceito específico com o uso de situações, é uma possibilidade de ajudar o aluno, dentro do seu período próprio de aprendizagem, a formatar os conceitos importantes dentro de campo conceitual que o professor está trabalhando, e tentar transformar o máximo possível de informações em conhecimento significativo, pois compartilhar conceitos com o aluno deve ser o objetivo do professor.

Um exemplo de aprendizagem mecânica pode ser o desenvolvimento dos conteúdos de ensino por meio da apropriação dos conceitos através da memorização ou retenção dos mesmos através da resolução de exaustivos questionários, onde o aluno copia ou reproduz um parágrafo do livro didático.

A aquisição de conceitos é por outro lado, o produto de aprendizagem significativa.

Na aprendizagem significativa, proposta por Ausubel, segundo MOREIRA; MASINI (1999, p. 11) “a aquisição de conceitos pelo aluno caracteriza-se por um processo por meio do qual uma nova informação se relaciona, de maneira não substantiva (não-literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo”. Isto é, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de “conceito subsunçor” ou, simplesmente, “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende. O “subsunçor” é, portanto, um conceito, uma idéia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “âncora” a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o sujeito.

A *não-arbitrariedade* é a interação de uma nova informação com algum aspecto relevante à estrutura cognitiva do aluno, não qualquer elemento (MOREIRA, 1999). É claro na proposta de Ausubel de *aprendizagem significativa* a importância do conhecimento prévio do aluno.

A *não-substantividade* refere-se à incorporação de um conceito de forma não literal, (MOREIRA, 1999). Quando um conceito de Biologia é extraído de forma literal pelo aluno ocorre uma retenção temporária deste conceito, útil apenas para adquirir os requisitos de aprovação em uma determinada atividade que o exija. A aprendizagem não é significativa para o aprendiz, apenas ocorre a construção de uma coleção de palavras técnicas sem sentido, e aprender significativamente segundo Ausubel é justamente dar sentido a aprendizagem.

O conceito de meiose de forma literal pode ser definido como: *divisão de um núcleo diplóide para produzir quatro células filhas haplóides. O processo consiste em duas divisões nucleares sucessivas com apenas um ciclo de replicação dos cromossomos* (PURVES et al., 2007, p.1070).

O conceito, a matéria de ensino, pode, na melhor das hipóteses, ter significado lógico. Porém, é o seu relacionamento, substantivo e não arbitrário, com a estrutura cognitiva do aprendiz que pode transformar o significado lógico em significado psicológico, durante a aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999, p. 22).

A definição de meiose poderia ser decorada pelo aluno, o que já seria difícil, anotada em algum canto da carteira, repetido na prova e posteriormente esquecido. Uma aprendizagem significativa do conceito de meiose requer que o professor ajude o aprendiz a entender a essência deste conceito e fazer as relações possíveis. Um conceito como o de meiose não existe isolado, a conceitos dentro de conceitos. O termo haplóide, por exemplo, significa: *ter um conjunto de cromossomo constituído apenas por uma cópia de cromossomos. É a condição normal de gametas ou esporos sexuais produzidos por meiose* (PURVES et al., 2007, p. 1066).

Referimo-nos apenas ao conceito literal de meiose, poderíamos considerar todas as fases deste processo de divisão celular, aí teríamos o exemplo maior de uma pequena parte do *campo conceitual* que envolve a biologia celular com um número significativo de conceitos.

Um aluno de Ensino Médio deveria saber após estudar este conceito dentro do campo conceitual da biologia celular, que na meiose ocorre uma redução no número de cromossomos, ter claro que este processo está relacionado com a formação dos

gametas, com a reprodução, com a variabilidade genética e com a evolução biológica.

Sobre *aprendizagem significativa*, ainda é importante salientar dois aspectos: a necessidade de pré-disposição do aluno para aprendizagem e a consideração que *aprendizagem significativa* não é sinônimo de aprendizagem correta. Para qualquer atividade humana necessita-se de motivação; a pré-disposição do aluno é um elemento catalisador para a aprendizagem. Uma variável a influenciar a motivação é abordar assuntos de interesse dos alunos. A Genética por si só já se apresenta com esse aspecto.

Para Novak (1981 apud MOREIRA, 1999, p. 22), “a aprendizagem significativa subjaz à integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação, que conduz ao engrandecimento humano. Novak parte da premissa de que os seres humanos *pensam, sentem e agem* (fazem). Qualquer evento educativo é, de acordo com Novak, uma *ação* para trocar *significados* (pensar) e *sentimentos* entre o professor e o aprendiz. O objetivo da troca entre o professor e o aluno é a aprendizagem significativa de um novo conhecimento contextualmente aceito.” Aprender significativamente é compartilhar conceitos cientificamente aceitos, trocar significados entre o professor e o aluno. No entanto, aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem *correta*. Um aluno pode aprender de maneira significativa, porém *errada*. Isto é, pode atribuir aos conceitos significados, mas significados *errôneos* perante o conhecimento científico (MOREIRA, 1999, p. 22).

A troca de significados, na construção de uma educação científica, não é um processo simples.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. *Filosofia da Ciência: Introdução ao Jogo e suas Regras*. São Paulo: Loyola, 2003. 223 p.

ARAÚJO H. C.; LUZIO, N. *Avaliação da Educação Básica: em busca da qualidade e eqüidade no Brasil*. Brasília : INEP, 2005. 71 p. Disponível em: <http://www.publicacoes.inep.gov.br/arquivos/%7B586C4B19-8E02-4D73-B8F2-B61C43F45069%7D_miolo_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20e%20Qualidade%20Educa%C3%A7%C3%A3oB%C3%A1sica.pdf>. Acesso em: 29 set. 2007.

ASTOLFI. *A didática das Ciências*. Campinas: Papyrus, 2001. 132.p.

_____. El Aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 6 n. 2, p. 147-155, 1997.

AUSUBEL, D. P.; HANESIAN, H.; NOVAK, J. D. *Psicología Educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980 . 625 p.

AYUSO, et al. Introdução a la genética em la enseñanza secundaria y el bachillerato: II. ¿ Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciências, Barcelona*, v. 14, n.2, p. 127-142, 1996.

BANET, E.; NUÑEZ, F. Ideas de los Alunos sobre la digestion: aspectos anatomicos. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 6 n. 1, p. 30-37, 1988.

BIZZO, Nelio. *Ciências: Fácil ou Difícil?*. São Paulo: Ática, 2000. 144 p.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio – ciência da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

BUGALLO. La Didáctica de la Genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 13, n. 3, p. 379-385, 1995.

BURNS, G. W. *Genética*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 381 p.

CID, M.; NETO, A. Dificuldades de Aprendizagem e Conhecimento Pedagógicos do Conteúdo: o caso da Genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 2005. Número Extra. VII Congresso. Disponível em:

<http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/3_Relacion_invest/3_1/Cid_313.pdf>. Acesso em: 29 set. 2007.

COELHO S. M. et al. Conceitos, Atitudes de Investigação e Metodologia Experimental como Subsídio ao Planejamento de Objetivos e Estratégias de Ensino. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 122-149, ago. 2000.

DEMO, Pedro. *Pesquisa: Princípios Científicos e Educativos*. São Paulo, Cortez, 2002. 120 p.

DNA Interactive. Desenvolvido por: Cold Spring Harbor Laboratory. Disponível em: <<http://www.dnai.org>> Acesso em: 29 set. 2007.

EDITORA UNICAMP. Desenvolvida pela Universidade de Campinas. Disponível em: <<http://www.editora.unicamp.br/>> Acesso em: 29 set. 2007.

ESTATÍSTICAS dos Professores no Brasil. Brasília: MEC; INEP, 2003. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/estatisticas_professores_INEP_2003.pdf>. Acesso em: 29 set. 2007.

FRANCHI, A. Considerações sobre a Teoria dos Campos Conceituais. In: MACHADO, S. D. A. et al. *Educação Matemática: uma Introdução*. São Paulo: EDUC, 1999. p. 155-195.

FUKUYAMA, F. *Nosso Futuro Pós-Humano: Conseqüências da revolução da biotecnologia*. Rio de Janeiro: Rocco, 2003. 268 p.

GARDNER, E. J. *Genética*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. 497 p. 379-385.

GIL PÉREZ, D. et al. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo. entre. aprendizaje de conceptos,. resolución de problemas de lápiz y papel y realización de practicas de. laboratorio?. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999. Disponível em:

<<http://ayura.udea.edu.co/~fisica/MATEFISICA/TALLER%20DE%20FISICA/ARCHIVOS/TIENE%20SENTIDO%20SEGUIR%20DISTINGUIENDO.PDF>> Acesso em: 29 de set. 2007.

_____. Tres Paradigmas Basicos en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 1, n. 1, p. 26-33, 1983.

GIORDAN, A.; VECCHI, G de. *As Origens do Saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre, Artes Médicas, 1996. 222 p.

GROSSI, P. E. Dificuldades com os Dias Contados. In: SEMINÁRIO O CAMPO CONCEITUAL DA MULTIPLICAÇÃO. [s.l.]: [s.n.] 2001.

INEP. Edudatabrasil: sistemas de estatísticas educacionais. Disponível em: <<http://www.edudatabrasil.inep.gov.br/>>. Acesso em: 29 set. 2007.

INGRAM, J. *As ilusões da Vida*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005. 237 p.

JUSTINIANO, S. C. B. et al. Genética: Revisando e Fixando Conceitos. *Genética na Escola*. v.2, n. 5, p. 51-53, 2006. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br/GeneticaEscola2/web/vol2pdf/5Genetica-Revisando%20e%20Fixando%20Conceitos.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2006.

KREUZER, H; MASSEY, A. *Engenharia genética e biotecnologia*. 2. ed. Porto Alegre : Artmed, 2002. 434 p.

LAUDAN, L. *El Progreso y sus Problemas*. Madri, Encuentro Ediciones, 1986. 279 p. p. 295.

LEITE. *A produção coletiva do conhecimento científico: um exemplo no ensino de genética*. Florianópolis: 2004. Tese (Doutorado em Educação Tecnológica) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

LIMA, S. A . et al. Estrutura de um Molécula de DNA. In: *Genética na Sala de Aula: Estratégias de Ensino e Aprendizagem*. Rio de Janeiro: Promed/SEE/UFRJ, 2005. Disponível em:

<<http://www.ccmn.ufrj.br/curso/trabalhos/pdf/biologia-trabalhos/genetica/genetica5.pdf>>. acesso em: 15 abr. 2007.

MARANDINO, M. Transposição ou Recontextualização? Sobre a Produção de Saberes na Educação em Museus de Ciências. *Revista Brasileira de Educação*. São Paulo, n. 26, p. 95-108, Maio/Jun/Ago. 2004. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rbedu/n26/n26a07.pdf>. Acesso em: 14 maio. 2007.

MASSONI. *Textos de Apoio ao Professor de Física: Epistemologia do Século XX*. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Porto Alegre, v. 16, n. 4, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpenf/Textos_Apoio>. Acesso em: 14 maio. 2007.

MASUDA, S. E, et al. Bingo do Tipo Sangüíneo. In: *Genética na Sala de Aula: Estratégias de Ensino e Aprendizagem*. Rio de Janeiro: Promed/SEE/UFRJ, 2005. Disponível em: <<http://www.ccmn.ufrj.br/curso/trabalhos/PDF/biologia-trabalhos/genetica/genetica3.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

MELLO, S. L. M.; Cortelazzo. L. Uma proposta de dramatização como complemento didático para o estudo sobre cromatina e cromossomos. *Genética na Escola*. Ribeirão Preto, v.3, n. 12, p. 83-86, 2006.

MENEGOTTO, M. *Clones e transgênicos: controvérsias, fatos, mitos e medos*. Porto Alegre: WS, 2002. 87 p.

MINGRONI-NETTO, R. C.; DESSEN, E. M. B. *Células-Tronco: o que são e o que serão? Genética na Escola*, v.1, n. 7, p. 12-15, 2006. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br/geneticaEscola/TrabalhoRecebido/Diagramado/vol01/Celulas-troncooquesaoequeserao.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2006.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise Textual: discursiva*. Ijuí: UNIJUÍ, 2007. 223 p

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S.. *Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel*. Brasília: UnB, 1999. 129 p.

_____. A teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. Instituto de Física da UFRGS. *Investigações em Ensino de Ciências*., Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n1/v7_n1_a1.html>. Acesso em 17 maio. 2006.

MOURIÑO MOSQUERA, Juan José. *Teoria da ciência*. Porto Alegre : EST, 1982. 157 p.

Museu de Ciências e Tecnologia. Desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.mct.pucrs.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

NOVAK, Joseph Donald. *Uma Teoria de Educação*. São Paulo: Pioneira, 1981. 252 p.

O DNA Vai à Escola. Desenvolvida por O DNA Vai à Escola. Disponível em: <<http://www.odnavaiaescola.com>>. Acesso em: 29 set. 2007.

OLIVEIRA, F. *Bioética: uma face da cidadania*. São Paulo: Editora Moderna, 1997. 144p.

GB-OL, Genética Básica on-line. Desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa. Desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/gbolhtm/gbol0.htm>>. Acesso em: 29 set. 2007.

PAVAN, O. H. O et al. *Evoluindo Genética: Um jogo Educativo*. Campinas, S. P.: UNICAMP, 1998.

PURVES, W. K. et al.. *Vida : a ciência da biologia*. 6. ed. Porto Alegre : Artmed, 2007. v. : il

RAMALHO, P. A. M et al. Ajudando a Fixar Conceitos de Genética. *Genética na Escola*. v.2, n. 8, p. 45-49, 2006. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br>>. Acesso em: 29 set. 2006.

RAVEN, P. H. *Biologia vegetal*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 728 p.

SALIM, D.C, et al. O baralho como Ferramenta no Ensino de Genética. *Genética na Escola*., Ribeirão Preto, v.3, n. 3 p. 6-9, 2007. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br>>. Acesso em: 29 set. 2007.

SCHEID, J. M. N.; FERRARI, N. A história da Ciências como Aliada no Ensino de Genética. *Genética na Escola*. v.1, n. 7, p. 17-18, 2006. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br/geneticaEscola/TrabalhoRecebido/Diagramado/vol01/Ahistoriadacienciacomoaliadanoensinodegenetica.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2006.

SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. Estrutura do Dna em Origami: Possibilidades Didáticas. *Genética na Escola*. v.3, n. 2, p. 3-5, 2007. Disponível em:

<<http://www.sbg.org.br/geneticaescola2/web/ano2vol1/2.pdf>> Acesso em: 29 set. 2007.

SOARES, K. DA. C.; PINTO, M. da C.; ROCHA, M. de. Cada locus por si Mesmo: por onde andam esses Genes?. In: GENÉTICA na sala de aula: estratégias de ensino e aprendizagem. Rio de Janeiro: Promed/SEE/UFRJ, 2005. Disponível em: <<http://www.ccmn.ufrj.br/curso/trabalhos/pdf/biologia-trabalhos/genetica/genetica4.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

Sociedade Brasileira de Genética. Desenvolvido pela Sociedade brasileira de Genética. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br>>. Acesso em: 29 set. 2007.

SOUSA, F. R. Maneira Lúdica de se Entender a Deriva Alélica. Genética na Escola. v.2, n. 9, p. 71-74, 2006. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br>>. Acesso em: 29 set. 2006.

SOUSA, M. V. et al. *Gestão da vida? genoma e pós-genoma*. Rio de Janeiro: UnB, 2001. 144 p.

TELEVISÃO Educativa Brasileira. Desenvolvido pela Televisão Educativa Brasileira. Disponível em: <<http://www.tvebrasil.com.br>>. Acesso em: 29 set. 2007.

UNESCO. Declaração sobre a Ciência e do Conhecimento Científico. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL SOBRE A CIÊNCIA: Ciência para o Século XXI: Um Novo Compromisso. Budapeste, 26 jun. a 2 jul. 1999. Disponível em: <<http://ftp.mct.gov.br/Temas/budapeste/declaracao.htm>> Acesso em 18 abr. 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ufrj.br>> Acesso em: 29 set. 2007.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: NASSER, L. (Coord.). SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA DO RIO DE JANEIRO. *Anais*. 1, 1993, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 1993. 143 p. 1-26.

VERGNAUD, Gérard. A trama dos Campos Conceituais na Construção dos Conhecimentos. *Revista do GEMPA*, Porto Alegre, n. 4, p. 9-29, 1996.

VILLANI, Alberto et al. Filosofia da Ciência, História da Ciência e Psicanálise: analogias para o ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.14, n.1, p.37-55, abr. 1997.

VYGOTSKY, L. S. *A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. São Paulo, Martins Fontes, 1994. 191 p.

XAVIER, F. C. M., et al. A Nova (Moderna) Biologia e a Genética nos livros Didáticos de Biologia no Ensino Médio. *Ciências & Educação*, Bauru, v.12, n. 3, p. 275-289, 2006. Disponível em:
<<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/include/getdoc.php?id=758&article=219&mode=pdf>>. Acesso em: 29 set. 2007.

ANEXOS

Anexo 1 - Anotações referentes à aula 1

Características da Escola

Escola privada, do município de Porto Alegre, com cerca de 300 alunos, professores jovens com pós-graduação (mestrado), laboratório de informática, acesso a internet, laboratório de ciências e quadra de esportes.

A professora chega à escola às 20h00min, conversa com os alunos que se encontram nos corredores, mostra as dependências da escola para o visitante, apresenta a coordenação ao visitante, se dirige à biblioteca, prepara o equipamento audiovisual, conversa com alguns alunos já presente na biblioteca.

No horário os alunos (em torno de trinta e cinco alunos da terceira série do Ensino Médio com idade entre 16 e 17 anos) se dirigem espontaneamente para a biblioteca da escola e se organizaram com liberdade de disposição (a biblioteca é pequena, com algumas mesas redondas, alguns alunos ficaram nas mesas em grupos, outros sentados em almofadas e cadeiras). A aula tem início às 20h20min, e término às 21h30min. A professora apresenta o visitante aos alunos. O coordenador entra em sala de aula conversa com os alunos e enfatiza a importância da colaboração dos alunos para aula, pede silêncio. A professora aborda com os alunos o tema que será desenvolvido na aula.

Nesta aula, foram trabalhados conteúdos de Genética, monoidrismo, diídrismo, formação de gametas, esta foi uma aula de reforço, não foi realizada lista de presença. A professora utilizou o *Data show* para apresentação de slides. Os slides são enviados para um e-mail da turma com antecedência para que os alunos possam estudar o conteúdo antes de ser realizada a aula. Nesta aula, os slides não tinham sido enviados, pois a secretária responsável teve problemas e a professora fez algumas alterações no material não havendo a possibilidade de enviar, por e-mail, os slides com antecedência.

A professora fez perguntas aos alunos sobre os conceitos de recessividade, dominância e a representação simbólica dos gametas, os alunos dão exemplos, espontaneamente, as respostas são corretas, às vezes algum se atrapalha, mas logo se auto corrige. A professora dá exemplos sobre fenótipo e genótipo.

A professora fala sobre o conceito de meiose, uma aluna responde que este era conteúdo do primeiro ano.

Há alguns focos de dispersão, na aula, conversas paralelas, o coordenador intervém algumas vezes e pede colaboração dos alunos, que atendem. Um aluno faz uma piada, a professora responde com outra piada. Tem-se um momento de risos e logo a aula é retomada.

A professora pergunta se genética é difícil, uma aluna responde: genética é difícil. Um aluno se dispõe a responder um problema simples de genética apresentado pela professora, o aluno resolve o problema, a professora desafia o aluno resolver um problema mais complicado envolvendo mais de um gene, o aluno não tenta responder. A metodologia da aula utilizada foi predominantemente expositiva dialogada com grande participação dos alunos.

Os alunos mostraram-se motivados para aula.

Em outras aulas haviam sido utilizados alguns materiais interativos, esta aula foi um reforço, uma revisão, uma consolidação dos temas já abordados de genética.

A professora propõe para próxima aula resolução de exemplos e deixar uma lista de exercícios como estudo dirigido. A avaliação seria feita com estudos dirigidos e trabalhos.

Também seria trabalhado na próxima aula uma reportagem sobre a ancestralidade do povo europeu, envolvendo conceitos éticos, e o conceito de raça, assunto de pesquisas atuais sobre o conteúdo de genética.

Conceitos trabalhados:

Foram trabalhados os conceitos de Meiose, Geração Parental, F1, Genótipo, Fenótipo, Genes, Fatores, a simbologia de representação de genes dominantes e recessivos (RR, LL), foi feita a relação da meiose com a primeira lei de Mendel, heterozigoto, homozigoto. Foi lembrado o uso de um genograma para a resolução dos problemas, não foram resolvidos muitos problemas.

Apresentou a fórmula para calcular o número de gametas diferentes possíveis, 2^n
Apresentou como fazer o cruzamento para saber quais os tipos de gametas podem ser formados.

Encerrou a aula com um vídeo sobre o projeto genoma humano.

Anexo 2 - Anotações referentes à aula 2

Os alunos ganharam faixas de incentivo dos pais pela conclusão do ensino médio.

As faixas são colocadas na frente da escola

Entrega da segunda lista de exercícios de genética e resolução dos exercícios em grupo com auxílio da professora durante o segundo período de aula.

Número de alunos 24.

Conteúdo trabalhado no primeiro período epistasia; herança quantitativa, Regra do E e do ou

Livro utilizado pelos alunos: Terceirão da FTD

Professora resolve alguns exemplos

pleiotropia

Discute sobre fenilcetonúria. Da alguns exemplos

Fala sobre teste do pezinho

Um aluno insistiu em responder que a probabilidade de suas moedas caírem com a face coroa voltada para cima era de 40%, fez a leitura que um quarto equivalia a 40%.

Alguns alunos buscam livros, na biblioteca, referindo-se que o livro de consulta era ruim.

O livro mostra alguns conteúdos atualizados de Genética (engenharia genética).

O coordenador entra na sala e fala do prêmio ganho por um aluno pelo um trabalho de arte em um concurso da aracruz.

A disposição dos alunos é um atrás do outros sentados em dupla, mas interagindo sobre o conteúdo e outros assuntos.

Várias discussões sobre a formatura.

Cruzamentos feitos pela professora como exemplo

Os alunos pedem auxílio à professora

Bbli X Bbli

Motivação dos alunos?

Uma aluno vem me perguntar o que é epistasia.

Os exercícios valem dois pontos na média final.

Gravação

Primeiro momento

Vocês sabem que, hoje, é a última aula, aula. Então como, hoje é a última aula a gente vai terminar um pedacinho da matéria que ficou faltando, porque na próxima semana vocês sabem que vai ter as apresentações dos documentários, vocês lembram? Então quem ainda não fez tem uma semana para tentar, lembrando que este trabalho vale quatro pontos, uma lista de exercícios de Genética que vai valer dois pontos conforme o combinado e na quarta-feira, viu caca, eu passo um último material que vai valer três pontos, então gente lembrando que segunda feira a gente vai ocupar o primeiro período para apresentação dos documentários, ta gurias, hoje, então a gente termina um pedacinho do conteúdo de Genética, que é importante, e depois no, segundo período, exercícios, pra entregar na próxima segunda-feira a lista de exercícios.

Lembra da epistasia quando um gene tem a capacidade ...

Façam esse cruzamento rapidinho, dá tempo ainda, pois é estão vendo o isão gene epistático quando aparece ele anula, ele inibe, isto é epistasia, então quantos fenótipos serão manifestado neste cruzamento, e quantos serão inibidos. É só observar a presença deste gene aqui. Este gene se sobressai, porque este gene é um gene epistático, isso é epistasia. Quantos tu conseguiu aí? Três?

Um indivíduo com um fenótipo BBII tem genes epistáticos e tem um BB que determina cor de plumagem esse fenótipo vai conseguir se manifestar? O BB, não né. Porque o I impede a manifestação do outro genótipo, então esse indivíduo não

vai ter a manifestação para cor de plumas. Dessa forma quem fez... O que eu tenho que analisar, se houver a presença deste gene epistático outro gene vai ser inibido. Que nome tem este gene que vai ser inibido? Opa como é que é Camile? Hipostático. Então quem está inibindo é um gene epistático e que está sendo inibido é um gene hipostático. Tem alguma dúvida. Certamente alguém tentou, tem como haver dúvida. Tem cinco alunos que fazem progressão na disciplina de biologia, então o que acontece se eles rodarem na progressão eles repetem, voltam para o segundo ano. Teve um caso de um menino que passou no terceiro ano, e rodou na progressão. O que acontece na maioria das vezes eu que trabalho com Biologia dou trabalhos. Esse prova que eu estou entregando, hoje, é um trabalho com consulta, sete pontos de trabalho. Quem tem o polígrafo, vamos dar uma revisada, hoje, página 63, eu quero dar uma olhada com vocês, "62 e 63 eu quero dar uma olhada com vocês, este é o terceirão tem todas as disciplinas. Ali herança quantitativa quem saberia me explicar pelo nome herança quantitativa, pois é quantidade. Ou seja quanto mais genes eu receber para uma determinada característica, quanto maior número de genes eu receber de herança do meu pai, ou gerações anteriores, eu tenho uma determinada característica um determinado fenótipo, então a herança quantitativa é assim, quanto mais genes, como exemplo, cor da pele, cor dos olhos, altura, peso. Então que dizer que quantos mais genes será determinado o meu fenótipo. Há então quer dizer que eu sou baixinha porque eu herdei tantos genes para altura dos meus pais? Sim. Se eu tivesse recebido uma quantidade de genes.

Interrupção para pedir colaboração dos alunos.

Bom então o fofão é um exemplo de herança quantitativa, todos nós somos, mas é um exemplo que claro, ele recebeu uma quantidade de genes para altura do pai, que já era uma pessoa alta que se somaram aos genes da mãe e que por sua vez saiu uma criancinha, maior que o pai e a mãe. Entenderam?

Momento de descontração

Vocês já conseguem ter uma idéia do que é herança quantitativa: quantidade de genes vai ter um determinado fenótipo.

Agora assim que é que com sua linda voz poderia fazer a leitura daquele pedacinho de texto da página 62. Quem vai ler para nós. Matheus manda. ...

Foi o que a gente disse? Foi. A medida de que um gene está sendo acrescentado a outro e a mais outro isso vai influenciando na característica do indivíduo vai ter, vocês entenderam? Um exemplo muito legal da gente usar é cor de pele a medida em que um gene AABB determinam uma quantidade muito alta, uma grande quantidade de melanina na pele então eu posso dizer que um indivíduo que tenha esse genótipo é um indivíduo de pele? – Negra – Ta – Em compensação o indivíduo que não tenha nenhum genes desse genótipo é considerado branco, conseguem visualizar essa diferença. Herança quantitativa a gente trabalha assim: cada gene somado ao genótipo influencia no fenótipo. Um indivíduo assim que não apresenta um dessa totalidade de genes é da tonalidade mulato escuro, um neguinho. Um indivíduo AaBb, olha ariana. O que mudou. Começa diminuir a quantidade de melanina, esse cara aqui que não tem nenhum A e nem um B ele tem pouca quantidade de melanina, vocês conseguem ver isso, então a cada gene que for somado eu tenho uma modificação no fenótipo, por exemplo este indivíduo aqui é mulato escuro. Tem o exemplo no polígrafo. Tem no polígrafo este exemplo? Não é igual troca as letras. Em que página está Querson? "63. Dêem uma olhadinha na página 63 para acompanhar este exemplo. Página 63, isso, mulato médio, vamos tirar mais um gene daqui, Aabb, qual o fenótipo que vai resultar daqui? Vai ser o mulato? Claro. O que eu quero que vocês saibam herança quantitativa depende da

quantidade de genes para aquela característica, para aquele fenótipo se manifestar. Entenderam? Agora vocês façam este cruzamento no caderno, vamos usar o exemplo do livro um homem negro com uma mulher branca, $AABB \times \dots$ como é o filho deles. Fazer. Qual é o primeiro passo gente? Tirar os gametas. Então como é que fica os gametas $AB\dots$ E assim são indivíduos com qual fenótipo? Mulato Médio.

Aviso da coordenação

O primeiro aviso é que o aluno Gabriel ganhou o prêmio da Aracruz.

O prêmio, claro que o mais importante foi ter participado. Ele ganhou um Ipod de última geração e a escola ganhou duzentos livros para biblioteca.

A questão dois é que o Kazuca estará presente na escola amanhã. O que eu quero pedir a todos é que os mais adestrados cuidem dos menos adestrados. Eu quero pedir para todos que fazem parte desse grupo escolar que seria muito importante que participe das coisas com empenho. Como vocês são terceiro ano médio estão saindo participar não significa badernar. Terceira questão, Recomendações para formatura, definições de contrato, música...

Então tá. Quais são os gametas deste indivíduo aqui? $ABAb \text{ ab}\dots$ então tem que fazer mais uma aula à noite. Então agora genograma. E a proporção genotípica e fenotípica, vamos rapidinho. Negro, mulato escuro, mulato médio, branco. Se tem a presença de um gene mulato claro, Gente proporção genotípica vocês sabem. Conta quais são parecidos. Eu quero ver que eu vou poder ajudar quando me chamarem. O $AaBb \times Aabb$ e agora essa é a proporção genotípica. Dois genes para melanina é o mulato médio, se eu tiver um gene para melanina, mulato claro, mulato claro. Estão entendendo isso aqui. Conforme a quantidade de genes o fenótipo vai modificando. Se eu tivesse quatro genes que determinam a formação de melanina nele ela é uma pessoa de pele negra. Se eu tiver nenhum genótipo para pele negra, branco, se eu tiver um gene, mulato claro, se eu acrescentar dois genes, mulato médio, três genes mulato escuro, quatro genes, negrão, pele negra, entendeu. Isso é herança quantitativa quanto maior a quantidade de genes é aquele fenótipo. Então como fica a proporção fenotípica: 1:2:1 certo um mulato médio para dois mulato claro para um branco. Isso é proporção fenotípica. Vai sempre dar essa ordem professora? Não importa a ordem. É uma leitura que tu fez. Vamos fazer um cruzamento desses aí: um mulato médio \times com uma mulher também mulata médio. Vamos fazer a leitura para tu ver. Façam esse cruzamento aqui agora. Tira os gametas vamos lá. Eu tenho Um genótipo $AaBb$ Um genótipo $Aabb$ um genótipo $aaBb$ e um genótipo $aabb$. Se desse repetido eu somaria e colocaria o número dois. Então seria 1:2:2:1.

O exercício de vestibular coloca geralmente o fenótipo e logo abaixo apresenta a proporção. Vamos fazer agora os exercícios tem coisa desse tipo.

Tá pronto o cruzamento aqui. O que importa é que se haver um gene daquela característica vai somando. Pronto. Vou apagar e fazer aqui do lado. Herança quantitativa para altura a cada gene que eu estou inserindo eu vou ter alguns centímetros mais alto. Que não tem a altura que desejava ter agradeça ao pai e a mãe que não passaram a quantidade de altura e quem é alto de mais e não gosta é que recebeu gene demais para altura do que gostaria de receber. Às vezes um gene torna a pessoa três centímetros, vinte centímetros mais alta. Por isso que entre irmãos a gente pode ter um irmão muito mais alto do que a gente, sendo filho do mesmo pai e da mesma mãe. O Que isso quer dizer. Quer dizer que a cerca é baixa. Olha aqui gente exercício de herança quantitativa vocês vão trabalhar cor de pele, altura, peso, que têm pessoas a tendência a ser mais gordinho, que dizer que tem o fator genético. Que é mais gordinho às vezes na mesma família... a outra irmã é

magra, a outra abriu a boca com o vento já engordou, porque tem genes que determinam que ela tenha uma estrutura corporal maior que seu outro irmão. Então cor dos olhos. Se um irmão tem uma coloração mais clara que outro nem por isso quer dizer que não são filhos do mesmo pai e da mesma mãe. Por que o esclerótico é branco? Não sei. Vamos pesquisar. Vamos fazer aqui gente. AABB x AAbb. Pronto? Mesma coisa proporção genotípica e fenotípica. Eu quero saber principalmente a proporção fenotípica. Conhecem a regrinha do E do OU? Rodrigo abre o caderno. Daqui a pouquinho vai ter alguém me perguntando como fazer.

Aqui tem duas formas de fazer um é colocar direto no quadrinho de punet e outra e retirar as características e multiplicar no final, por exemplo, qual a probabilidade de um filho da Bárbara nascer, vamos ver aqui uma característica qualquer, olho claro, ta o que tu quer dizer, uma filha da Babara com o Gabriel nascer com o olho claro e pele mulato claro, por enquanto eu só quero que preste atenção, depois vocês discutem a relação aí, eu falei duas características e valei e no meio, então quando eu pedir, o exercício pedir uma situação que a gente pode observar ao mesmo tempo, simultânea, o que eu faço, eu vou multiplicar. Quais são as probabilidade de duas moedas cair com as duas faces coroas, eu vou multiplicar a probabilidade de cada moeda cair com a face cora. Qual é a probabilidade? Quarenta por cento. Quarenta por cento não. Quarenta por cento. Não. Quantas faces tem uma moeda? Duas. Eu quero que ela caia com as duas faces coroas voltadas para cima. Então eu tenho dois lados e uma chance de obter o resultado. Então a probabilidade da moeda cair cara ou coroa certo é $\frac{1}{2}$ ou 50% . Agora eu quero saber com duas moedas caíam com a face coroa. Quarenta por cento professora. Um quarto. Eu multiplico a probabilidade de uma moeda cair com a face coroa pela probabilidade da outra moeda que é de um quarto. Quarenta por cento. Há teve gente que falou dois quartos. E uma chance em quarto é. Quarenta. E uma chance em duas quanto é? Cinquenta. É isso? Eu queria calcular as duas moedas caindo ao mesmo tempo com a face coroa. Agora se eu pegar um dado um dadinho, quantas faces tem o dado? Depende? Não. Se eu tocar o dado para cima e quero que o número 1. Coloca um pezinho no outro lado. Eu tenho uma chance em seis concordam. Agora se eu quiser saber qual a probabilidade de sair o número 1 ou o número quatro eu também tenho duas chances de sair. Mas não vai poder cair no 1 e no quatro. Ele vai cair ou no 1 ou no 4. O que eu vou fazer daí? Eu vou somar. Há me ajuda: um $\frac{1}{6} + \frac{1}{6}$. E quanto é que isso dá? $\frac{2}{6}$. Dá para simplificar? Dá $\frac{1}{3}$

Gente só um pouquinho. Tem uma parte no livro que chama pleitropia. Vamos pegar aquele exemplo. Vamos dar uma lida ali. Para tudo aí, viu João, no quadro está fundamentalmente o que eu preciso saber sobre pleitropia... Tem haver em genética um gene determina uma determinada característica e só isso não fiquem sabendo que existem genes, existem genes Carol que são genes pleiotrópicos, que, que é isso um único gene tem capacidade de determinar ou de influenciar a determinação de muitas características ao mesmo tempo. Tem alguns genes que mata professora? Tem sim alelos letais. Tu lembra isso da outra aula. Não. A pessoa pode portar um alelo letal que em homozigose recessiva ele se torna letal. Gente prestem atenção aqui por favor. Um caso freqüente que a gente trabalha em pleotropia é o seguinte é... a fenilcetonúria. Já ouviram falar. Não. Essa doença fenilcetonúria é o seguinte são pessoas que o organismo ele não consegue converter fenilalanina, vocês já pararam para ler o que tem na coca-cola lite, nunca pararam para ler? Coca-cola l sei lá ou algum produto lite já leram? Ninguém tem uma lata aí de coca-cola para gente dar uma olhada, por exemplo, ali está escrito contém fenilalanina, que tomar o refrigerante a partir de hoje vai saber que está

tomando fenilalanina. Este é um ingrediente do refrigerante. Agora tem pessoas que não conseguem converter fenilalanina, porque elas possuem uma enzima defeituosa de um gene pleiotrópico que produz uma enzima que em vez de converter a fenilalanina ela acumula essa substância e a transforma em um ácido fenilpirúvico. Esse ácido, em grandes concentrações, ele pode ser acumulado no tecido nervoso e principalmente nas crianças ele vai causar grandes problemas. A fenilcetonúria ela é descoberta já no teste do pezinho, por isso é importante o recém nascido fazer o teste do pezinho. Nem se não tivesse seria importante fazer, se alguém pretende, aqui, ter um filho um dia. O teste do pesinho pode identificar outras doenças professora, síndrome de Down? Existe outro exame que ele é bem evasivo na mulher que pode ser feito lá pelo terceiro mês de gravidez de gestação que é coletado o líquido amniótico só que existe o risco, tem mães que não desejam saber, tem mães que vão criar a criança igual se tiver Dow, vai influenciar no aborto, elas preferem não fazer o exame e levar a gravidez a diante, entendeu? É bem invasivo o exame, mas tem. Bom então vamos voltar para o nosso problema aqui. Então durante a vida a pessoa tem que tomar cuidado, sempre para ver o que está consumido. Gente se eu estou falando o que vocês já sabem, se eu peço perdão aqui. Quer saber vem cá. Eu vou explicar para quem quiser saber. O que quer dizer fenilalanina.

Vocês lembram quando a gente trabalhou os aminoácidos, a origem etimológica, não sei te dizer, mas é um tipo de aminoácido não essencial, dentro dos essenciais que nosso corpo produz. Vamos voltar para o problema gente, essa substância convertida em ácido fenil pirúvico, como a criança está ainda com o sistema nervoso em formação, vai até os seis anos o sistema nervoso ainda está em desenvolvimento ele pode se acumular na medula espinhal e causar lesões cerebrais, além de lesões cerebrais, lesões no tecido nervoso, por exemplo, uma criança que até os quatro anos não teve o diagnóstico para fenilcetonúria e não teve o cuidado ela pode ter problemas de retardo mental e etc e etc. Outra coisa além desse problema de retardo mental essa doença também influencia na pigmentação da pele, as pessoas que são portadoras dessa doença elas tem a pele clara, então, assim, aonde é que eu quero chegar com isso, gente, apenas um gene, determinou todos estes aspectos, todos estes fenótipos, isso influenciou em todos estes níveis de formação do indivíduo e por esta razão a gente trabalha esse tipo de gene como gene pleiotrópico, esse é um exemplo bem complexo de indivíduo que não consegue assimilar, vamos fazer um leitura, isso vocês não têm no polígrafo, por isso eu achei interessante trazer para vocês, se isso não aparece no vestibular aparece na vida. Eu volto a falar e conto com a vontade de vocês, acho que já valeu a pena ter passado pelo colégio, vocês estão terminando, não cai em prova, porque não vai ter prova, então é por isso o desinteresse relativo, eu acho que me grande erro foi dizer no início do bimestre que não teria prova, porque isso influencia o aluno, isso influencia o aluno sim, por isso meia dúzia prestou atenção no que eu tinha para falar e os outros acharam que eu não precisaria saber. Aluno pergunta sobre um exemplo do livro, a professora fala este também é um gene pleiotrópico, apresenta fenótipo peito escavado, joelho para dentro, mal formação palatal. O que é peito escavado? Peito para dentro. Alterações no cristalino, miopia...Tudo causado por um gene só. Tu conheces uma pessoa assim com o peito escavado, é isso ai é um exemplo. Como não há dúvidas vocês estão prontos para fazer os exercícios. Podem sentar em duplas e é para entregar na próxima quarta-feira.

ANEXO 3 - Anotações e transcrição da gravação da aula 3

Última aula do semestre, a professora faz algumas perguntas sobre Darwin e Lamark para os seus alunos e distribuí dois textos para os alunos elaborarem uma teoria darwinista ou lamarkista sobre o conteúdo dos textos de uma reportagem.

Gravação

Hoje, eu tenho a última atividade para passar para vocês ainda valendo nota para fechar o bimestre, a folha de exercícios de genética fica para segunda-feira a entrega enquanto eu faço a outra atividade que é a leitura de um texto e a elaboração de uma análise deste texto, isso vai valer ponto, dois pontos, para que se interessar, acho que vale apenas, então eu vou entregar o texto para vocês, foi retirado de uma revista e tem haver com genética, que é o assunto que a gente está trabalhando e também com o próximo assunto do polígrafo de vocês são as teorias evolucionistas. Alguém aqui já ouviu falar em Lamark e Darwin? Sim. Sim. O que ouviram falar bem, mal, o que sabem deles? Teoria da Vida. Não. Teoria evolutiva. Será que é isso? É teoria da vida. Quem mais? Só a Maré, a... tem alguma coisa a dizer. Seleção natural. Há está seleção natural. Está começando a melhorar. Quem mais tem algo mais a dizer? Como? Será que essa teoria tem haver com a origem da vida, explicam a origem da vida ou são teorias que a evolução dos seres vivos? A evolução dos seres vivos? Há são teorias que tem mais haver com a evolução dos seres vivos. O exemplo da girafa. É o exemplo da girafa. Há professora eu fiz um documentário que foi esse o tema. Gente eu não preciso do nino aqui para poder trabalhar? Eu vou pedir para o Nino ficar aqui como um guarda parado para que a aula aconteça. Ainda mais se tratando de uma aula em que o trabalho vale nota? Quem está tranquilo não precisa de n.ta acho que poderia respeitar aqueles que precisam e os que precisam não é necessário nem Então esse trabalho é sobre as duas grandes teorias que tentam explicar a evolução das espécies, como é que as espécies ao longo do tempo se transformaram, se adaptaram ao ambiente, ao meio ambiente e como os seres surgiram a partir dessas transformações e essas transformações foram passado através das gerações. Então essas duas teorias elas tentam explicar como isso acontece, aconteceu e vem acontecendo. Quer dizer que nós continuamos evoluindo ou vocês acreditam que a evolução parou? Como é que é Marta. Tem crianças que não nascem mais com o apêndice. O dente do cizo. Vocês consideram isso uma adaptação? Por que? Por que não é útil. Uma das teorias diz que o que é usado conserva, o que não é usado descarta, pois ao longo das gerações elas foram perdendo características que não tinha utilidade nenhuma. Discussões sobre problemas de apendicite.

Eu vou trazer folhas para vocês para que lêem o texto sobre duas teorias, a primeira teoria e a de Lamark, a do pescoço da girafa. Essa teoria então ela diz o seguinte: o que é usado permanece naquela espécie e o que entra em desuso começa evolutivamente perder. Darwin dá outra explicação para a evolução das espécies. No polígrafo de vocês tem a teoria de Lamark e Darwin. Leiam o texto leiam o que diz a teoria e façam uma hipótese darwinista ou lamarkista para explicar a repro

ANEXO 4 - Exercícios propostos aos alunos

- O que é interação gênica?
- Em galinhas, a presença do gene **E** (dominante) determina crista ervilha e a presença do gene **R** (dominante) determina crista rosa. Se ambos os genes dominantes estiverem presentes, a crista é do tipo noz. A ausência de ambos os genes dominantes determina crista simples. Qual a proporção genotípica e a fenotípica resultante do cruzamento de EERr com Eerr?
- O que é epistasia?
- Galinhas com o gene dominante **C** têm penas coloridas, a não ser que esteja presente o gene dominante **I**, que inibe **C** e produz cor branca. O gene recessivo **i** não tem efeito inibidor, e o genótipo **cc** origina cor branca. Qual o resultado do cruzamento de duas aves duplamente heterozigotas?
- O que é epistasia recessiva? Dê um exemplo.
- Sabendo que a ausência de qualquer um dos genes dominantes não-alelos **D** e **E** provoca surdez, qual a proporção genotípica e a fenotípica de um casal com genótipo DdEe e ddee?
- O que é herança quantitativa? Exemplifique.
- Supondo que a cor da pele humana seja determinada por três pares de genes de efeitos cumulativos, situados em cromossomos diferentes, quantas classes diferentes de pigmentação poderiam ser identificadas?
- O que significa efeito pleiotrópico?

Vestibular: questões de múltipla escolha

- (PUC-RJ) Em Genética, o fenômeno da interação gênica consiste no fato de:
 - uma característica provocada pelo ambiente, como surdez por infecção, imitar uma característica genética, como a surdez hereditária.
 - vários pares de genes não-alelos influenciarem a determinação de uma característica.
 - um único gene ter efeito simultâneo sobre várias características do organismo.
 - dois pares de genes estarem no mesmo par de cromossomos homólogos.
 - dois cromossomos se unirem para formar um gameta.
- (Ufal) A forma da crista em galinhas é condicionada pela interação de dois pares de alelos localizados em cromossomos não-homólogos. A presença do alelo **E** determina crista ervilha e a do **R**, crista rosa. A presença de **E** e **R** em um mesmo indivíduo condiciona crista noz e a ausência, crista simples. Se uma ave heterozigótica de crista ervilha for cruzada com uma homozigótica de crista rosa, espera-se na descendência uma proporção fenotípica de:
 - 9 noz : 3 ervilha : 3 rosa : 1 simples.
 - 9 noz : 6 ervilha : 1 rosa.
 - 3 rosa : 1 ervilha.
 - 1 ervilha : 1 rosa.
 - 1 noz : 1 rosa.

aglutinogênio no sangue, mas pertencem a grupos sanguíneos diferentes; Paulo possui duas aglutininas no soro; Monalisa pertence a grupo sanguíneo diferente dos de Andréa, Paulo e Pedro; Cristian pode receber sangue de apenas duas das pessoas citadas. Com esses dados, é correto dizer que Cristian poderia pertencer ao mesmo grupo sanguíneo de:

- Pedro ou Paulo.
- Pedro ou Andréa.
- só de Paulo.
- Andréa ou Paulo.
- Paulo ou Monalisa.

4 (Fuvest-SP) Uma mulher do grupo sanguíneo A, cuja mãe era do grupo O, casa-se com um homem doador universal. Os grupos sanguíneos dos prováveis filhos do casal poderão ser:

- A ou AB.
- A ou B.
- apenas A.
- apenas O.
- A ou O.

5 (UPE) Tem-se como estatisticamente comprovado que grande número de abortos se deve a uma incompatibilidade sanguínea materno-fetal, condicionada por uma determinação genética. Em tais casos, os possíveis genótipos do pai e da mãe são, respectivamente:

- $I^B I^B R h R h \times I^A I^A r h r h$.
- $i i r h r h \times I^A I^A r h r h$.
- $I^A I^A r h r h \times i i r h r h$.
- $I^B I^B r h r h \times i i R h R h$.
- $I^B I^B R h R h \times I^B I^B R h R h$.

6 (UFRGS) Em uma transfusão de sangue, um indivíduo AB, Rh⁺ recebe sangue de um indivíduo A, Rh⁻. Nessa transfusão, espera-se que:

- não ocorra choque, pois o soro do receptor não possui aglutininas, e o doador não possui o fator Rh.
- ocorra choque, pois as hemácias do doador possuem aglutinogênio A, e o receptor possui o fator Rh.
- ocorra choque, pois o soro do doador contém aglutinina anti-B, que aglutinará as hemácias do receptor.
- não ocorra choque, pois as hemácias do receptor são indiferentes às aglutininas anti-A do soro do doador.
- não ocorra choque, pois o soro do doador não possui aglutininas incompatíveis com os aglutinogênios do receptor.

7 (Cesgranrio-RJ) Em coelhos, conhecem-se alelos para a cor de pêlo: **C** (selvagem), **c^{ch}** (chinchila), **c^h** (himalaia) e **c^a** (albino). A ordem de dominância de um gene sobre outro ou outros é a mesma em que foram citados. Cruzando-se dois coelhos várias vezes, foram obtidas várias ninhadas. Ao final de alguns anos, a soma dos descendentes deu 78 coelhos himalaia e 82 coelhos albinos. Quais os genótipos dos coelhos cruzantes?

- $c^{ch} \times c^{ch} c^a$
- $CC \times c^a c^a$
- $c^{ch} c^a \times c^a c^a$
- $c^{ch} c^a \times c^{ch} c^a$
- $c^{ch} c^a \times c^a c^a$

8 (UFRGS) Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas no texto seguinte.

Uma mulher é do tipo sanguíneo Rh⁻, homozigota recessiva, e seu marido é Rh⁺. Se ele for _____, _____ Rh⁺. A mãe reconhecerá os glóbulos vermelhos do embrião como estranhos e produzirá anticorpos anti-Rh. Isso só acontecerá quando houver passagem do sangue do embrião para a circulação materna.

- homozigoto, nenhum dos filhos será
- heterozigoto, todos os filhos serão
- homozigoto, todos os filhos serão

ANEXO 4 - Exercícios propostos aos alunos – continuação

10 (Vunesp) Márcia desconhecia qual era seu fator Rh, embora soubesse que não poderia receber transfusão de sangue Rh positivo; sabia, ainda, que um de seus irmãos, ao nascer, havia apresentado eritroblastose fetal e que seu pai era Rh positivo, filho de mãe Rh negativo. Com base nessas informações, pode-se admitir que, em termos do fator sanguíneo Rh, Márcia:

- pertence ao mesmo grupo da mãe, embora ela seja homocigota e sua mãe, heterocigota.
- é necessariamente homocigota, a exemplo do que acontece com o genótipo de seu pai.
- poderia receber transfusão sanguínea de seu pai, mas nunca poderia recebê-la de sua mãe.
- pertence a um grupo diferente de seu pai; no entanto, apresenta genótipo e fenótipo iguais aos de sua mãe.
- é necessariamente heterocigota, a exemplo do que acontece com o genótipo de sua mãe.

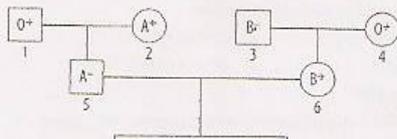
11 (PUC-RS) Uma mulher com sangue do tipo A/Rh⁺/MM é casada com um homem com tipo sanguíneo B/Rh⁺/NN. Qual das alternativas abaixo indica o tipo sanguíneo de uma criança que não poderia ter sido gerada por esse casal?

- A/Rh⁺/NN
- A/Rh⁻/MN
- AB/Rh⁻/MN
- O/Rh⁺/MN
- O/Rh⁻/MN

12 (Mack-SP) A respeito da eritroblastose fetal, assinale a alternativa correta.

- É caracterizada pelo rompimento de hemácias na corrente circulatória da mãe Rh⁻ por ocasião do parto do segundo filho Rh⁺.
- Ocorre quando a mãe Rh⁻ é sensibilizada, ou seja, produz aglutininas anti-Rh, que são transferidas para a criança Rh⁺ através da placenta.
- Para que essa doença ocorra, é necessário que a criança afetada seja homocigota para o fator Rh.
- Se a mãe já teve uma criança com essa doença, todos os seus próximos filhos serão igualmente afetados.
- Para que uma criança seja afetada é necessário que o pai seja homocigoto para o fator Rh.

13 (Vunesp) Observe a genealogia.



Para o casal 5-6, que pretende ter muitos filhos, foram feitas as quatro afirmações a seguir.

- O casal só terá filhos AB e Rh positivo.
- Para o sistema ABO, o casal poderá ter filhos que não poderão doar sangue para qualquer um dos pais.
- O casal poderá ter filhos Rh positivo, que terão suas hemácias lisadas por anticorpos anti-Rh produzidos durante a gravidez da mãe.
- Se for considerado apenas o sistema Rh, o pai poderá doar sangue a qualquer um de seus filhos.

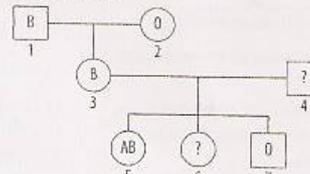
São corretas apenas as afirmações:

- II e IV.
- I, II e IV.
- II, III e IV.
- I, II e III.
- I e III.

14 (Vunesp) A transfusão de sangue do tipo B para uma pessoa do grupo A resultaria em:

- reação de anticorpos anti-B do receptor com os glóbulos vermelhos do doador.
- reação dos antígenos B do receptor com os anticorpos anti-B do doador.
- formação de anticorpos anti-A e anti-B pelo receptor.
- nenhuma reação, porque A é receptor universal.
- reação de anticorpos anti-B do doador com antígenos A do receptor.

15 (Unip-SP) Na genealogia a seguir aparecem os grupos sanguíneos do sistema ABO. Qual é a probabilidade de 6 ser heterocigoto?



- 25%
- 33%
- 50%
- 66%
- 75%

16 (PUC-RS) Antônio, que pertence ao grupo sanguíneo B, casa-se com Renata, que é do grupo A. O primeiro filho desse casal apresenta o grupo sanguíneo O. Qual a probabilidade de que o próximo filho desse casal seja do grupo sanguíneo A?

- 0%
- 25%
- 50%
- 75%
- 80%

ANEXO 5 - Material de uma situação proposta pela professora para os alunos



DRAUZIO VARELLA



PARENTESCO. Ancestrais africanos são comuns a todos

A negritude dos europeus

Novas pesquisas genéticas estimam que a cor branca apareceu na Europa entre 6 mil e 12 mil anos atrás

Nossos ancestrais europeus foram negros durante dezenas de milhares de anos.

Essa hipótese foi formulada 30 anos atrás por um dos maiores geneticistas do século XX, Luca Cavalli-Sforza, depois de conduzir estudos genéticos em centenas de grupos étnicos ao redor do mundo.

Para enunciá-la, Cavalli-Sforza partiu de evidências genéticas e paleontológicas sugestivas de que nossos ancestrais devem ter chegado ao Norte da Europa há cerca de 40 mil anos, depois de passar 5 milhões de anos no berço africano. Esses primeiros imigrantes eram nômades, caçadores, coletores, pescadores e pastores que se alimentavam predominantemente de carne. Dessa fonte, os primeiros europeus absorviam a vitamina D, imprescindível para a absorção de cálcio no intestino e a boa formação dos ossos.

Nos últimos 6 mil anos, quando a agricultura se disseminou pelo continente, fixou o homem à terra e criou a possibilidade de estocar alimentos, a dieta europeia sofreu mudanças radicais. A adoção de uma dieta mais vegetariana trouxe vantagens nutricionais, menor dependência da imprevisibilidade da caça

e da pesca, aumentou a probabilidade de sobrevivência da prole, mas reduziu o acesso às fontes naturais de vitamina D.

Para garantir que o metabolismo de cálcio continuasse a suprir as exigências do esqueleto, surgiu a necessidade de produzir vitamina D por meio de um mecanismo alternativo: a síntese na pele mediada pela absorção das radiações ultravioleta da luz solar.

De um lado, a pele negra incapaz de absorver os raios ultravioleta na intensidade que o faz a pele branca; de outro, as baixas temperaturas características do Norte da Europa, que obrigaram os recém-saídos da África tropical a usar roupas que deixavam expostas apenas as mãos e o rosto, criaram forças seletivas para privilegiar mulheres e homens de pele mais clara.

Num mundo de gente agasalhada dos pés à cabeça, iluminado por raios solares anêmicos, levaram vantagem na seleção natural os europeus portadores de genes que lhes conferiam concentrações mais baixas de melanina na pele.

As previsões de Cavalli-Sforza enunciadas numa época em que a genética

Matéria: Genética / Genética / Carta na Escola
www.cartanaescola.com.br

não dispunha das ferramentas atuais, acabam de ser confirmadas por uma série de pesquisas.

No ano passado, ocorreu o maior avanço nessa área: a descoberta de que um gene, batizado de SLC24A5, talvez fosse o responsável pelo aparecimento da pele branca dos europeus, mas não dos asiáticos.

Em outubro de 2005, o grupo de Keith Cheng, da Pennsylvania State University, publicou na revista Science um estudo demonstrando que existem duas variantes desse gene (dois alelos). Dos 120 europeus estudados, 98% apresentavam um dos alelos, enquanto o outro alelo estava presente em praticamente todos os africanos e asiáticos avaliados.

Trabalhos posteriores procuraram elucidar em que época essa mutação genética teria emergido entre os europeus.

Com emprego de técnicas de sequenciamento de DNA, o gene SLC24A5 foi pesquisado em 41 europeus, africanos, asiáticos e indígenas americanos.

Pelo cálculo do número e da periodicidade com que ocorrem as mutações, os autores determinaram que os alelos responsáveis pelo clareamento da pele foram fixados nas populações europeias há 18 mil anos.

No entanto, como a margem de erro nessas estimativas é grande, os autores também sequenciaram outros genes localizados em áreas próximas do genoma. Esse refinamento da técnica permitiu estimar o aparecimento da cor branca da pele europeia num período que vai de 6 mil a 12 mil anos.

Esses estudos têm duas implicações:

- 1) Demonstram que as espécies modernas de que os seres humanos modernos teriam aparecido há 45 mil anos e que não teriam mudado desde então estão ultrapassadas. Nossa espécie está em constante evolução.
- 2) Demonstram como são ridículas as teorias que atribuem superioridade à raça branca. De 5 milhões de anos, quando os primeiros hominídeos desceram das árvores nas savanas da África, a meros 6 mil a 12 mil anos, éramos todos negros. ■

“Vou subir a ladeira lenta em que os caminhos se fundem.”

CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE (1902-1987)

www.cartanaescola.com.br



FALSA RAÇA. Pessoas de distintos grupos étnicos têm genes semelhantes

Filhos da África

BIOLOGIA Estudos mostram que a cor da pele não difere os indivíduos geneticamente, apenas indica uma adaptação sofrida por ancestrais comuns

Por Daniela Silvestre Alves, bióloga, doutora em Genética e Biologia Evolutiva pelo Instituto de Biociências da USP, professora da Universidade Metodista de São Paulo

O Projeto Genoma Humano comprovou: o número de genes que codificam as características relacionadas à categorização em “raças” ou “grupos étnicos”, como cor da pele, textura e cor de cabelo, traços faciais, é muito pequeno (poucas dezenas) em relação ao número total de genes da espécie (cerca de 30 mil). Além disso, a variação encontrada entre os perfis genéticos de pessoas consideradas da mesma “raça” é, em média, significativamente maior do que aquela encontrada entre as várias raças. Por exemplo, duas pessoas de cor de pele branca podem ser geneticamente mais distintas do que uma delas seria diferenciada de uma pessoa cuja pele é negra. Essa inconsistência entre os genes e a cor de pele fica patente em estudos que já foram realizados com grandes amostras de populações brasileiras, como o trabalho “Retrato Molecular do Brasil”, do geneticista brasileiro Sérgio Pena. Nele descobriu-se que, apesar de apresentarem a pele branca, a ancestralidade de muitos brasileiros pode ser predominantemente negra ou indígena.

Um dos poucos genes que estão diretamente envolvidos com a diferença entre as raças branca e negra é o SLC24A5, citado por Drauzio Varella em seu artigo “A negritude dos europeus”, publicado em CartaCapital. Descoberto primei-

ramente em um peixe ornamental (*Danio rerio*, o po Paulistinha), o gene é responsável por um clareamento listras do animal. Posteriormente, o mesmo gene foi lizado no genoma do ser humano e caracterizado como responsável pela diferença no tom de pele entre brancos e negros. A presença do gene SLC24A5 em organismos diversos constitui um exemplo muito didático de uma seleção pré-existente que foi selecionada positivamente do homem migrou para um novo ambiente.

A espécie humana surgiu na África há cerca de 45 mil anos

Em outras palavras, o conceito de seleção natural postulado por Darwin se faz valer. Nesse caso, a teoria de neodarwinismo e a teoria evolutiva moderna, que se baseia na teoria de Darwin revisada, das descobertas sobre a hereditabilidade das características fenotípicas de uma espécie. Ou seja: o que Darwin observava medindo os bicos de seus famosos tentos hoje é estudado diretamente com análises de DNA.

O surgimento da espécie humana se deu há cerca de 45 mil anos em berço africano, fato esse que também foi corroborado por evidências moleculares, estudando o DNA mitocondrial. Quando a nossa espécie divergiu dos demais homínidos, nossa cor de pele era predominantemente escura, certamente constituía uma vantagem evolutiva naquele ambiente, pois a melanina protege o DNA das células epi-

Fonte: Varella, Drauzio. A negritude dos europeus. *Carta na Escola*, São Paulo, n. 19 p. 30, 2007. Disponível em: <http://www.cartanaescola.com.br/edicoes/19/a-negritude-dos-europeus/>.

Fonte: SILVESTRE, Daniela. Filhos da África. *Carta na Escola*, São Paulo, n. 19, p. 31 - 33, 13 set. 2007.

ANEXO 6 - Material de outra situação proposta pela professora para os alunos.



SFORZA. Pele negra originou a branca

Apesar de os estudos intensos sobre o DNA humano serem o foco da atenção de todos neste início de século XXI, as hipóteses sobre a origem da pele branca a partir da pele negra já havia sido proposta na década de 70, muito antes do Projeto Genoma, um empreendimento internacional que em 1990 se propôs a mapear os genes existentes no DNA das células do corpo humano. O influente cientista Luca Cavalli-Sforza já havia chegado a essa conclusão, por meio de evidências paleontológicas, arqueológicas, linguísticas e, também, com base em marcadores genéticos anteriores ao sequenciamento do genoma completo.

Apoiado nesses resultados, no começo da década de 90, o próprio Cavalli-Sforza liderou um grupo de cientistas em uma verdadeira campanha para estabelecer uma grande coleção de DNA e de culturas de células de populações de diversas partes do mundo para a realização de estudos comparativos sobre variabilidade genômica. Essa iniciativa não foi completamente bem-sucedida devido à oposição de alguns grupos que duvidavam da isenção dos pesquisadores, acreditando que os cientistas estavam em busca de argumentos para a dominação de algumas etnias.

Para quem conhece as teorias do ilustre geneticista, nada mais equivocado. Nas palavras de Francesco Cavalli-Sforza, filho de Luca, que recentemente escreveu com seu pai o livro *Quem Somos? – História da diversidade humana*: “Toda essa diversidade, assim como a superfície mutável do mar ou do céu, é mínima se comparada ao infinito legado que compartilhamos e que nos une como seres humanos”.

A conclusão geral de tais descobertas científicas é que a percepção popular de que a espécie humana está dividida em raças geneticamente distintas é falsa. Cor da pele não é um critério válido para determinar a origem genética de um indivíduo, apenas demonstra uma adaptação que um de seus ancestrais apresentava e que foi fixada pela seleção natural. Esse argumento é especialmente verdadeiro em países que são “mesclas raciais”, com a miscigenação de numerosos grupos étnicos, como o Brasil. Nossa esperança, também expressada anteriormente pelo geneticista Sérgio Pena, é de que a divulgação constante das crescentes evidências de nossa ancestralidade comum possa relaxar algumas tensões sociais e permitir a existência de uma verdadeira democracia racial. ■

SAIBA MAIS
 Livro
CAVALLI-SFORZA,
 Luigi L. *Genes, Povos e Línguas*. São Paulo. Companhia das Letras, 2003.

Artigos
 Lamason et al. "SLC24A5, a Putative Cation Exchanger, Affects Pigmentation in Zebrafish and Humans". *Science*, v. 310, n.º 5.755, 2005, págs.: 1.782-1.786.
 PENA, Sérgio. "Retrato Molecular do Brasil". *Ciência Hoje*, Vol. 27, n.º 159, 2000.
 Na Internet
http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/ambiguidades_que_limitam_uma_definicao_de_raca.html
<http://www.nature.com/tpl/journal/v1/n1/pdf/6500002a.pdf>



de sofrerem mutações pelo excesso de luz ultravioleta. Os poucos representantes de pele clara (portadores do alelo SLC24A5) sofriram uma pressão seletiva muito grande pelo clima ensolarado, possivelmente tornando essa mutação raríssima na África.

A migração de uma população de seres humanos para a Europa e o advento da agricultura trouxe muitas vantagens em termos de crescimento populacional: no ano 4000 a.C., havia cerca de 7 milhões de *Homo sapiens* no mundo e, no ano 1 d.C., 170 milhões. Porém, essa mudança também acarretou alguns problemas, como a deficiência de vitamina D.

Isso ocorreu por dois fatores primordiais: diminuição da carne na dieta e baixa intensidade luminosa do continente europeu. Tal deficiência vitamínica deve ter causado graves problemas de saúde nas crianças, como o raquitismo, que gera malformação óssea, acarretando baixa estatura e ossos fracos que não suportam o peso corporal.

Outros problemas afetam também os adultos: aumento da ocorrência de diabetes, alguns tipos de câncer, baixa imunidade e osteoporose. Nessa situação, alguns humanos que apresentassem pele mais clara (pois tinham em seus genomas aquele mesmo alelo já presente desde a evolução dos peixes) não teriam esses problemas. Eles absorveriam mais radiação solar e converteriam mais vitamina D, escapando dessas doenças e, provavelmente, vivendo mais e deixando mais descendentes. Com o passar de milhares de anos, a pele clara era predominante na Europa: a pele negra simplesmente não era adaptada à dieta e ao clima europeu.

Os ancestrais de Hitler eram povos que ele considerava "inferiores"

Um deles é o pigmeu africano, que tem baixa estatura, pele escura, muita agilidade e coordenação motora, olhos alongados e narinas grandes, e todas essas características são consideradas de alto valor adaptativo para sua vida de caçador-coleto em um clima tropical muito úmido – a relação área/volume do corpo é grande permitindo uma eficiente troca de calor, por exemplo.

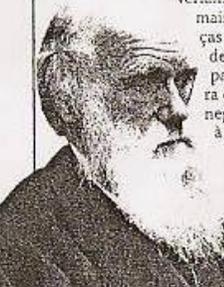
Outro povo, o esquimó, tem muita gordura subcutânea, pele mais clara, olhos pequenos e narinas pequenas, tudo perfeitamente selecionado pelas condições extremas de seu hábitat frio e seco (há, portanto, uma boa conservação de calor no corpo).

Além das implicações evolutivas, há um bônus que deriva desses resultados científicos: as ideias de superioridade de uma raça sobre as demais, tão ridículas em sua própria essência pseudo-sociológica, ainda perdem a força que ela sempre tentaram obter dos estudos genéticos. Muitos movimentos racistas procuraram recrutar cientistas que apoiassem as suas ideias em argumentos evolutivos ou genéticos. Como exemplo mais cruel e medonho deles é o nazismo. No entanto, hoje Hitler teria de conviver com a ideia comprovada cientificamente de que, em um passado remoto, seus ancestrais eram os povos que ele considerava "inferiores".

Em Sala
 GUIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS

Competência: Compreender fenômenos e construir argumentos.
Habilidade: Pesquisar, interpretar, interpretar fatos científicos, avaliar a validade de argumentos.
1 Gene comum
 Ao peixe e ao homem
 Após orientar os alunos a lerem o artigo "A negritude dos europeus", faça com que eles pesquisem mais dados sobre o gene SLC24A5. Enfatize principalmente o animal em que ele foi encontrado pela primeira vez, o peixe Paulistinha. Discuta com a classe o motivo de esse gene existir em organismos tão diferentes quanto o peixe e o homem, abordando o conceito de evolução e a "árvore da vida".

Fontes de pesquisa:
<http://www.ghente.org/clippings/clipping.php?Chave=1815>
<http://www.bbc.co.uk/portuguese/>
2 Lamarck vs. Darwin
 Divida a classe em duas turmas: uma delas pesquisará sobre a teoria de Lamarck e construirá uma hipótese lamarckista para explicar o "clareamento" da pele da espécie humana na Europa. A outra metade deverá fazer o mesmo, com base nas ideias de Darwin. Promova um debate entre os grupos.



DARWIN. Seleção natural afirma-se à luz das últimas descobertas científicas

Adaptar para sobreviver
 O homem é o único animal que se adaptou a praticamente todos os ambientes da Terra. Com isso, somos mais de 6 bilhões e o número sobe a cada dia. Essa enorme capacidade do *Homo sapiens* de se adequar a tantos ambientes conta com outros exemplos

