



UEPB

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

DUSTIMAR DE OLIVEIRA BATISTA

**HERANÇA BIOLÓGICA E CONSANGUINIDADE:
PERSPECTIVAS PEDAGÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO
PENSAMENTO CIENTÍFICO**

CAMPINA GRANDE - PB
2019

DUSTIMAR DE OLIVEIRA BATISTA

**HERANÇA BIOLÓGICA E CONSANGUINIDADE:
PERSPECTIVAS PEDAGÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO
CIENTÍFICO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Linha de Pesquisa: Metodologia, Didática e Formação do Professor no Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Orientadora: Prof. ^aDr.^a Márcia Adelino da Silva Diais

CAMPINA GRANDE - PB
2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B333h Batista, Dustimar de Oliveira.
Herança biológica e consanguinidade [manuscrito] :
perspectivas pedagógicas para o desenvolvimento do
pensamento científico / Dustimar de Oliveira Batista. - 2019.
125 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de
Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba,
Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Márcia Adelino da Silva Dials ,
Coordenação do Curso de Matemática - CCT."
1. Ensino de biologia. 2. Consanguinidade. 3. Herança
genética. 4. Pensamento científico. I. Título
21. ed. CDD 372.3

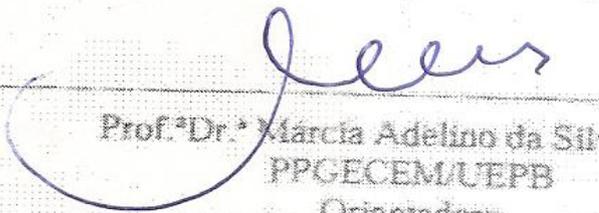
DUSTIMAR DE OLIVEIRA BATISTA

HERANÇA BIOLÓGICA E CONSANGUINIDADE:
PERSPECTIVAS PEDAGÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO
PENSAMENTO CIENTÍFICO

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Ciências
e Educação Matemática da
Universidade Estadual da Paraíba
como requisito parcial para a obtenção
do título de Mestre.

Aprovada em: 26 / 04 / 19

BANCA EXAMINADORA


Prof.ª Dr.ª Marcia Adelino da Silva Diais
PPGECEM/UEPB
Orientadora


Prof.ª Dr.ª Karla Patricia de Oliveira Luna
PPGECEM/UEPB
Examinadora interna


Prof. Dr. Jair Moises de Sousa
UFGG
Examinador externo

Ver o mundo num grão de areia
E o céu numa flor silvestre
Capturar o infinito na palma da mão
E a eternidade em uma hora

William Blake, 1803

Aos meus pais, exemplo maior de perseverança, sabedoria e humildade. Aos meus avós, Júlio Paulo de Oliveira e Josefa Maria.
A minha esposa, Gisélia Oliveira, com muito amor e carinho!

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente e de forma muito especial a Deus, fonte de todos os saberes e que sempre me deu forças nos momentos mais difíceis. Sem ele, não seria possível superar os inúmeros obstáculos, por vezes, persistentes.

Agradeço de forma especial, e com muito carinho, a minha esposa, que pacientemente conseguiu me aturar nos momentos mais difíceis do mestrado, ajudando-me na superação da ansiedade e do desânimo, tão persistentes.

Agradeço a todos os meus alunos, em especial aos do 2º Ano A da E.E.E.F.M João Ribeiro, que participaram e contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento desta pesquisa. É pensando neles que procuro incessantemente melhorar profissionalmente. A todos os funcionários dessa mesma instituição, que sempre me trataram com muito carinho e respeito.

A minha orientadora, Professora Dr.^a Márcia Adelino da Silva Diais, pela paciência e pelos momentos de descontração, mas, acima de tudo, de muita aprendizagem.

Aos professores examinadores Jair Moises de Sousa e Karla Patrícia de Oliveira Luna, que, de forma bastante carinhosa, aceitaram o convite para compor a banca. A participação de ambos foi de extrema valia para o melhoramento da pesquisa.

Agradeço a todos os colegas do mestrado pelos momentos de aprendizado, nos quais pudemos vivenciar a evolução de cada um ao longo do curso. Tais momentos nos reconduziram à posição de alunos, o que nos fez refletir o quanto ainda precisamos aprender.

Sou grato pela contribuição de todos os professores do PPGECEM que participaram direta ou indiretamente da construção de nossa pesquisa.

São dignas de nota as contribuições valiosíssimas dos amigos Josias Barros, Leandro Mario Lucas, João Genart, Grazianne, Thamires Guedes, Maria Aparecida Almeida, Roberta Paiva. A vocês, o meu muito obrigado.

RESUMO

Em pesquisas recentes sobre o ensino de Biologia, constatam-se argumentos favoráveis em aproximar a cultura científica dos conhecimentos do cotidiano discente, visto que essa via metodológica pode propiciar melhores resultados educacionais. Estudos sobre a aprendizagem de conteúdos de Genética escolar evidenciaram que alguns conceitos desse ramo da Biologia configuram-se como verdadeiros obstáculos epistemológicos. Tal situação pode ter como causa, dentre outros fatores, a falta de contextualização e a fragmentação do conhecimento em disciplinas curriculares. Nessa perspectiva, a presente pesquisa buscou analisar as evidências de ressignificação conceitual de um grupo de alunos do Ensino Médio sobre os mecanismos de herança biológica e o fenômeno da consanguinidade. Em face do contexto apresentado, optamos pela fundamentação teórica respaldada na construção do espírito científico Bachelardiano. Para o alcance do objetivo supramencionado, escolhemos uma turma do Ensino Médio da escola E.E.E.F.M João Ribeiro, do município de Gurinhém-PB. Dentre os alunos colaboradores, encontram-se aqueles oriundos das comunidades rurais, quilombolas e citadinos. Em face da heterogeneidade do grupo, buscamos compreender as variantes conceituais e/ou obstáculos epistemológicos por meio das atividades propositivas. Mediante abordagem qualitativa de caráter exploratório e descritivo, seguimos os pressupostos da pesquisa participante. Os elementos explorados na *praxis* educativa foram, a princípio, extraídos de uma entrevista e um questionário semiestruturado. Na sequência, fizemos as devidas intervenções *in loco*, utilizando a sequência didática e a observação participante como instrumentos pedagógicos para coleta de dados, cujos eventos mais importantes foram registrados em notas de campo. A partir das informações colhidas no decorrer do processo durante a intervenção, bem como no referencial teórico adotado, fizemos nossas análises e tecemos nossas considerações finais. O estudo revelou que o fenômeno da consanguinidade e os mecanismos de herança biológica como objetos de estudo, em sala de aula, contribuem para o desenvolvimento da multiplicidade conceitual, como também para a ampliação do debate em torno das diversas manifestações e expressões constitutivas, ao passo que permite aos alunos se reconhecerem enquanto construtores de novos sentidos e significados. A inserção de discussões de cunho problematizador favoreceu reflexões que contribuíram para ampliar e/ou ressignificar ideias e pensamentos que se colocavam como obstáculos ao desenvolvimento de novos conceitos.

Palavras-chave: Herança biológica. Consanguinidade. Pensamento científico.

ABSTRACT

In recent research on the teaching of biology, there are favorable arguments in bringing scientific culture closer to students' everyday knowledge, since this methodological pathway can provide better educational results. Studies on learning content of school genetics have shown that some concepts of this branch of biology are true epistemological obstacles. Such a situation may be caused, among other factors, by the lack of contextualization and the fragmentation of knowledge in curricular subjects. From this perspective, this research seeks to analyze the evidence of conceptual resignification of a group of high school students about the mechanisms of biological inheritance and the phenomenon of consanguinity. In face of the context presented, we opted for the theoretical foundation supported by the construction of the Bachelardian scientific spirit. To achieve the above objective, we chose a high school class from the E.E.E.F.M João Ribeiro school, in the municipality of Gurinhém-PB. Among the collaborators students are those from rural, quilombola and city communities. In face the heterogeneity of the group, we seek to understand conceptual variants and / or epistemological obstacles through purposive activities. Through an exploratory and descriptive qualitative approach, we follow the assumptions of the participant research. The elements explored in the educational practice were, at first, extracted from an interview and a semi-structured questionnaire. Following, we made the appropriate interventions *in loco*, using the didactic sequence and participant observation as pedagogical instruments for data collection, whose most important events were recorded in field notes. From the information gathered, during the process during the intervention, and the theoretical framework adopted, we made our analyzes and made our final considerations. The study revealed that the phenomenon of consanguinity, and the mechanisms of Biological Inheritance as objects of study, in the classroom, contribute to the development of conceptual multiplicity, as well as to broadening the debate around the various manifestations and constitutive expressions, while which allows students to recognize themselves as builders of new senses and meanings. The inclusion of discussions of problematizing nature, favored reflections that contributed to broaden and/or reframing ideas and/or thoughts obstacles to the development of new concepts.

Keywords: Biological inheritance. Consanguinity. Scientific thinking.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Mapa Mental:alguns modelos explicativos para a herança biológica	39
FIGURA 2	Mapa Mental:construção do conhecimento científico em sala de aula...	47
FIGURA 3	Alunos trabalhando na elaboração do material de coleta de dados para a entrevista	69
FIGURA 4	Roda de conversas sobre traços genéticos na prole de casais consanguíneos	72
FIGURA 5	Alunos em sala de aula durante a construção das primeiras genealogias.	74
FIGURA 6	Alunos na construção e análise das últimas genealogias	76
FIGURA 7	Algumas genealogias elaboradas pelos alunos em cartolina.....	77
FIGURA 8	Mediação docente na construção e análise das genealogias	80

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Alguns aspectos didáticos e/ou pedagógicos do ensino-aprendizagem de Genética	29
QUADRO 2	Algumas crenças cotidianas sobre o mecanismo de herança biológica...	37
QUADRO 3	Principais características sobre as concepções alternativas	45
QUADRO 4	Perfil epistemológico e conceitual extraído dos questionários e entrevistas sobre herança biológica e consanguinidade	71
QUADRO 5	Distribuição de ideias dos partícipes sobre herança biológica e consanguinidade nas três etapas propositivas	80

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Distribuição dos alunos participantes por localidade	58
GRÁFICO 2	Porcentagem dos alunos que conhecem alguém casado/a ou em um relacionamento estável com algum grau de parentesco	58
GRÁFICO 3	Relação de parentesco e patologias na prole	59
GRÁFICO 4	Fonte do conhecimento cotidiano dos alunos sobre herança biológica e consanguinidade	67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 A escolha da temática: apontamentos e proposituras	17
1.2 Estrutura da dissertação	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 O ensino de Biologia: algumas reflexões sobre o processo de ensino-aprendizagem	21
2.2 As dificuldades dos alunos na aprendizagem de conceitos biológicos	22
2.3 O ensino de Genética: dificuldades e potencialidades educativas	24
2.4 A importância dos conceitos biológicos segundo os orientadores curriculares	30
3. ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS SOBRE HERANÇA BIOLÓGICA E CONSANGUINIDADE	35
3.1 Gênese do conhecimento sobre herança biológica e consanguinidade	35
3.2 O papel do erro e concepções alternativas na formação da cultura científica na escola	40
3.3 A problematização como alternativa na formação do pensamento científico.....	50
4. METODOLOGIA DA PESQUISA	52
4.1 O contexto escolar	52
4.2 Percurso metodológico	53
5. SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA PROPOSTA DE BACHELARD: POSSIBILIDADES DE FORMAÇÃO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO SOBRE HERANÇA BIOLÓGICA E CONSANGUINIDADE	56
5.1 Apresentação e discussão dos dados	56
5.2 Conhecimentos dos alunos sobre herança biológica e consanguinidade	57
<i>5.2.1 Entrevista com o casal consanguíneo</i>	<i>69</i>
5.3 Execução das atividades propositivas pelos estudantes	71
<i>5.3.1 Resolvendo problemas: montando e analisando genealogias</i>	<i>73</i>
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS	87

APÊNDICES	95
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO	95
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO-BASE PARA A ENTREVISTA	98
APÊNDICE C – ATIVIDADES PROPOSITIVAS (SITUAÇÕES-PROBLEMA).	100
ANEXOS	105
ANEXO A – PRODUTO EDUCACIONAL	105

1. INTRODUÇÃO

É notório que, desde a tenra condição infantil, o *homo sapiens* já exhibe comportamentos de inquietação perante os objetos cognoscíveis. Apesar de não ser exclusivo da nossa espécie as manifestações de curiosidade, estas contribuem para o desvelamento do mundo à nossa volta. Manipulamos objetos de diversas formas, observamos e fazemos conjecturas, realizamos experimentos, analisamos dados e reportamos nossas descobertas. Nesse mesmo intento, convidamos terceiros para reproduzi-las. Freire (2005,p.32) vai ainda mais longe ao afirmar que não “[...] haveria criatividade sem a curiosidade” e que, nas manifestações vitais, “a curiosidade humana vem sendo histórica e socialmente construída e reconstruída”(FREIRE, 2005, p. 32).

Do ponto de vista cognitivo, percebe-se que, nesse estágio do desenvolvimento, a capacidade cognoscente das crianças ainda não foi plenamente maturada, mas, apesar das limitações biológicas e psicossociais, agimos sempre na intencionalidade do objeto desejado. Após o desenvolvimento do intelecto, em muitos de nós, os conhecimentos, oriundos das observações imagéticas, experimentações e percepções no/do cotidiano tornam-se a única via interpretativa do mundo.

Sob a superficialidade do objeto, alguns não conseguem ir além das primeiras impressões por diversos motivos. Dentre eles, a inobservância e a falta de entendimento da complexidade dos fenômenos vitais, em certa medida, nos conduzem a erros e incompreensões que envolvem até um quantitativo significativo de letrados.

Entendemos, a partir de nossas experiências cotidianas, sobretudo no tecido escolar, que a heterogeneidade conceitual e os elementos oriundos da ação concreta se entrelaçam facilmente sob as formas de elaboração de ideias, pensamentos, conceitos e preconceitos. Nesse sentido, os múltiplos fenômenos de ordem física, química, social, biológica, dentre outras, quando não explicáveis no domínio dos diversos saberes da cultura humana, produzem e/ou reproduzem explicações de natureza paradigmática. Essas proposições são construídas a partir das subjetividades dos indivíduos, constitutivas do meio no qual estão inseridos.

Na esteira de representações fenomenológicas, em especial no campo do saber biológico, a reprodução é considerada digna de nota. Referimo-nos, de maneira específica, à herança biológica e ao fenômeno da consanguinidade, ambos passíveis de significações e (re)significações, seja por meio da linguagem popular, seja através das terminologias científicas, as quais constituem uma diversidade relevante de saberes.

Nessa perspectiva, Dias(2008)afirma que um dos principais fins do ensino da Biologia é estimular reflexões sobre a posição que o conhecimento científico ocupa na vida dos indivíduos, observando sua relação com outros tipos de saberes,dentre os quais se encontram os conhecimentos cotidianos. Em face disso, compartilhamos a ideia de que o estudo dos mecanismos de herança biológica, no contexto das uniões consanguíneas, configura-se como um meio de aproximação entre os conhecimentos cotidianos e os pressupostos científicos, propiciando um ensino no âmbito da Genética escolar.

Percebe-se, atualmente, nos espaços educacionais, uma multiplicidade social, econômica e étnica.Logo, faz-se necessário que o conhecimento acerca dessa diversidade oriente práticas pedagógicas que atendam à demanda. Os ambientes rurais e as comunidades quilombolas são exemplos de unidades sociais que expressam singularidade e pluralidade de saberes característicos que recebem pouca, e às vezes nenhuma atenção das ações escolares.

Nesse sentido, a escola desempenha um papel central ao aliar conhecimento local e educação formal, com vistas à formação integral e cidadã dos discentes(BRASIL,2017).Para Bachelard(1996), é de responsabilidade da escola, como instituição de ensino, racionalizar os conhecimentos produzidos nas instâncias produtoras. É nela que esses saberes devem se tornar inteligíveis aos não produtores do conhecimento científico.

Nessa perspectiva, a heterogeneidade conceitual e a pluralidade de indivíduos que transitam no âmbito escolar tornam pertinentes as indagações:qual a importância dos obstáculos epistemológicos no desenvolvimento da cultura científica no estudo da herança biológica e da consanguinidade ? Até que ponto uma sequência didática baseada na resolução de situações-problema contribui para o desenvolvimento do pensamento científico acerca desse tema?

A fim de responder às questões supramencionadas,propomos como objetivo geral analisar as evidências de ressignificação conceitual de um grupo de alunos do Ensino Médio sobre os mecanismos de herança biológica e o fenômeno da consanguinidade.Para tanto,estabelecemos como objetivos específicos propor os principais obstáculos epistemológicos referentes aos mecanismos de herança biológica e uniões consanguíneas, bem como verificar as potencialidades e limitações pedagógicas que o estudo sobre herança biológica e consanguinidade pode apresentar diante dos múltiplos saberes e expressões dos alunos.

Pretendemos ainda sugerir uma sequência didática fundamentada na metodologia da resolução de situações-problema, de modo que os alunos se reconheçam como protagonistas na elaboração do próprio conhecimento.

1.1 A escolha da temática: apontamentos e proposituras

A escolha da temática justifica-se pelo fato de entendermos que a herança biológica na perspectiva do fenômeno da consanguinidade, em sua polissemia conceitual, abre um vasto leque de possibilidades educativas para o desenvolvimento do pensamento abstrato em sala de aula. Apesar de seu potencial, percebemos que o referido assunto não é explorado na escola. Acredita-se que a ausência do tema deve-se, dentre outros motivos, ao seu nível de complexidade, quando este é apresentado, didática e pedagogicamente, sob a ótica da Genética escolar.

Outro aspecto importante está na pouca informação dos professores quanto ao seu potencial educacional. Talvez pela dificuldade de delimitação geográfica do fenômeno, ao menos no aspecto patológico, decorrente de algumas uniões. Tal particularidade torna a abordagem conceitual regionalizada. Por fim, interfere na abordagem insuficiente do tema a ausência de documentos oficiais e livros didáticos, salvo pontuais menções em volumes acadêmicos. Tal contexto possibilita, dentre outras coisas, refletir acerca da educação contemporânea, sobretudo quando se é responsável por turmas da educação básica, situação vivenciada inicialmente durante o período de estágio supervisionado.

No Ensino Médio, experimenta-se um misto de sensações e percepções bastante diferenciadas, que vão desde a notória dificuldade de muitos professores no trato de situações no/do cotidiano pedagógico até a evidente falta de motivação manifestada por uma parcela significativa dos alunos, em especial quando são submetidos a atividades pedagógicas que consideram irrelevantes.

O cenário descrito é fundamentado, geralmente, na supervalorização de formas de ensino que não respondem às demandas atuais. Prioriza-se quase sempre a memorização de conceitos e fórmulas em detrimento de sua aplicabilidade na vida real. Reforçam-se, assim, inúmeras variáveis que interferem direta ou indiretamente na construção do pensamento científico, de modo a impedi-los que os alunos possam refletir e atuar de maneira analítica, submetendo-os às imposições de um sistema educacional ainda redutor.

Nesse sentido, um dos principais entraves evidenciado por muitos docentes é a dificuldade de se trabalhar a formação ou ressignificação de conceitos. Em outras palavras, responsabilizam-se os discentes, desconsiderando as circunstâncias que impedem o desenvolvimento do senso crítico. Essa constatação pode ser ratificada quando simultaneamente se ocupa a função de professor e aluno.

A dupla jornada apontada foi vivenciada no ano de 2009. Inicialmente, no projeto de extensão denominado Conexões de Saberes, da UFPB, e, concomitantemente, na rede pública de ensino do estado da Paraíba. Na oportunidade, ocupávamos simultaneamente o cargo de professor em um curso pré-vestibular comunitário e na escola Pedro Lins Vieira de Melo, em João Pessoa, onde atuava como contratado até a efetivação, após prestar concurso público em 2012. Desde esse período, o pesquisador se encontra lotado na E.E.E.F.M. João Ribeiro, no município de Gurinhém, âmbito de desenvolvimento da presente pesquisa.

As inquietações expressas foram se acentuando à medida que as discussões nos grupos de estudo e nas disciplinas cursadas no PPGCEM avançavam. As leituras e debates funcionaram como um combustível que nos motivou a buscar respostas. Os fatos descritos contribuíram, de forma significativa, para a escolha da temática abordada inicialmente no projeto e posteriormente na dissertação.

Em face disso, escolhemos para a consolidação do estudo uma turma do Ensino Médio, período matutino, de uma escola pública localizada no Agreste Paraibano, nomeadamente no município de Gurinhém. Além das motivações explanadas, contribuíram para a escolha do tema a localização da escola, fator potencializador para um olhar sensível acerca do assunto, uma vez que nosso foco investigativo se direciona a comunidades rurais e quilombolas, no que concerne à hipótese de uniões consanguíneas nesses locais.

Tal suposição foi ratificada em conversas informais com funcionários e professores no intervalo das aulas. Para um dos educadores presentes, a turma em questão seria composta praticamente por familiares, conforme constatado no excerto extraído de sua fala: “curioso, todos eles são da mesma família”, em referência a alunos da comunidade quilombola (Matão). Nesse panorama, a escolha do tema e a delimitação dos participantes da pesquisa nos possibilitam um amplo conjunto de saberes, disciplinares e interdisciplinares, os quais dialogam com diversas ciências, tais como: Filosofia, Antropologia, Sociologia, Matemática, Geografia, Biologia etc.

Pensamos ser pertinente esta pesquisa à área da Educação porque, dentre outros aspectos, ela contribui para a formação do pensamento científico a partir da análise de

situações-problema. Desse modo, esperamos que a presença do tema no ambiente escolar possa proporcionar o desenvolvimento de habilidades *cognitivas*: pensamento analítico, solução de problemas e abstração; assim como *atitudinais*: curiosidade, interesse, colaboração e *conceituais*: hipótese e atribuição de sentido aos conceitos por parte dos alunos.

1.2 Estrutura da dissertação

A referida pesquisa foi inicialmente pensada a partir da estrutura e elaboração de caminhos epistemológicos que transitaram entre conhecimentos biológicos, cotidiano e saberes educacionais. Sendo assim, organizamos o texto dissertativo dividindo-o em quatro capítulos.

No capítulo inicial, que corresponde à fundamentação teórica deste estudo, discorremos brevemente sobre as principais tendências didáticas e pedagógicas contemporâneas acerca do pensamento, evolução e perfil conceitual dos alunos no contexto do ensino das Ciências e da Biologia, com enfoque no ensino de Genética. Em seguida, versamos sobre a importância dos conceitos biológicos segundo os Orientadores Curriculares.

No capítulo subsequente, realizamos uma breve discussão sobre os principais aspectos epistemológicos do conceito de herança biológica e consanguinidade. Além disso, discorremos sobre a importância das concepções alternativas, teorias implícitas e a via metodológica da problematização na formação do pensamento científico. No capítulo destinado à metodologia de pesquisa, apontamos os caminhos metodológicos, os participantes e a problemática de estudo. Ao final, fizemos uma breve descrição das etapas do estudo.

Por último, apresentamos os dados, discutindo-os sob a perspectiva da teoria Bachelardiana. Para tal, utilizamos, dentre outros instrumentos pedagógicos, a sequência didática como alternativa de ressignificação dos conceitos referentes à herança biológica e consanguinidade. Nesse sentido, trouxemos ao núcleo de debate as principais inquietações sobre os episódios de uniões consanguíneas, revelando mitos, ideias, concepções e fatos desencadeadores de incompreensões. O caminho escolhido nos possibilitou um intercâmbio teórico/epistemológico a partir das principais ideias de autores como Bachelard (1978, 1996, 2004), Morin (2015), Pozo e Crespo (2010), Giordan e De Vecchi (1996), Beiguelman (2008) e Nussbaum et al. (2006).

Tal referencial permitiu, dentre outras coisas, compreender alguns obstáculos cognitivos à prática docente no âmbito da Biologia, sobretudo no que concerne ao ensino de

conceitos do campo da Genética; como também subsidiou a construção do pensamento científico na linha de estudo sobre os mecanismos de herança biológica e o fenômeno da consanguinidade. Na sequência, demonstramos os resultados e analisamos os dados para, em seguida, tecer as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Lopes Junior e Gomes (2009) entendem que, para ensinar os conteúdos curriculares de Biologia, é fundamental que o professor leve em consideração os distintos aspectos inerentes a esse campo do saber, o que se constitui como uma tarefa profissional complexa. Nesse sentido, o ensino de Biologia demanda que esses profissionais conheçam da disciplina a sua lógica interna, os seus métodos de investigação, os seus códigos e teorias, sobretudo como estas foram elaboradas historicamente no decorrer dos tempos na explicação de seus fenômenos naturais (BRASIL, 1998).

A proposta de um ensino de Ciências e Biologia por investigação fornece um caminho alternativo aos professores na condução de posturas e argumentos desviantes dos alunos em sala de aula. A reconstrução de distintas perspectivas no entendimento de fenômenos pelos docentes torna-se possível quando eles compreendem a dinâmica de interpretações dadas pelos discentes na elaboração de explicações racionais para a ocorrência de diversos fenômenos (LOPES JUNIOR; GOMES, 2009).

Nessa perspectiva, Silvério e Maestrelli (2011) ressaltam que o exercício permanente de vigilância epistemológica poderia, de certo modo, ajudar o professor a acessar e psicanalisar alguns de seus obstáculos pedagógicos inconscientes, oriundos de sua formação inicial. Por esse caminho, percebe-se que o ensino de Ciências mantém estreita relação com a epistemologia, pois contempla objetivos voltados à construção de novos conhecimentos, conforme defendem Silva e Malheiro (2016).

Para Morin (2015), os sistemas de ensino, as disciplinas curriculares e suas *práxis* educativas condicionam os alunos aos inconvenientes da “hiperespecialização”, enclausuramento e “despedaçamento do saber”. Tal contexto, formal e burocrático, não só produz conhecimento, mas também ignorância e miopia. Então, “podemos dizer que o conhecimento seguiria seus rumos, não tanto por sofisticação, formalização e abstração, mas, principalmente, pela capacidade de contextualizar e englobar” (MORIN, 2015, p.15).

Por tudo isso, temos na consolidação do campo de pesquisa da Didática das Ciências, ou seja, as denominadas tendências ativas e sócio-etno-culturais, um modelo que começou a ganhar espaço e se estabiliza como alternativa às demandas educacionais contemporâneas. Tais mudanças proporcionaram inovações curriculares e metodológicas ao ensino e aprendizagem das Ciências.

2.1 O ensino de Biologia: algumas reflexões sobre o processo de ensino-aprendizagem

É de conhecimento de um número cada vez maior de pessoas ligadas à Educação que as ações que persistem atualmente no ambiente educativo são tecidas por metodologias que fazem com que os professores recorram, majoritariamente, aos moldes tradicionais de ensino, de modo a reproduzir mecanicamente um conhecimento para fazê-lo verídico diante da turma, conforme aponta Borba (2013).

Nesse contexto, reconhece-se a importância não só das mais variadas formas de abordagens metodológicas e/ou didático-pedagógicas, mas também se entende que nosso modo de conhecer tem como fundamento a desunião dos objetos entre si. Desse modo, “[...] precisamos conceber o que os une. Como ele isola os objetos de seu contexto natural e do conjunto do qual fazem parte, é uma necessidade cognitiva inserir um conhecimento particular em seu contexto e situá-lo em seu conjunto” (MORIN 2015, p.24).

Um exemplo disso refere-se ao que Ribeiro et al. (2011) denominaram de obstáculo teleológico. Fazendo um *link* entre os obstáculos do conhecimento unitário e pragmático em Bachelard (1996) e as categorias teleológicas em Mayr (2005), o autor aponta que o principal reduto do pensamento teleológico em Biologia evolutiva firma-se na noção de função. Esse pensamento finalista e unitário vê tendência à perfeição e ao melhoramento de todos os fenômenos, desconsiderando que as funções desempenhadas por um órgão ou estrutura de um organismo tem sua raiz, em última análise, nas causas fundamentalmente evolutivas.

Essa visão reducionista foi apontada no trabalho de Schroeder (2012). Para o autor, o olhar clássico da ciência foi elaborado na égide do paradigma racionalista-mecanicista. Em *Discurso do método*, Descartes argumenta que a necessidade de dividir o objeto no maior número de partes possíveis para que se possa efetuar uma análise criteriosa tem como objetivo melhor conhecê-lo. Nessa perspectiva histórica, a consequência desse pensamento sobre a fragmentação e a especialização do conhecimento influencia marcadamente a organização das instituições que constituem a sociedade moderna, dentre elas, a escola.

Lopes (1996), citado por Lopes Junior e Gomes (2009), corrobora esse pensamento ao apontar três razões que confirmam os argumentos continuístas da cultura. Primeiramente, a visão de progresso do saber ou visão de continuidade das ideias dos antigos conhecimentos científicos aos atuais; em segundo lugar, a interpretação da cultura como um todo homogêneo e impenetrável, no qual os fatos do passado explicam e sustentam os conhecimentos do presente; e, por último, a simplificação da atividade científica e de seu acesso, banalizando-a

como simples aprimoramento das ideias do senso comum.

Nesse breve caminhar histórico, nas sinuosidades das ciências, verificamos uma forte tendência empírica na atuação e/ou condução desse campo epistemológico. O que remonta à ênfase nos aspectos taxonômicos e classificatórios de seus objetos de pesquisa. Conforme apontam os PCN (BRASIL, 1998), o enfoque dado aos conhecimentos por meio de definições e classificações estanques, a serem memorizadas pelos alunos, vai na contramão das principais concepções de aprendizagem humana.

Com o surgimento das pesquisas no campo das ciências didáticas e pedagógicas, o viés positivista das Ciências Biológicas (disciplina escolar) foi alvo de constantes questionamentos, o que impulsionou o surgimento de diversas linhas de pesquisa. Uma delas, objeto de maior interesse neste estudo, refere-se à formação de conceitos pelos alunos.

2.2 As dificuldades dos alunos na aprendizagem de conceitos biológicos

As dificuldades de aprendizagem dos alunos, referentes aos conceitos nas áreas de Ciências Naturais, têm sido “[...] objeto de várias pesquisas desenvolvidas no âmbito da Didática das Ciências”(POZO; CRESPO,2010, p.15). Na revisão de periódicos científicos, Halmenschlager e Gehlen(2009) apontam que os trabalhos que investigam o processo de ensino e aprendizagem se relacionam principalmente ao perfil epistemológico de determinados conceitos, assim como a aspectos relacionados ao fazer pedagógico dos professores.

Essas dificuldades ocorrem em diferentes frentes disciplinares, tanto no ensino básico como no superior. Nessa perspectiva, é importante destacar que:

Não é possível afirmar que se aprendeu um conceito ou princípio se seu significado não foi compreendido. É possível dizer que esses conteúdos são aprendidos não quando se é capaz de repetir sua definição, mas sim quando se é capaz de utilizá-lo para interpretação, compreensão ou exposição de um fenômeno ou uma situação, ou então quando é possível situar os fatos, os objetos ou as situações reais naquele conceito que os inclui (ZABALA; ARNAU,2010,p.101).

Dito de outra forma, não é a potencialização da memorização desses conceitos o real objetivo proposto na educação contemporânea, visto que as necessidades educacionais em nosso tempo, evidentemente, são outras. O atual cenário destoa da educação outrora praticada,

especificamente no século passado. Em um espaço tão mutagênico, a aprendizagem dos conceitos não como um fim em si mesmo, mas a serviço da compreensão dos fenômenos, torna-se uma das metas da Educação.

Ao refletir a esse respeito, percebemos que:

A nossa compreensão do mundo é alcançada mais efetivamente por aperfeiçoamento de conceitos do que pela descoberta de fatos novos, muito embora os dois aspectos não sejam mutuamente exclusivos. [...] Não estão longe da verdade aqueles que insistem em que o progresso da ciência principalmente no progresso dos conceitos científicos (MAYR, 1998, p. 39-40).

A operacionalização dos conceitos como instrumento de ressignificação das relações no/do cotidiano torna-se fundamental para um agir conceitual/reflexivo. O enfoque na elaboração de conceitos, bem como no desenvolvimento de habilidades e competências, torna-se premissa básica do conhecimento racional.

Para Puentes e Longarezi (2013), a formação de conceitos e habilidades possuem lugar de destaque nas ações mentais dos alunos. Os autores ressaltam que, num ensino fundamentado em ações que privilegiam a memorização e os aspectos factuais e descritivos, o aluno se apropriaria primeiro dos conceitos como um produto acabado e inquestionável, para só depois desenvolver as ações mentais que permitem sua aplicabilidade.

Em contraposição a esse pensamento, a teoria histórico-cultural destaca que a produção de conceitos está umbilicalmente associada à elaboração de conhecimentos científicos, em sintonia com as ações mentais do pensamento de análise, síntese, abstração e generalização. Dito de outro modo, os conceitos, enquanto forma de atividade do pensamento, reproduzem o objeto idealizado de tal forma que o sistema de suas relações depende da habilidade de realizar mentalmente uma transformação acurada desse mesmo objeto.

Segundo Marques e Núñez (2011), os conceitos são mais que um ato mental. São, sobretudo, um ato complexo do pensamento. Para os autores, o processo de elaboração das ideias não estaria ligado à maturação das funções mentais nem ao contexto cultural de forma isolada, mas às relações dialógicas dos indivíduos no convívio social.

Dessa forma, as atividades educacionais teriam um papel fundamental na formação de novos conceitos, pois, no nível psicológico, local de formação das generalizações científicas, a atividade conceitual não aconteceria apenas devido ao domínio do conceito em si, mas porque se aprende agindo conceitualmente.

Entendemos, a partir das considerações de Bazarian(1980), que o conceito significa a representação mental abstrata e genérica de uma forma superior de conhecimento, possibilitando a demonstração dos aspectos gerais e fundamentais do que é estudado, de modo a considerar os fenômenos sob a ótica da realidade objetiva, a qual, simultaneamente, é subjetiva.

Nessa mesma linha de pensamento, Bachelard (1978, p. 29) afirma que “[...] se, porventura, fizermos a diferentes espíritos a mesma pergunta a propósito de um mesmo conhecimento, ver-se-á aumentar singularmente o pluralismo filosófico da noção”. Isso demonstra as dificuldades inerentes à elaboração e mobilização dos conceitos no âmbito da formação escolar ou acadêmica, o que requer do professor a necessidade de repensar a forma por vezes fragmentada do conhecimento trabalhado nas atividades.

Nessa perspectiva, a valorização da inteligência geral é diretamente proporcional à capacidade de lidar com problemas especiais. Dessa forma, a educação deveria pautar-se no desenvolvimento das aptidões naturais da mente, valorizando um “[...] pensar bem que não implica, necessariamente, um bem-pensante” (MORIN, 2015,p.23).Na mesma linha de raciocínio, Bazarian(1980, p. 94)defende que “o conceito só existe em nosso espírito,como reflexo de fatos e fenômenos que existem fora de nós”.

É importante destacar que as Ciências Biológicas progredem nos mais variados campos de conhecimento e que, lamentavelmente, essas diversas frentes epistemológicas não estão coordenadas umas às outras. Tal situação resulta em bolhas conceituais equidistantes. Do ponto de vista das dificuldades educacionais, o ensino de Genética aparece no centro de intensos debates.

2.3 O ensino de Genética: dificuldades e potencialidades educativas

De acordo com Franzolin (2012) e Silva (2014), a Genética configura-se uma área do conhecimento em constante expansão. Entretanto, à medida que seus conteúdos se tornam evidentes, verificam-se dificuldades inerentes à sua abordagem. Pensando nisso, torna-se importante refletir sobre o conhecimento a ser ensinado e como ensiná-lo. Nesse contexto, o professor é agente fundamental e deve atuar na seleção do que é pertinente ao aprendizado dos alunos, mediando também a relação entre as informações amplamente divulgadas nas mídias e o conhecimento científico.

Nas palavras de Silvério e Maestrelli (2011), há, sem sombra de dúvidas, intenso destaque midiático na divulgação científica do conhecimento genético. Dessa forma, o ensino de Genética escolar tem assumido importante papel na alfabetização científica de jovens e adultos.

Xavier et al. (2006), bem como Loreto e Sepel (2006), referendados por Silva (2014), corroboram a supracitada proposição ao destacarem evidências que apontam para uma frequência mínima na abordagem de conhecimentos referentes à Biologia Celular, Molecular, Terapia Gênica, Projeto Genoma, Teste de DNA, Transgênicos, entre outros. Para os autores, as principais causas desse déficit estão na carência de materiais didáticos adequados, no tempo escolar destinado à abordagem dos assuntos e na formação docente.

Além das dificuldades já mencionadas, Cid e J. Neto (2005) destacam também o vocabulário complexo, a extensa abordagem conceitual, no plano das estruturas moleculares, e os instrumentos. Acrescenta-se ainda a essa lista de dificuldades a resistência do professor em “reconfigurar” seu pensamento como um dos fatores limitantes ao ensino e, conseqüentemente, à aprendizagem dos temas da Genética contemporânea.

É notória a exclusão de alguns objetivos educacionais importantes no planejamento da maioria dos professores quanto à abordagem dada à “Nova Biologia”. Tal ausência dificulta, sobremaneira, o sucesso da contextualização pedagógica e interação com os alunos, os quais não se sentem seguros ao emitir opiniões a respeito de temas socialmente relevantes.

Tal situação cria obstáculos à aquisição de informações importantes associadas ao rápido avanço do conhecimento genético. Para alguns autores, a reformulação e/ou atualização de materiais didáticos, introduzindo textos modernos, pode provocar mudanças conceituais significativas (XAVIER et al., 2006 apud SILVA, 2014).

Para outros, reconfigurar materiais, estruturas disciplinares e metodologias torna-se insuficiente, mesmo que de forma reflexiva e planejada pelos próprios docentes, pois segundo Morin (2015, p. 20), tal mudança deve ser feita “[...] não de forma programática, mas paradigmática”. Intervir na instituição escolar sem propor reformas nos fundamentos que regem a dinâmica organizacional do conhecimento torna-se, no mínimo, sem sentido.

Segundo Freire (2005, p. 31), ensinar exige criticidade, superar a “curiosidade ingênua” em detrimento de maior exatidão ao se aproximar do objeto cognoscível. Essa aproximação, “metodicamente rigorosa”, torna-se “curiosidade epistemológica”.

A identificação ou exploração das concepções dos alunos assume papel significativo tanto quando possibilita o intercâmbio entre os conhecimentos cotidianos e científicos, mas

também ao inserir temas contemporâneos no ensino de Genética (JUSTINA,2001; AGAMME, 2010).

Desconsiderar esses conhecimentos no contexto educacional resulta no surgimento de barreiras que se contrapõem ao desenvolvimento da curiosidade, raciocínio e a busca de respostas aos problemas propostos, gerando uma sensação de que determinada área do saber já traz, explicitamente, as respostas. Não haveria, portanto, a necessidade de contestar e contribuir com a construção do conhecimento.

Os estudos de Casagrande (2006) certificam a situação descrita. Segundo o pesquisador, a imagem da ciência, especificamente a da Genética, é apresentada no ambiente escolar geralmente como um produto acabado e incontestável, embasado apenas na transmissão de informações de maneira unidirecional: professor-aluno. Tal postura supervaloriza aspectos conceituais fenomenológicos característicos da taxonomia biológica. A ciência, apresentada sob o viés cartesiano, não compactua com o cenário midiático vivenciado pelos alunos. Tal escolha corrobora o desinteresse daqueles que trabalham com os referidos conhecimentos. Correlacioná-los a contextos diversificados, diferentes dos abordados em sala de aula, torna-se ainda mais difícil. O enfoque didático e pedagógico antes e durante a abordagem do *Projeto do Genoma Humano* pôde contribuir para a consolidação do que denominamos ensino fragmentado.

A esse respeito, Pereira (2001) alerta para as expectativas criadas pela possibilidade do sequenciamento do genoma humano. Tal feito levou inúmeras pessoas a acreditar, ao menos num primeiro momento, na matematização do código da vida, atribuindo à ação exclusiva dos genes numa relação de causa e efeito as mais variadas características humanas; dentre elas, a personalidade, inteligência e orientação sexual. É lúcido ressaltar que se trata de uma hipótese contestada por muitos. Além disso, as pesquisas demonstraram que o resultado do projeto se tornou uma realidade aquém do esperado.

Para Leite (2006), a popularidade do supramencionado projeto está relacionada a um uso político e retórico em prol de um determinismo crescente e irreconciliável com os resultados empíricos da pesquisa genômica contemporânea. Segundo o autor, a complexidade observada no DNA e em suas interações com o ambiente impede a crença simplista e unidirecional de causalidade, contrariando o pressuposto de que os genes são os únicos mensageiros de informações.

Nas palavras de Ribeiro et al.(2011), a busca de unicidade na ciência está ligada à procura de perfeição e homogeneidade da natureza. Essa conduta pragmática está

estritamente ligada à força de indução utilitarista, a tendência em se procurar uma função, um objetivo para se explicar um determinado fenômeno. Para Bachelard(1996), o obstáculo do conhecimento unitário e pragmático no âmbito da ciência leva a uma concepção finalista, e, portanto, teleológica (MAYR, 1998).

Dentro do contexto apresentado, Griffiths (2001) e El Hani, Queiroz e Emmeche(2006) afirmam que os estudantes, em sua maioria, demonstram um conflito de ideias quando colocados em situações que questionam suas concepções a respeito do significado de expressões como informação genética. Nessa mesma linha de raciocínio, Silvério e Maestrelli (2011) afirmam que os conteúdos escolares se estruturam em torno de um conceito central, *o gene*. Este conceito é abordado de diferentes formas na Biologia e está entre os assuntos de maior dificuldade no ensino da Genética escolar.

Esse fato, de acordo com os referidos pesquisadores, não causa estranheza, haja vista o referido conceito ser utilizado de forma metafórica. Para Andrade et al.(2000), ancorados no pensamento de Bachelard(1996), a linguagem metafórica e analógica é uma forma de raciocínio inerente ao ser humano. Nesse sentido, o uso dessa ferramenta pode ser uma estratégia científica e educacional na explicação de alguns conceitos, desde que seu uso não se resume a cópias fiéis da realidade, transformando-os em esquemas gerais ao invés de assumirem um caráter transitório.

Compreender, por exemplo, a relação existente entre os conceitos e processos expressos na herança mendeliana e suas variantes epistemológicas é uma das premissas básicas defendidas pelos documentos oficiais do Ensino Médio, a exemplo dos PCNEM (BRASIL, 2000). Mediante o entendimento conceitual, é possível relacionar campos da tecnologia de clonagem, engenharia genética e outras atreladas à manipulação do DNA. Imbuído de arcabouço conceitual confiável, o aluno pode transitar entre os planos científicos e cotidianos, nos quais se observam aspectos fundamentais à vida humana.

Compactuam com essa percepção Camargo e Infante-Malachias (2007), estudiosos que demonstram evidências importantes sobre experiências pedagógicas bem-sucedidas quanto à abordagem da genética humana em sala de aula. Para os pesquisadores, essa trilha temática, direcionada ao contexto humano do ensino, desperta no aluno maior interesse, devido à facilidade de contextualização dos assuntos.

Acerca da aproximação entre a Genética escolar e médica, Wood-Robinson et al. (1998) defendem um certo grau de alfabetização científica, de maneira que os indivíduos tenham acesso aos pressupostos epistemológicos adequados ao entendimento do que se passa

em um cenário tão mutagênico. A compreensão dos conceitos científicos torna-se fundamental para que esses estudantes entendam as diversas tecnologias relacionadas à manipulação do DNA. Tais condições possibilitam opinar e realizar escolhas em situações relacionadas ao tema nos mais variados contextos.

Ratificando essa linha de estudo, Santana (2015) discorre sobre a eficácia do planejamento de uma prática didática que leve em consideração os saberes cotidianos sobre noções de Genética no Ensino Fundamental. Para tanto, a autora utiliza a Anemia Falciforme como referência para o ensino de conceitos de Genética.

Como exemplo, Santos (2005) pesquisou as origens e a diversidade de ideias das pessoas que convivem com doenças de ordem genética. Para a pesquisadora, é de suma importância entender a natureza, a dificuldade e os mecanismos de conservação do conhecimento cotidiano que servem de modelos explicativos. A partir da identificação de tais concepções, torna-se possível defender propostas pedagógicas que consigam efetivamente aproximar as pessoas da cultura científica

Para tanto, Capelli e Nascimento (2008) desenvolveram atividades práticas no Serviço de Aconselhamento Genético do Instituto de Biociências da USP, objetivando, por meio da problematização, demonstrar como um alelo mutado presente em uma família possibilitaria, duplamente, a *homozigose por origem comum* em um filho.

Entre a cultura científica e o conhecimento cotidiano, Moura e Martins (2011) abordam conceitos de Conservação Genética em populações endogâmicas, fazendo uso de júri popular no contexto das histórias em quadrinhos. Para os autores, as questões ambientais relacionadas à conservação da natureza estão cada dia mais presentes no cotidiano dos estudantes.

Ao trazer essa discussão para o campo das genealogias, Vestena, Sepel e Loreto (2013) buscaram analisar a eficácia da atividade sob enfoque construtivista no desenvolvimento tanto dos conteúdos conceituais quanto procedimentais e atitudinais. Nesse mesmo contexto, Manzke et al. (2012) fizeram uso dos heredogramas de forma sistematizada, a partir dos próprios grupos familiares dos alunos, possibilitando, dessa forma, estreita relação de sentidos sociais e afetivos.

Esse breve caminhar didático-pedagógico e, sobretudo, epistemológico evidenciou algumas dificuldades, implicativos e potencialidades da Biologia como componente curricular sob a perspectiva de alguns pesquisadores, especialmente no que toca a condução de temas relativos à Genética. Desse modo, tais constatações apontaram problemáticas e alternativas na

condução de temas complexos. Porém, é importante frisar que o objetivo dessa seção é apresentar uma breve explicação acerca dos temas da Genética escolar.

Por isso, recomendamos a consulta de manuscritos que deem maior suporte e aprofundamento à temática, a exemplo dos textos de Lewis e Wood-Robinson (2000), Rosa (2011), Usak et al. (2009), Castéra et al. (2008), Nascimento (2005), El Hani et al. (2009), entre outros.

Destarte, acreditamos ser fundamental priorizar temáticas que ultrapassem os fatores limitantes elencados. Nessa perspectiva, o estudo dos mecanismos de herança biológica e consanguinidade são discutidos levando em consideração tanto sua importância num contexto local como no âmbito da Genética escolar humana. No entanto, antes de propor essa discussão, elaboramos um quadro-síntese recapitulando os principais aspectos discutidos anteriormente.

Quadro 1 - Alguns aspectos didáticos e/ou pedagógicos do ensino-aprendizagem de Genética.

<i>Aspectos Evidenciados</i>	<i>Principais Características</i>
<i>Dificuldades</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>A linguagem rebuscada e o elevado nível de abstração necessário à compreensão dos temas;</i> • <i>Uso da matemática como ferramenta de resolução de problemas;</i> • <i>O livro didático desatualizado como único instrumento pedagógico utilizado por alguns professores;</i> • <i>Pouca valorização diante dos saberes cotidianos dos alunos na atividade escolar (contexto local), ensino de Genética como saber “incontestável”;</i> • <i>Tímida inter-relação da Genética com outros campos do saber científico (interdisciplinaridade), ensino fragmentado;</i> • <i>Dificuldade no domínio conceitual existente, tanto dos alunos como de boa parcela dos professores;</i> • <i>Carência no uso de temas da “Nova Biologia” (Biologia Celular e Molecular, Terapia Gênica, Projeto Genoma, Teste de DNA);</i> • <i>Prioridade na abordagem de padrões de herança monogênica ao invés de poligênica;</i> • <i>Valorização na transmissão de informações, conceitos e aspectos fenomenológicos descritivos da taxonomia biológica.</i>

<p><i>Implicativos</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>O avanço das pesquisas em genética abriu um amplo campo de debates nas áreas que envolvem aspectos morais, éticos, políticos e econômicos (Transgênico, Células Tronco, Lei de Biossegurança etc.);</i> • <i>Sugere uma reconfiguração dos modos operantes educacionais, de forma que os alunos possam tomar decisões conscientes em relação à própria vida, assim como compreender as diferenças individuais inerentes a cada indivíduo, sobretudo mediante a avalanche informativa midiática contemporânea.</i>
<p><i>Importância</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Apresentar caráter conceitual unificador diante dos mais variados campos do saber biológico, em especial dos conhecimentos evolutivos;</i> • <i>Contribuir para a desmistificação do caráter linear da ciência, em especial da Genética;</i> • <i>Promover uma alfabetização científica que estabeleça um compromisso com a cidadania do indivíduo no cenário biotecnológico;</i> • <i>Possibilitar o debate em um contexto da Genética humana, tendo como uma de suas metas o diálogo entre o campo conceitual do público leigo e científico, relacionando-os ao Determinismo ou Fatalidade Genética, Eugenia, Genes, como únicos mensageiros da informação hereditária, assim como a Ausência de Correlação Genótipo + Ambiente = Fenótipo e a interação gênica.</i>

Fonte: Elaboração própria.

2.4A importância dos conceitos biológicos segundo os orientadores curriculares

A relevância que a denominada Biologia assumiu para a sociedade contemporânea reflete-se, sobretudo, no imaginário das pessoas. Pensar os sistemas educacionais em pleno século XXI é não se abster do debate sobre esse estimulante campo da cultura científica. Nessa perspectiva, o processo didático e pedagógico que professores e alunos compartilham ocorre sempre levando em consideração os múltiplos contextos dos envolvidos no processo. Nas palavras Freire(2005,p.23): “Não há docência sem discência, as duas se explicam e seus sujeitos apesar das diferenças que os conotam, não se reduzem a condição de objeto um do outro”.

Em face disso, a apropriação ou a reconfiguração de novos conceitos pelos professores e alunos torna-se pressuposto fundamental à construção de novos sentidos. Desse modo, os orientadores curriculares defendem:

A aprendizagem de concepções científicas atualizadas do mundo físico e natural e o desenvolvimento de estratégias de trabalho centradas na solução de problemas é finalidade da área, de forma a aproximar o educando do trabalho de investigação científica e tecnológica, como atividades institucionalizadas de produção de conhecimentos, bens e serviços (BRASIL,2000, p.20).

No campo de ação tecnológica está a avalanche informacional veiculada nas diferentes mídias sociais, as quais percorrem os mais longínquos cantos do planeta. Um dos implicativos desse cenário é a ausência, por vezes, de uma reflexão mais acurada daqueles que se apropriam desses “conhecimentos”. Cria-se, conforme já mencionado, a ideia de que todo o saber elaborado pela humanidade é produto acabado e inquestionável, não havendo, assim, a necessidade de pensar além do que foi dito e posto. Tudo isso contribui para que:

As informações [se constituam] parcelas dispersas de saber. Em toda parte, nas ciências como nas mídias, estamos afogados de informações. O especialista da disciplina mais restrita não chega sequer a tomar conhecimento das informações concernentes a sua área. Cada vez mais a gigantesca proliferação de conhecimento escapa ao controle humano (MORIN,2015, p.16-17).

Essa tendência colabora, de certo modo, para o desenvolvimento de concepções dissonantes do fazer científico. Passa-se a acreditar que sua elaboração ocorre de forma descontínua, linear, a-histórica, pautada na consolidação de paradigmas incontestáveis. Essas novas formas de experienciar a vida criam novos desafios para a Educação.

A busca de alternativas que promovam o desenvolvimento do pensamento mais sistematizado, crítico e reflexivo tornou-se um dos principais objetivos do Ensino Médio. Mais uma vez, é função do professor construir, junto ao aluno, as mudanças necessárias à ressignificação dos saberes cotidianos e científicos através da investigação e do próprio questionamento dos fenômenos estudados.

Para tanto, é fundamental, segundo Silvério e Maestrelli(2011), superar as marcas de transposições didáticas que não consideram critérios epistemológicos nas escolas que articulem os diversos conhecimentos científicos a serem trabalhados, assim como a formação docente descontextualizada e fragmentada impede a reflexão sobre a natureza do conhecimento a ser tratado pedagogicamente.

Nos documentos oficiais do MEC, há expressa orientação para a construção de uma base de conhecimentos contextualizados. Segundo o texto da Base Nacional Comum

Curricular (BNCC), devem-se criar condições para que os alunos possam explorar os distintos modos de pensar e dialogar da cultura científica, colocando-a como uma das diversas formas de organizar o conhecimento construído em diferentes contextos históricos, sociais e políticos, possibilitando-lhes a apropriação dessas linguagens (BRASIL, 2017).

Carvalho (2010) defende que as atividades investigativas devem ser o ponto de partida para o entendimento de conceitos. Essa deve ser uma forma alternativa para conduzir o aluno à participação no processo de aprendizagem, tirá-lo da neutralidade, fazer com que o estudante atue sobre o seu objeto de estudo, correlacionando-o com os acontecimentos, buscando suas causas e procurando explicações para o resultado de suas ações.

Nesse contexto, a investigação caracteriza-se como um dos princípios básicos no que concerne ao desenvolvimento do pensamento científico, associá-la aos problemas que se propõe solucionar e resolvê-los de forma contextualizada. Aplicar pressupostos científicos nas situações reais ou simuladas é uma das finalidades também do Ensino Médio (BRASIL, 2000). Ainda de acordo com as finalidades e objetivos definidos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, na área de Ciências Naturais, especificamente na disciplina de Biologia, é possível observar o estímulo ao desenvolvimento de atitudes e habilidades que corroboram um pensar e agir investigativo. Dentre eles, registra-se:

- Relacionar fenômenos, fatos, processos e ideias em Biologia, elaborando conceitos, identificando regularidades e diferenças, construindo generalizações.
- Selecionar e utilizar metodologias científicas adequadas para a resolução de problemas, fazendo uso, quando for o caso, de tratamento estatístico na análise de dados coletados.
- Formular questões, diagnósticos e propor soluções para problemas apresentados, utilizando elementos da Biologia.
- Utilizar noções e conceitos da Biologia em novas situações de aprendizado (existencial ou escolar).
- Identificar a interferência de aspectos místicos e culturais nos conhecimentos do senso comum relacionados a aspectos biológicos (BRASIL, 2000, p. 21).

Mediante o exposto, é possível perceber o caráter sistemático e formal proposto nos objetivos. Em sua quase totalidade, há evidente preocupação no desenvolvimento do pensamento analítico, tanto nos alunos como em professores. Destaca-se, ainda, que os conceitos devem ser operacionalizados de forma reflexiva, de modo a possibilitar aos estudantes procedimentos e teorias que fundamentem argumentos pautados na formulação de

hipóteses, objetivando a construção sistematizada do conhecimento pelo próprio estudante sob bases metodológicas científicas.

Esse caminho é pertinente porque um “[...] pensamento científico é fundamentado na investigação e compreensão de conceitos comuns” (SILVA; MALHEIRO,2016, p.6).Na mesma linha de raciocínio, a BNCC, em suas competências gerais, articula a construção do conhecimento nos termos da LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), propondo, dentre outras habilidades:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL,2017,p.9).

Ao abordarmos brevemente a importância dos conceitos na condução das atividades pedagógicas, verifica-se a existência de documentos orientando seu uso, mais que isso, ressaltando sua contribuição no desenvolvimento de um agir e pensar científico. Destarte, devemos nos ater à sua historicidade, pois, conforme apontado, a elaboração de todo conhecimento passa por inúmeras rupturas paradigmáticas. É através de sua natureza incompleta que os novos saberes despontam.

Para Sforini e Moura (2003, p.5),esse conhecimento, de extrema importância ao homem contemporâneo, “[...] não está apenas na apropriação do conceito, mas também no controle das formas de interação com o conhecimento, presente na cultura científica, os quais quando apropriados, teoricamente, são reconfigurados em instrumentos cognitivos”.

Por isso, Bachelard(2006, p.125) aponta: “[...] o espírito científico é essencialmente uma retificação do saber,um alargamento dos quadros de conhecimento[...]. Cientificamente considera-se o verdadeiro como retificação histórica de um longo erro [...]”.Dito de outro modo, a experiência científica é, portanto, o contraponto da experiência comum, ou melhor, a experiência primeira, usual; traz em si uma espécie de “caráter tautológico”, desenvolvendo-se no contexto das palavras e definições.

Justina e Caldeira(2014, p.183),em consonância com esse pensamento, afirma que “os obstáculos epistemológicos podem surgir como contra pensamento ou limitação do pensamento”. Estes são vistos como resistência do pensamento ao próprio ato de pensar. Para os estudiosos, tais obstáculos não são externos aos indivíduos, como a complexidade dos fenômenos tampouco está relacionada à fragilidade do espírito humano.Com base nesse

entendimento, seria na essência do ato de conhecer que surgem contrapesos funcionais, como demoras e conflitos cognitivos.

Nesse capítulo, discorreremos brevemente sobre o ensino de Biologia, tomando como norte as dificuldades de aprendizagem dos conceitos estruturantes, suas formas de operacionalização, assim como contribuições dos documentos oficiais no desenvolvimento do pensamento científico nos alunos.

Por fim, tecemos algumas considerações sobre o ensino da Genética, apontando as principais dificuldades de aprendizagem e potencialidades, no que tange ao cenário educacional contemporâneo, com base em alguns estudos recentemente desenvolvidos na mesma linha de pesquisa.

Diante o exposto, proporemos, no capítulo seguinte, discutir rapidamente as principais teorias implícitas existentes na estrutura cognitiva dos alunos, à procura de entender como essas ideias e conceitos subjacentes obstaculizam ou contribuem para o desenvolvimento do espírito científico. Além disso, objetivamos um intercâmbio dialógico entre os conhecimentos cotidianos e os formais. Ademais, apresentamos alguns elementos teóricos e conceituais sobre a origem dos mecanismos de herança biológica e do fenômeno da consanguinidade.

3.ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS SOBRE HERANÇA BIOLÓGICA E CONSANGUINIDADE

Destacam-se, nesse capítulo, ideias, conceitos e obstáculos ao ensino de Ciências, com ênfase no ensino de Biologia e Genética. Assim, a reflexão parte da polissemia existente entre os múltiplos saberes que envolvem o campo da ciência e os conhecimentos locais, com destaque para os mecanismos que regem o fenômeno da herança biológica e consanguinidade.

3.1 Gênese do conhecimento sobre herança biológica e consanguinidade

Desde tempos remotos, o homem tenta compreender os mecanismos responsáveis pelo fenômeno de transmissão das características hereditárias. Segundo Santos (2005), há diversas explicações no decurso da história sobre a hereditariedade. Uma delas refere-se à pangênese, hipótese defendida por Hipócrates¹. Para o filósofo, a vida começa a partir da mistura de fluidos masculinos e femininos. Segundo essa teoria, cada órgão do corpo produziria um material hereditário específico: as gêmulas. Tais estruturas se agregariam no homem, sendo encaminhadas, em seguida, ao sêmen, de forma a transmitir as características paternas ao futuro filho (MAYR, 1998).

Vale salientar que a “quantidade de sêmen era considerada fator determinante para uma maior ou menor similaridade com a prole”(SANTOS 2005,p.20). Em oposição a esse pensamento, Aristóteles² acreditava que o fluido masculino teria uma propriedade inerente à sua natureza, capaz de ativar o desenvolvimento embrionário, e que o sangue feminino serviria apenas como nutriente ao crescimento do novo ser.

As diversas explicações sobre o mecanismo da herança biológica tomaram novos rumos a partir da quebra de paradigma propiciada pela microscopia óptica, de Robert Hooke³,

² Conhecido como o “Pai da Medicina Ocidental”, Hipócrates foi um ícone ateniense da rejeição a explicações supersticiosas e míticas para os problemas de saúde e como curar doenças. Enquanto muitos pensadores gregos concentravam seus esforços na natureza em geral ou na moral e política, Hipócrates concentraram-se em observar e compreender o funcionamento do organismo humano, na esperança de encontrar explicações racionais, e passíveis de controle, e manipulação, para os males que atingem a saúde humana daquela época. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/biografias/hipocrates/>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

³ Discípulo de Platão e preceptor de Alexandre Magno, Aristóteles foi um filósofo grego do século V a.C. cujo trabalho se estende por todas as áreas da filosofia e ciência conhecidas no mundo grego, sendo ainda o autor do primeiro sistema abrangente de filosofia ocidental.

Disponível em: <<https://www.infoescola.com/filosofia/aristoteles/>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

³ Robert Hooke (1635 – 1703) foi um cientista inglês, essencialmente mecânico e meteorologista, nascido em Freshwater, na Isle of Wight, que formulou a teoria do movimento planetário e a primeira teoria sobre as

em 1665. Nesse contexto, Lopes(1996) ressalta que Bachelard se posicionaria cético a respeito do uso de imagens no progresso do espírito científico, mesmo diante da notória mudança paradigmática.

A crítica à concepção ocularista do conhecimento caracteriza-se pelo uso da visão como um sentido fundamental do saber. Ainda nessa perspectiva, Lopes(1996), apoiado nas ideias de Bachelard, afirma que “conhecemos com a razão e as imagens devem ser entendidas como modelos de raciocínio, nunca reflexos do real” (LOPES, 1996, p. 263).

Naquela década, iniciava-se a identificação de pequenas câmaras em plantas que ele denominou de células porque se assemelhavam a celas de monges. Segundo Bryson (2005, p. 381), “após o marco da microscopia óptica de Hooke, a observação feita dez anos depois tornava-se bem mais minuciosa”.

No contexto apresentado, foi possível, a partir dos estudos de Antonie van Leeuwenhoek⁴, observar uma maior variedade de organismos, assim como um detalhamento do que já era conhecido. Tal feito possibilitou, sobretudo, a identificação dos espermatozoides no sêmen, associando essas células à formação dos seres vivos.

Nessa quebra paradigmática, percebe-se, segundo a ótica Bachelardiana, uma expansão ou retificação do campo conceitual a partir do uso de instrumentos e técnicas fundamentadas na experimentação. Abre-se, então, um leque de possibilidades conceituais que vão inicialmente de um realismo ingênuo ao empirismo claro e positivista.

Muitos cientistas, à época, concordaram com a referida ideia. Outra corrente de estudiosos conseguiu até mesmo “visualizar” pequenos seres no interior de cada espermatozóide, originando a hipótese do pré-formismo. Um dos principais defensores desses pressupostos era o holandês Nicolaus Hartsoecker⁵. Em suas observações, convenceu-se deter

propriedades elásticas da matéria. Descreveu a estrutura celular da cortiça (1665) e publicou Micrografia, sobre suas descobertas em ótica, iniciando suas análises dos efeitos do prisma, esferas e lâminas, com a utilização do microscópio. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/robert_hooke.php/>. Acesso em: 8 nov. 2018.

⁴Antonie van Leeuwenhoek, naturalista holandês nascido em 1632 e falecido em 1723. Realizou importantes descobertas no domínio da Biologia. Utilizando microscópios que ele próprio fabricava, observou glóbulos sanguíneos, bactérias, protozoários etc. Descreveu os espermatozoides, a circulação dos glóbulos do sangue e muitas outras estruturas microscópicas, que foi o primeiro cientista a analisar. Disponível em: <[https://www.infopedia.pt/\\$antonie-van-leeuwenhoek](https://www.infopedia.pt/$antonie-van-leeuwenhoek)>. Acesso em: 8 nov. 2018.

⁶Nicolaus Hartsoecker, astrônomo holandês, fabricante de óptica e naturalista, nasceu em Gouda, Holanda, em 26 de março de 1656, e morreu em 10 de dezembro de 1725. Sua principal contribuição para a embriologia foi suas observações de espermatozoides humanos que ele afirmou ser o primeiro a ver sob um microscópio. Seu esboço do homúnculo, um minúsculo humano pré-formado que ele acreditava existir, na cabeça da espermatozoa, é seu duradouro legado científico no campo da embriologia. Disponível em: <<https://embryo.asu.edu/pages/nicolaas-hartsoecker-1656-1725>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

visto “minúsculos Homens pré-formados” no interior de espermatozóides, os quais foram denominados “*homúnculos*”.

Do ponto de vista imagético, Lopes(1996, p.264) afirma que “há intuições sensíveis e intuições racionais”. Nesse caso em especial, trata-se da produção de imagens sugeridas pela ausência natural de explicações para o objeto observado. O Bachelard noturno explicaria esse episódio no plano da poética como a faculdade de formar imagens da realidade, a partir da condição sobre-humana de percepção da realidade dada.

Decorridos aproximadamente dois mil anos, a hipótese da pangênese ainda serviria de base à teoria da evolução de Charles Darwin. Para o pesquisador, cada órgão do indivíduo, de forma independente, produziria miniaturas de si mesmo que se reuniriam para dar origem às células seminais - hoje denominadas gametas – células com capacidade de transmissão das características ao longo das gerações subsequentes. Nesse ponto, abrem-se parênteses a fim de situar cronologicamente o referido pensamento. Isso porque, antes de sua morte, Darwin abandona definitivamente tal ideia. Além disso, Darwin, em consonância com as ideias de Lamarck, acreditava que o “uso e desuso” de alguns órgãos proporcionariam algumas alterações. Tal fato acarretaria o aparecimento de novas características(SANTOS,2005).

Destarte,Lopes Junior e Gomes(2009) acreditam que, mesmo na história da Biologia, se um fato for interpretado de forma incorreta ou se ocorrerem preferências por essa ou aquela explicação,isso pode se constituir um verdadeiro obstáculo ao desenvolvimento da ciência e da produção de conhecimento científico, o que impossibilita novas discussões, desvelando a dimensão dogmática da ciência.

Como exemplo, temos as ideias e conceitos advindos dos enigmas da origem da vida.Nessa senda,expomos um quadro no qual elencamos os principais pensamentos perpetuados ao longo da história das civilizações ocidentais a respeito dos mecanismos que regem a herança biológica.

Quadro 2: Algumas crenças cotidianas sobre o mecanismo de herança biológica.

I	O pai é mais importante que a mãe para a determinação das características, como na tradição Aristotélica.
II	A mãe determina o sexo da criança.
III	A herança é entendida como uma mistura de sangue, como na tradição Hipocrática.
IV	Persistem ideias de pré- formação, geração espontânea e herança de características adquiridas.
V	As mutações são entendidas como castigo dos céus. O nascimento de criança deficiente em uma família está associado a sentimento de culpa e vergonha.
VI	As características da prole podem ser influenciadas pelos parceiros anteriores (telegonia).
VII	Progenitores adoentados dão origem a proles de qualidade inferior.

Fonte: Adaptado de Hodson (1992), Turney (1995) e Santos (2005).

Tais concepções demonstram hibridização de saberes oriundos das mais diversas culturas. Nas palavras de Morin (2015,p.24), “[...] os conhecimentos constituem, ao mesmo tempo, uma tradução e uma reconstrução, a partir de sinais, signos e símbolos, sob a forma de representações, ideias, teorias e discursos” dos sujeitos. Um exemplo significativo disso está nas ideias utilizadas por um dos mais renomados pensadores da humanidade: Darwin.

À época, o naturalista concluiu, sob influência de suas observações empíricas, que algumas características reapareciam nos animais após algumas gerações. Para Santos (2005, p. 23), “[...] tal fato não desmerece a maneira como Darwin entendia a hereditariedade, apenas dimensiona melhor a compreensão dos indivíduos leigos, a qual não é fruto da ignorância, mas de relíquias de uma longa história”. Além disso, dentro de seu campo teórico, Darwin explicitamente compactuava com as ideias de eliminação das características indesejáveis no decorrer das gerações.

Nessa perspectiva,Lopes Junior e Gomes(2009), ancorados nas ideias de Bachelard, afirma que a compreensão dos modelos da ciência serve para explicar tanto aquilo que observamos diretamente quanto aquilo que só podemos inferir. Logo, a elaboração de modelos é resultado da mente humana e não necessariamente da própria natureza. Segundo esses mesmos autores,essas construções procuram sempre manter a realidade observada como pressuposto de legitimação.

Nesse contexto, o conhecimento estaria fragmentado, dividido em compartimentos estanques, carente de princípios organizadores que possibilitassem a ligação entre os saberes de modo que eles fizessem sentido(MORIN,2015).

Tomando como referência os achados de Santos(2005), concebemos um mapa mental com os principais modelos explicativos sobre os mecanismos de herança biológica mais utilizados na elaboração das justificativas relacionadas à hereditariedade no contexto das doenças genéticas.

Ainda segundo a pesquisadora, o modelo exposto tem sua gênese nos relatos de membros de grandes famílias, localizadas nos estados do Rio Grande do Norte e Bahia, assim como de consulentes atendidas no Serviço de Aconselhamento Genético do Centro de Estudos do Genoma Humano, Instituto de Biociências da USP.

Figura 1 - Mapa Mental: alguns modelos explicativos para a herança biológica.



Fonte: Adaptado de Santos (2005, p. 74).

Os modelos de causas ambientais, míticas, incompatibilidade, contaminação e sincretismo se caracterizam por longas histórias que fundamentalmente se estruturam a partir do conhecimento cotidiano. Tomando como exemplo o modelo mítico, percebem-se justificativas que estariam vinculadas a um forte componente religioso e sobrenatural. Vale ressaltar que a diferenciação entre religião e ciência “[...] reside, então, no fato de que a religião usualmente consiste em um conjunto de dogmas, dogmas muitas vezes ‘revelados’, diante dos quais não há alternativa, nem muita flexibilidade de interpretação” (MAYR, 1998, p. 38).

Assim, o sentido dado pelos “fiéis”, a propósito dos mecanismos da hereditariedade, bem como as relações endogâmicas influenciariam sobremaneira as decisões acerca do futuro reprodutivo dos envolvidos. Foucault (1997) discorre sobre o poder exercido nas relações sociais desiguais entre os sujeitos e as instituições. Para o filósofo: “[...] o sucesso do poder disciplinar se deve sem dúvida ao uso de instrumentos simples - o olhar hierárquico, a sanção normalizadora e sua combinação num procedimento que lhe é específico: o exame” (FOUCAULT, 1997, p. 167).

O mecanismo da herança biológica, no contexto das uniões consanguíneas, em última análise representa um dos exemplos mais notórios da Biologia, responsáveis pela produção e/ou reprodução de ideias, conceitos e pensamentos que convergem, em um sentido mais específico, à origem da vida e seus imbricamentos.

Desse modo, os trabalhos, em uma perspectiva epistemológica, devem ser precedidos, sobretudo, por uma ampla discussão, na qual as representações dos indivíduos devem ser o ponto de partida, mas não necessariamente o ponto de chegada do pensamento científico.

Nesse sentido, Barbosa (1982) afirma que a objetividade científica só é possível se fizermos abstração do objeto imediato no caso de o indivíduo recusar a sedução da primeira escolha, contrariando o pensamento nascido da observação. Desta feita, a psicanálise do erro no desenvolvimento da cultura científica é fundamental tanto no plano cognitivo do aluno como no do professor nas diversas áreas do conhecimento.

3.2 O papel do erro e concepções alternativas na formação da cultura científica na escola

Primeiramente, devemos refletir sobre o contexto audacioso de intensa produção científica, especialmente em áreas de campo acadêmico, isso sem considerar o de origem militar e da iniciativa privada. Em paralelo a esse crescimento, “percebe-se, também, uma evidente massificação dos meios de comunicação, decorrente, principalmente, das mídias sociais; o que, de certo modo, possibilitou um aumento no nível de informação dos indivíduos”(GIORDAN; DE VECCHI, 1996, p.19). Em oposição a essa tendência, o saber científico se configura como verdadeiro paradoxo.

Segundo pesquisas realizadas nos EUA e na Europa, “a maioria dos adultos daqueles países ainda possuía pensamento pré-científico e, entre os jovens, sequer o espírito científico está presente” (GIORDAN; DE VECCHI, 1996, p. 137). Tomko(2018), citando Justina e Ferrari(2010), exemplifica bem essa disparidade ao demonstrar o baixo nível de conhecimento em Genética entre alunos do Ensino Médio e universitários sobre o conceito de gene, sua função básica, onde se localizam fisicamente e qual sua relação com outras estruturas celulares.

Diante da contradição no que se refere à expansão do acesso ao saber formal, o qual não significou, nessa mesma ordem, o desenvolvimento do pensamento científico, percebe-se a necessidade de entender, em primeiro lugar, que:

Toda cultura científica deve começar, por uma catarse intelectual e efetiva [...]Colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir (BACHELARD,2001, p. 24).

Na esteira da cultura científica, Bachelard(1978) discorre sobre a relação dialética entre o empirismo e o racionalismo. No seu entendimento, só ocorre evolução filosófica dos conceitos científicos se o empirismo for compreendido e o racionalismo aplicado. Assim, insiste que “[...] um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas, sem leis dedutivas, não pode ser pensado nem ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata, não pode convencer plenamente”(BACHELARD,1978 a,p.4-5).

Para o estudioso, há infantilidade ao nos apropriarmos das experiências primeiras e seu empirismo imagético como pressupostos seguros para a análise de objetos e fenômenos. Essa postura induz inevitavelmente a erros, pois, nesse intento, as relações pautam-se na simplificação de explicações e justificativas, distantes de qualquer argumento mais detalhado. Nessa perspectiva:

A experiência primeira ou, para ser mais exato, a observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica. Essa observação primeira se apresenta repleta de imagens; é pitoresca, concreta, natural fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que a compreendemos(BACHELARD,2001, p. 25).

Em *A formação do espírito científico*, o supracitado autor destaca o papel dos obstáculos epistemológicos na formação do pensamento científico. Dentre eles, estão: *a experiência primeira, a generalização, obstáculo verbal, a substancialização, o conhecimento unitário e pragmático*. Na sua concepção, tais obstáculos são parte indissociável do ato de conhecer e constituem acomodações aos conhecimentos estabelecidos, podendo ser entendidos como antirrupturas(BACHELARD, 1996 apud JUSTINA; CALDEIRA,2014).

Nesse ponto, a experiência primeira, o obstáculo verbal e unitário, torna-se particularmente relevante na formação do perfil epistemológico sobre o mecanismo de herança biológica e, sobretudo, na conceitualização do fenômeno da consanguinidade. Na perspectiva Bachelardiana, as impressões primeiras tornam-se, por vezes, inquestionáveis e abusivas, entorpecendo o espírito. Por isso, é importante destacar o papel da subjetividade do pensamento na relação com o conhecimento. Refletir sobre o real é aproveitar as suas contradições para modificar e alertar o pensamento.

Em consonância com as concepções Bachelardianas,Barbosa (1982) afirma que temos duas categorias de imagens: aquelas que representam a realidade objetiva e as que caminham no plano da imaginação; ambas são fatos positivos. Para o autor, há, entretanto, diferenças entre consciência de racionalidade e consciência imaginante. Nesse caso, a imaginação não se

engana nunca, já que ela não tem de confrontar uma imagem com uma realidade objetiva. Contrário a esse entendimento, o pensamento racional se firma sobre ideias claramente presentes na consciência e por isso põe em jogo a questão da verdade.

Nas palavras de Bachelard(1978,p.29), “[...] um conhecimento particular pode expor-se numa filosofia particular; mas não pode fundar-se numa filosofia única; o seu progresso implica aspectos filosóficos variados”. Esse entendimento remete ao conceito de perfil epistemológico, em que um determinado conceito será válido para um espírito particular, em um momento singular de uma cultura também particular.

No âmbito das discussões sobre os obstáculos ao conhecimento científico, destacamos o verbal, compreendendo-o como a associação indiscriminada de palavras explicativas e acontecimentos variados. Em outros termos, seria considerar um caso no qual uma única expressão ou palavra atribuída a um dado fenômeno torna-se autoexplicativa, ou seja, é reconhecida (BACHELARD, 1996, p.91).

Saliente-se que a abordagem conceitual, restrita a alguns obstáculos epistemológicos, não encerra ou fragmenta nosso debate; apenas direciona nosso enfoque teórico ao objeto de interesse. É importante frisar que o conhecimento cotidiano possui várias terminologias. Essa diversidade conceitual é fruto de correntes teóricas e epistemológicas distintas.

Nessa perspectiva, Ausubel (2003) retrata em sua teoria da aprendizagem significativa os conhecimentos prévios. Giordan e De Vecchi (1996) fazem uso das concepções dos aprendentes. Em Bachelard (2001), observam-se os obstáculos epistemológicos. Veremos, no decorrer dessa abordagem, que, apesar das múltiplas denominações, a maioria dos autores supracitados acredita no potencial dos saberes cotidianos como premissa básica ao desenvolvimento do pensamento científico.

Sendo assim, é de suma importância conhecer a origem, as características e os modelos explicativos existentes na estrutura cognitiva dos alunos. A compreensão de tais concepções serve como subsídio à ressignificação do conhecimento. Giordan e De Vecchi (1996) defendem essa linha de pensamento. Para os autores, “As concepções dos aprendentes, constitui o substrato preexistente e primordial a partir do qual os professores devem preparar suas estratégias e elaborar as mensagens que desejam transmitir” (GIORDAN; DE VECCHI, 1996, p. 75).

Entretanto, devemos entender que essas concepções se apresentam mediante contextos sociais e ambientais múltiplos, o que explica a influência no campo intrapessoal,

como também interpessoal dos indivíduos. Nesse sentido, tais modelos representam construções iniciadas desde a tenra condição infantil, o que concebe um aparato conceitual bastante consolidado e de difícil redefinição. Na perspectiva Bachelardiana, o erro assume função positiva na origem do saber e as verdades são transitórias, passíveis de modificações.

Logo, a estrutura conceitual estabelecida no complexo cognitivo dos alunos é, a depender do momento, ratificada ou colocada em xeque. Em outras situações, por intermédio, às vezes, de um autoritarismo pedagógico, impõe-se a desconstrução e, por conseguinte, a construção de “novos” conhecimentos, sem considerar as múltiplas realidades existentes ao longo do desenvolvimento de cada um. Para Bachelard (1996, p.19), “a ciência é um produto do espírito humano, produto conforme as leis de nosso pensamento e adaptado ao mundo”.

Outro aspecto também pouco considerado refere-se à não observância da característica subjacente ou implícita dessas concepções, haja vista que elas geralmente não podem ser evidenciadas com facilidade, o que implica superficialidades e consequentes equívocos no agir pedagógico. Nesse ponto, Bachelard (1996, p.23) “Acha surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda”.

Para Vygotsky (2007), esse pensamento toma contorno ao retratar o percurso cognitivo estabelecido por interações: sujeito-objeto, organismo-meio ou pelos estímulos-respostas, defendidos no Behaviorismo. Segundo este autor, tais relações dar-se-ão apenas em nível biológico, porém mediadas pelo outro ou por instrumentos e signos. Essas interações constituem um ato complexo que transcende tais dualismos.

Na mesma perspectiva, o autor justifica que é no transcorrer dessas interações estabelecidas entre os sujeitos que se dão as atividades mentais, nas quais práticas culturais e simbólicas são apropriadas: “[...] todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro, entre pessoas (interpsicológica), e, depois, no interior da criança (intrapsicológica)” (VYGOTSKY, 2007, p. 57).

Em conformidade com o pensamento de Vygotsky (2007), Santos (2005) afirma que na infância os indivíduos apreendem concepções do ambiente cotidiano sobre vários assuntos, os quais estruturam um arcabouço cognitivo do qual não conseguem se livrar facilmente. É na vivência espaço-temporal que ocorre a incorporação de outros conhecimentos, de origem tanto escolar como científica, nas ideias pré-existentes, o que promove mudanças de ordem cognitiva no indivíduo.

Assim, deve-se levar em consideração que, para o alcance de um verdadeiro pensar científico, é necessário ter como ponto de partida os conhecimentos alternativos daqueles submetidos ao processo educacional, conforme mencionado anteriormente. No entanto, devemos refletir quanto aos métodos utilizados para tal fim. Ao contrário, correremos sérios riscos de impossibilitar a acomodação desses novos conhecimentos. Nesse caso:

Se essa reestruturação não ocorre, os conceitos da nova teoria serão incorporados à velha “árvore de conhecimentos”, dando lugar a uma confusão ou mistura entre ambas as teorias alternativas que em vez de coexistirem em contextos diferentes, tornariam um sistema conceitual híbrido e indiferenciado (POZO; CRESPO, 2010, p. 129).

No cotidiano escolar, em especial na sala de aula, percebem-se reiteradas situações em que os alunos demonstram inobservância aos conhecimentos. De forma mais objetiva, os alunos não conseguem fazer conexões entre os saberes escolares, científicos e cotidianos. Diante disso, invariavelmente, não se percebe a identidade epistemológica de tais conhecimentos, denotando um misto de saberes deveras fragmentado. Em condições educacionais desfavoráveis, “as mentes jovens perdem suas aptidões naturais para contextualizar” os conhecimentos e integrá-los em um conjunto mais amplo (MORIN, 2015, p.15).

Nessa tipologia de conhecimento, verifica-se que a fala é o principal meio de produção e ratificação. Siedschlag (2008, p. 11) considera que “[...] as explicações sobre os fenômenos não são reinventadas pela criança, a cada geração, a partir da observação de um fenômeno qualquer, mas herdadas do repertório cultural do grupo”.

Por sua vez, Giordan e De Vecchi (1996, p.140) alertam para não crermos cegamente em métodos simplistas, a ponto de nos iludirmos. Não será pela simples aplicação de um questionário diagnóstico que poderemos compreender a origem e os tipos de ideias dos educandos.

Os cidadãos, no plano das ações cotidianas, procuram, sobretudo, formar seu pensamento de forma anedótica, baseados pela experiência primeira. Suas ideias são construídas geralmente por um empirismo sensorial do ambiente local, elaborado individualmente ou em conjunto através das relações entre sujeitos e seus objetos. Nessa perspectiva, Bachelard (1996, p. 25) destaca que “[...] a observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica”.

Compreendemos que essa dialética perpassa a esteira da abstração cognitiva, aumentando a chance de criar “[...] fenômenos completos, de regenerar todas as variáveis degeneradas ou suprimidas que a ciência, como o pensamento ingênuo havia desprezado no seu primeiro estudo” (BACHELARD, 1978,p.10).

Nessa perspectiva, Santos (1989, p.32) entende o senso comum como um “[...] conhecimento evidente que pensa o que existe e cuja função é a de reconciliar a todo custo a consciência comum consigo mesma. É, pois um pensamento necessariamente conservador e fixista”. Nesse contexto, Pozo e Crespo (1998, p. 46), assim como Dias (2008), demonstram em seu trabalho algumas das características mais representativas das concepções alternativas, as quais exemplificamos no quadro a seguir.

Quadro 3 - Principais características sobre as concepções alternativas.

1º São construções pessoais dos estudantes, elaboradas de forma espontânea na sua interação cotidiana com o mundo que os cerca;
2º São incoerentes do ponto de vista científico, embora não tenham por que sê-lo, do ponto de vista do estudante;
3º São concepções que costumam ter bastante poder de predição em relação aos fenômenos cotidianos;
4º São, geralmente, estáveis e persistentes à mudança;
5º Tem caráter implícito, uma vez que muitos estudantes têm grandes dificuldades para expressar e descrever suas ideias, não tendo mesmo consciência da existência destas;
6º Procuram mais a utilidade do que a verdade, como supostamente fariam as teorias científicas;
7º São conhecimentos específicos que se referem à realidade próxima e concreta, à qual o estudante não sabe aplicar as leis gerais explicadas nas aulas.

Fonte: Adaptado de Pozo e Crespo (1998) e Dias (2008).

Além das características que definem as concepções alternativas dos estudantes, demonstradas no quadro acima, devemos compreender que elas possuem origens sobre as quais repousam os elementos que estruturam e consolidam as ideias que serão, na maioria das vezes, acionadas no intuito de explicar os fenômenos com os quais serão confrontados ao longo da vida.

Nesse sentido, “a concepção tal como a conhecemos, não é, portanto, o produto, mas sim, o processo de uma atividade de construção mental do real” (GIORDAN; DE VECCHI, 1996, p. 95). Essa construção conceitual efetua-se a partir das relações que o aluno estabelece, principalmente, por meio de afinidades que mantêm com outros indivíduos durante sua história de vida, as quais permanecem gravadas em sua memória.

Tais informações são codificadas, transformadas em categorias, em um complexo sistema cognitivo global e inteligível, de acordo com o uso que lhe será conveniente. Pozo e Crespo (1998), bem como Dias (2008), destacam três origens das concepções dos alunos:

- ▶ Origem sensorial (Concepção espontânea) - relacionada aos significados que são dados às atividades cotidianas a partir da percepção dos fenômenos, processos e observações realizadas ao longo da vida cotidiana.
- ▶ Origem social (Concepção induzida) - surge por influência do entorno social e cultural imediato do estudante. Considerando-se que a escola não é o único meio de transmissão cultural do indivíduo. A família, os meios de comunicação, ou seja, toda a realidade social em seu entorno, contribuem de forma decisiva para a sua construção.
- ▶ Origem escolar - relacionada à situação de ensino formal que influenciam as aprendizagens posteriores. Ressaltam que, quando certos conceitos são elaborados de forma simplificada, ou distorcidos, estes costumam ocasionar compreensão equivocada e/ou deformada por parte do estudante.

Diante do exposto, percebe-se que, para uma transposição didática fundamentada na perspectiva da evolução conceitual, cabe primeiramente ao educador identificar, como também entender os principais obstáculos cognitivos existentes, por vezes negligenciados no processo educativo. Desse modo, recomenda-se, antes de iniciar qualquer atividade pedagógica, observar, de antemão, o contexto, a natureza e as características do conhecimento dos alunos.

Para Silvério e Maestrilli(2005) citados por Tomkoet al.(2018), a transposição didática do conhecimento científico deve ser feita de forma cognitivamente estruturada pelo aluno. A motivação para isso depende do sentido dado por eles ao que está sendo estudado.

Devemos salientar que, embora as divisões em categorias criadas para o processo de construção do conhecimento científico estejam postas estrategicamente de forma desvinculada umas das outras, tal feito se deu apenas para torná-lo didaticamente mais compreensível. Desse modo, entende-se que a subjetividade e a abstração devem ser identificadas e “categorizadas” a partir de situações criadas pelo próprio docente, possibilitando que sutilezas sejam afloradas à medida que o aluno se sinta estimulado perante significativas *práxis* pedagógicas. Assim:

Para avançar nesses domínios, a construção e desconstrução devem ser encaradas como as duas facetas do mesmo fenômeno. Da sua tensão emergem a dinâmica do aprender, qualquer novo conhecimento é uma reelaboração de conhecimentos já existentes, em função de um projeto.

Aprendemos com e contra as percepções, as suposições, as evidências e as opiniões imediatas ou já feitas (GIORDAN, 1998, p. 138).

Na perspectiva Bachelardiana, o desenvolvimento da ciência é o resultado de reflexões do espírito humano, produto das leis de nosso pensamento, reconfigurado conforme o mundo exterior. O autor ressalta ainda que a cultura científica contemporânea transita entre o realismo e o racionalismo, de tal feita que um deles, isoladamente, não basta à convicção racional absoluta do fato científico.

Embora exista, na maioria das vezes, “incompatibilidade” entre a cultura científica e as diversas outras culturas humanas, notam-se, em certa medida, pontos de conexão, conforme veremos no caminhar dessa discussão. Tais elementos servem, em alguns aspectos, de ancoradouro a um fazer pedagógico significativo.

Carvalho (2013, p. 96) faz uma ressalva ao afirmar que “[...] não existe um conhecimento absoluto e irrefutável da realidade, visto que o princípio de negação cumpre uma função primária, seja no âmbito filosófico ou científico”. Ao questionarmos qualquer absolutismo epistemológico, oferecemos a possibilidade do afloramento de novos saberes. A seguir, esquematizamos os processos de construção do conhecimento científico, segundo Pozo e Crespo (2010).

Figura 2 -Mapa Mental: construção do conhecimento científico em sala de aula.



Fonte: Adaptado de Pozo e Crespo (2010, p. 132).

Diante do esquema colocado, três processos se destacam na construção do conhecimento científico, segundo as variáveis colocadas no mapa mental acima. Desse modo, iniciamos pela reestruturação teórica em um domínio antagônico das estruturas conceituais anteriores. É importante destacar que, para um reordenamento conceitual, a aprendizagem

apenas de fatos e a aprendizagem significativa, entendida como a compreensão conceitual, são, de certa forma, insuficientes.

Segundo Pozo e Crespo (2010), as recentes teorias sobre a mudança conceitual são idealizadas como um processo complexo. Desse modo, três formas distintas de construção conceitual implicariam um patamar diverso de reestruturação da organização cognitiva, conforme destacado a seguir:

- ▶ *Enriquecimento ou crescimento das concepções*: seria a forma mais leve de mudança conceitual. Simplesmente incorpora-se informações, mas sem mudar em absoluto a estrutura conceitual existente;
- ▶ *Ajuste*: implicaria modificar essas estruturas de alguma maneira, fundamentalmente mediante processos de generalização e discriminação, mas não exigiria uma mudança radical das estruturas existentes;
- ▶ *Estruturação*: nesse caso, temos a mudança das estruturas conceituais utilizadas em um domínio do conhecimento dado, indo das formas mais simples, próprias do conhecimento cotidiano (relações causais lineares, unidirecionais), até as estruturas mais complexas das teorias científicas (interação e equilíbrio dentro do sistema) (POZO; CRESPO, 2010, p. 119).

Ainda segundo Pozo e Crespo (2010), essa reestruturação conceitual ocorreria de baixo para cima. Em outras palavras, dos conteúdos mais específicos até as estruturas conceituais mais complexas. Na sequência, temos o processo de explicitação progressiva, que consiste na construção do conhecimento através do processo metaconceitual. O que significa tornar evidentes concepções mantidas intuitivamente, nem sempre percebidas por seu detentor.

Nesse momento do processo educativo, o professor é essencial na projeção de cenários pedagógicos que possibilitem o emergir das concepções latentes, para que, a partir da necessidade de uma “[...] redescrição representacional, o aluno tome consciência de suas teorias implícitas” (POZO; CRESPO, 2010, p. 133).

Destacamos que a mudança conceitual não implica necessariamente o abandono definitivo das concepções previamente estabelecidas. O que ocorre, na maioria das vezes, é a coexistência de representações no arcabouço cognitivo do indivíduo, de tal modo que ele possa utilizá-las em contextos diferentes. Para Morin (2015), a organização do saber é processual e circular, passando por junções e disjunções, não necessariamente nessa ordem, “[...] ou seja, o conhecimento comporta, ao mesmo tempo, separação e ligação, análise e síntese” (MORIN, 2015, p. 24).

Segundo Reber (1993), assim como para Pozo e Crespo (2010), o fato de a teoria científica ter um maior poder de representação não significa que as concepções alternativas devam ser “apagadas” dos constructos mentais dos sujeitos, mesmo que tenham pouco poder explicativo. Aliás, em muitas ocasiões, são deveras eficazes na realização de previsões em contextos cotidianos. Além disso, podem ser requeridas utilizando-se pouco recurso cognitivo, devido à sua natureza implícita.

Segundo Pozo e Crespo (2010, p. 126), de modo mais generalizado, podemos afirmar que “uma teoria é mais poderosa quando possibilita a incorporação de outra mais simples, parcial ou em sua totalidade, isso acontece quando”:

- a) tem maior capacidade de generalização, porque pode ser aplicada e prevê fatos em domínios ou âmbitos que não são cobertos por outras teorias;
- b) tem uma estrutura conceitual mais complexa, que permite interpretar em termos de interação e relações dentro de um sistema os acontecimentos que outra teoria concebe como isolados ou simplesmente encadeados de forma casual entre si;
- c) tem maior poder explicativo ou de (re)descrição representacional, dado que, ao ser baseada em um gênero discursivo mais elaborado ou formalizado, permite (re)descrever em termos de um modelo fatos previstos, mas não explicados, por outra teoria.

Diante disso, percebe-se que a produção do conhecimento científico aciona estruturas conceituais mais complexas a partir do substrato de outras mais simples, o que implica o emprego diferenciado de teorias em contextos de aprendizagens relativos. Nas palavras de Carvalho (2010, p. 9): “[...] deve-se considerar, entretanto, que o ensino científico será estéril se fechado na transmissão de saberes estáticos, não acompanhados pelo espírito científico que exige modos de raciocínio e poder de reflexão”.

Para Bachelard (1996), resta-nos a incumbência de colocar a cultura científica em estado de alerta, substituir o conhecimento fechado e estático por outro aberto e dinâmico, a dialogar com todas as variáveis experimentais, enfim, propor a razão ou razões para a evolução. Para Morin (2015), a ausência dessa reflexão contribui para o fortalecimento de doutrinas que retraem o pensamento, confirmando o que é entendível e “[...] rechaçando o erro, o delírio e tudo o que as contrapõe ou tornam tais doutrinas incompreensíveis” (MORIN, 2015, p. 20).

Em síntese, tais pensamentos retratam certa especificidade ao demonstrarem o valor agregado entre os conhecimentos científicos e cotidianos, sobretudo nos aspectos que abordam sua não desvinculação no processo de evolução conceitual das atividades educativas. Entretanto, na atividade pedagógica diária, percebe-se com frequência o desmerecimento dos

conhecimentos cotidianos ou concepções alternativas. No entendimento de alguns professores, tais conhecimentos funcionam apenas como anteparo da cultura científica.

Essa conduta faz muitos professores acreditarem na “eficácia” da transmissão unidirecional dos conceitos científicos, ou seja, “na cabeça cheia e não bem-feita” (MORIN, 2015, p.21). Nessa lógica pragmática, os alunos seriam conduzidos a abandonarem, de forma “natural”, todo o conjunto de conhecimentos adquiridos ao longo de suas vidas, mediante encontros pedagógicos pontuais. Porém, tal situação contraria a realidade vivenciada *in loco*. Na seção seguinte, apontamos como alternativa à superação dos obstáculos ao pensamento científico a abordagem problematizadora dos conceitos.

3.3 A problematização como alternativa na formação do pensamento científico

No contexto da sala de aula, a aprendizagem de conceitos geralmente acompanha uma sequência unidirecional: da introdução sistemática do conceito ao problema ou exercício tradicional. Na aprendizagem baseada na resolução de problemas, a ordem é completamente invertida, pois, no processo, os estudantes tomam conhecimento primeiro do problema para só depois terem contato com determinado assunto e, ao solucionarem o problema, aprenderão os conceitos específicos a sua resolução (VASCONCELOS; ALMEIDA, 2012; SILVA; MALHEIRO, 2016).

Para Núñez (2009, p. 8), uma das alternativas a “[...] motivação dos alunos está na aprendizagem baseada em problemas ou em situações-problemas”, nas quais a construção e/ou reconfiguração de conceitos está condicionada à sua experiência cotidiana, em contextos de criação técnica, científica e social. Há, segundo o autor, uma evidente motivação dos alunos quando eles percebem a utilidade prática dos conhecimentos adquiridos.

A metodologia fundamentada na resolução de situações-problema consiste em apresentar aos estudantes situações que os conduzam a soluções possíveis, levando em consideração os conhecimentos já adquiridos por eles, como também saberes que suscitem pesquisas experimentais, bibliográficas ou de campo. Trata-se de um método flexível e de promissores resultados, principalmente quanto à formação de competências, habilidades e honestidade científica.

Nessa perspectiva, Araújo e Sastre (2016, p.188) afirmam que um dos objetivos educacionais da aprendizagem baseada em problemas é o direcionamento dos alunos para a “[...] aquisição do hábito permanente de abordar um problema com iniciativa e diligência,

mantendo a propensão para aquisição de novos conhecimentos e habilidades necessários para a sua resolução”.

Ainda conforme esse entendimento, a referida metodologia configura-se como um desafio à superação dos obstáculos, propiciando o desenvolvimento cognitivo por acionar ideias e não objetos. Para Zabala e Arnau(2010, p.174), “sempre que atuamos na vida cotidiana intervindo diretamente nela, no sentido de resolver problemas, estaremos atuando de modo competente”.

Nessa breve revisão da literatura, auferimos ser relevante essa pesquisa porque, a princípio, constata-se um número bastante reduzido de estudos sobre as características e obstáculos epistemológicos referente aos mecanismos de herança biológica e o fenômeno da consanguinidade. Percebe-se também que as pesquisas que exploram os problemas de ensino e aprendizagem dos conceitos em Genética escolar ainda são insuficientes ao efetivo desenvolvimento do pensamento abstrato.

Verifica-se, por fim, a possibilidade de se trabalhar de forma relevante o conteúdo explorado, fazendo uma ponte entre o que se aprende dentro e fora da sala de aula.

4.METODOLOGIA DA PESQUISA

Em primeiro lugar, é importante frisar que o método de pesquisa consiste na seleção de procedimentos sistematizados para a descrição e explicação de fenômenos, sejam eles de cunho social, físico, químico, biológico etc. De modo bastante amplo, podemos garantir que existem dois métodos: o quantitativo e o qualitativo. Ambos diferem principalmente devido à abordagem e ao enfoque conferido aos problemas de pesquisa. De modo geral, a pesquisa qualitativa fundamenta-se a partir de informações pessoais diretamente atreladas ao fenômeno estudado, que respondem a questões particulares de sentido subjetivo relacionadas às experiências de vida dos participantes (SILVA, 2014).

Num sentido mais específico, a pesquisa qualitativa preocupa-se com um nível da realidade que jamais poderá ser reduzido a variáveis mensuráveis. Para Bortoni-Ricardo (2008), a pesquisa qualitativa contribui para que percebamos as vantagens de métodos que nos auxiliam a ter uma visão mais abrangente dos problemas. Ademais, supõe contato direto com o objeto de análise e fornece um enfoque diferenciado para a compreensão da realidade. Diante disso, escolhemos como meio que respaldasse nosso caminhar a pesquisa participante.

4.1 O contexto escolar

A partir de observações no/do ambiente escolar, especialmente na última etapa da Educação Básica, algumas particularidades direcionaram o foco investigativo para a turma do 2º Ano do Ensino Médio. Isso se deu porque a heterogeneidade do grupo conseguia atender a aspectos pertinentes à proposta inicial. Dentre eles, o que mais colaborou para a escolha dos participantes foi a constatação de que a maioria morava em comunidades circunvizinhas à cidade, nomeadamente, nos ambientes rurais e quilombolas.

A seleção dessa turma justifica-se primeiramente pela necessidade de se identificar e entender às principais variantes conceituais e narrativas sobre os mecanismos de herança biológica dos participantes, no contexto das uniões consanguíneas. Em segundo lugar, por enxergar na temática formas alternativas de encurtar as fronteiras dos conhecimentos cotidianos, escolares e científicos sobre assuntos relacionados à Genética escolar.

Dentre os alunos participantes, cinco residem na comunidade Matão; seis nos Manécós; cinco em Boqueirão, dois em Uruçu e quatro na zona urbana. O casal entrevistado

reside no centro da cidade, mas apresenta vínculos familiares com o ambiente rural. Essa conformação demonstra uma característica em comum: a maioria apresenta relação direta ou indireta com o ambiente rural.

Conforme relato informal dos alunos dessa turma, observa-se que 40% dos pais possuem como atividade laboral a agricultura; 20% trabalham na construção civil, pedreiro e auxiliar; 30% deles encontram-se desempregados ou em atividades informais e 10% atuam nos britadores instalados na região.

Quanto à escola, podemos destacar que a instituição é a única que oferece o Ensino Médio no município. Essa peculiaridade demonstra, dentre outras questões, a situação em que as salas de aula se encontram em relação ao quantitativo de alunos por turma. Tal situação acarreta dificuldades logísticas, mas, sobretudo, pedagógicas.

A arquitetura característica do século XX, com fundação datada no Decreto nº 9.684, de 27 de outubro de 1982, demonstrando certo tempo de funcionamento. Segundo dados do censo escolar 2019, a escola conta com um corpo docente de 45 profissionais, 11 salas de aula e 58 funcionários, responsáveis pela parte administrativa, e um laboratório de informática, o qual se encontra inutilizado pela precariedade dos computadores, a maioria quebrados.

As dependências, como cozinha, biblioteca, apresentam um tamanho bastante reduzido para o número atual de alunos. Nesse momento, consta matriculada em 2019 a cifra de 1.423 estudantes. Reiteramos que um dos fatores determinantes de nossas dificuldades atuais está relacionada, em certa medida, ao aumento exponencial de alunos ao longo dos anos.

A escola oferece aos moradores da cidade o EJA, modalidade de ensino para alunos que estão fora da faixa etária ano/série. O ensino é ofertado apenas no turno da noite. À tarde, funciona o médio regular, e, no turno matutino, o fundamental. Esse ano, com a reordenação das turmas, o ensino fundamental está sendo oferecido apenas no turno matutino.

4.2 Percurso metodológico

Inicialmente, a pesquisa teve um caráter bibliográfico, pois foi necessária uma apropriação das principais ideias e teorias produzidas em artigos, livros, dissertações e teses acerca da herança biológica e/ou consanguinidade sob a perspectiva epistemológica. Tal feito propiciou aporte documental para a Fundamentação Teórica.

Posteriormente, delineou-se seu modo exploratório, utilizando-se o diário de campo, entrevista e questionário semiestruturado (FIORENTINI, 2012, p. 102) como

ferramentas e procedimentos técnicos de coleta de dados. O objetivo dos instrumentos de pesquisa foi buscar evidências relacionadas a obstáculos epistemológicos sobre os mecanismos de herança biológica e consanguinidade.

Tais procedimentos justificam-se pelo fato de que o foco investigativo está, simultaneamente, nos obstáculos ao pensamento científico e assimilação ativa de conceitos científicos. Por isso, o planejamento das atividades seguiu os pressupostos epistemológicos da formação do espírito científico Bachelardiano.

Nesse caso, os encontros realizados, com a mediação do professor, visaram a envolver o grupo pesquisado em uma dinâmica que possibilitasse a identificação de ideias subjacentes, conceitos e obstáculos ao pensamento racional, a problematização com produção de conflitos cognitivos e a aplicação de exercícios crítico-analíticos fundamentados nos conhecimentos científicos, a fim de ressignificar o saber a partir do estabelecimento de novas formas de pensamento. Assim, buscamos superar o nível puramente descritivo para alcançar o interpretativo sobre fatos, ações e fenômenos constitutivos.

As informações da pesquisa foram obtidas mediante a organização das respostas aos instrumentos de coleta de dados supracitados, exercícios e diálogos, nos encontros com os alunos. Nesse processo, mais do que analisar pensamentos consolidados (obstáculos epistemológicos), procuraram-se evidências do desenvolvimento do espírito científico no decorrer das atividades.

A construção do pensamento científico, em uma perspectiva consciente, englobará as contribuições do contexto pedagógico, permitindo a compreensão do processo como um todo. Nesse sentido, a pesquisa também se caracteriza como explicativa (COSTA; COSTA, 2011, p. 36), do tipo participante, visto que os dados foram obtidos pelo pesquisador no próprio local pesquisado.

Segundo Valladares(2007, p.12), “a observação participante supõe a interação pesquisador/pesquisado”. As informações que obtém das respostas dadas às suas indagações dependerão do seu comportamento e das relações que desenvolve com o grupo estudado. Com o objetivo de tornar a construção do pensamento científico o mais significativa possível, optamos pela simulação de ambientes do entorno escolar. Desta feita, buscamos explorar situações-problema reais e fictícias dentro das relações de parentesco propostas pelo professor, de modo que os conhecimentos cotidianos dos alunos fossem insuficientes ou pouco eficazes para a resolução das proposições.

Por fim, sendo de interesse do estudo contribuir com a comunidade investigada, uma vez que a construção e ressignificação do conhecimento, de forma coletiva, favorece mudanças de comportamento, propomos, como produto final, a elaboração de uma sequência didática. Esta apresentará potencial para uso futuro em outras atividades pedagógicas voltadas à educação em Genética.

5. SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA PROPOSTA DE BACHELARD: POSSIBILIDADES DE FORMAÇÃO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO SOBRE HERANÇA BIOLÓGICA E CONSANGUINIDADE

De acordo com Zabala e Arnau (2010, p.18), os modos operantes de organização das sequências de atividades educacionais são os traços mais evidentes na determinação das características diferenciais da *práxis* educativa. Para os autores, tanto o modelo tradicional de “aula magistral”, caracterizada pela exposição, estudos sobre apontamentos ou manual e provas até o “método de projetos”, escolha do tema, planejamento, pesquisa e processamento da informação-ação possuem elementos identificadores de suas atividades, mas que adquirem natureza diferencial, conforme os modos de organizar e articular as sequências propositivas.

Nesse sentido, o capítulo terá como objetivo mostrar as características do pensamento sobre os mecanismos de herança biológica no âmbito das uniões consanguíneas, assim como analisar as evidências de ressignificação do pensamento no decorrer das atividades da sequência didática. É importante destacar que a formação do espírito científico deve seguir, ou passar individualmente, por três estados ou leis de formação: *estado concreto, concreto-abstrato e abstrato* (BACHELARD 1996; COSTA,2012).

Nessa perspectiva, Costa(2012, p.3)ressalta que “o interesse do espírito, a paciência científica,o prazer e o amor pelo saber, assim como a pedagogia da pergunta e resposta, são fundamentais ao seu desenvolvimento”.

5.1 Apresentação e discussão dos dados

As evidências encontradas inicialmente nos instrumentos de coleta de dados tiveram papel fundamental no direcionamento e ajustes da sequência didática. Os indicadores apontaram, em um primeiro momento,as variantes de pensamentos ou conceitos característicos da temática da herança biológica e suas variantes epistemológicas, conforme demonstrado nos estudos de Reis, Sepulveda e El-Hani (2017).

Os elementos conceituais, obtidos no questionário e na entrevista com o casal consanguíneo, demonstraram algumas tendências e particularidades nas narrativas escritas e faladas, as quais possibilitaram a formação de “*categorias*” de análise preliminares, conforme discriminado em outro momento.

Silvério e Maestrelli(2005) ressaltam que, apesar da possibilidade de se conhecer obstáculos na Genética escolar, é importante considerar esta manifestação como processo oriundo da interação de diferentes tipos de obstáculos epistemológicos. Tal situação, na prática, se traduz na dificuldade em delimitar de forma precisa a predominância de um tipo particular de obstáculo sobre o outro. Nas palavras de Bachelard(1996), o obstáculo epistemológico é confuso e polimorfo.

O que elas dizem, à primeira vista, denota o caráter generalista dos achados, haja vista os instrumentos e testes iniciais se mostrarem insuficientes, *a priori*, na prospecção de conceitos subjacentes à temática. Apesar de concordar com os autores supramencionados, buscamos transformar de certo modo nossos achados em categorias conceituais elásticas, a partir da forma, como também do conteúdo emergente no desenrolar do processo educativo.

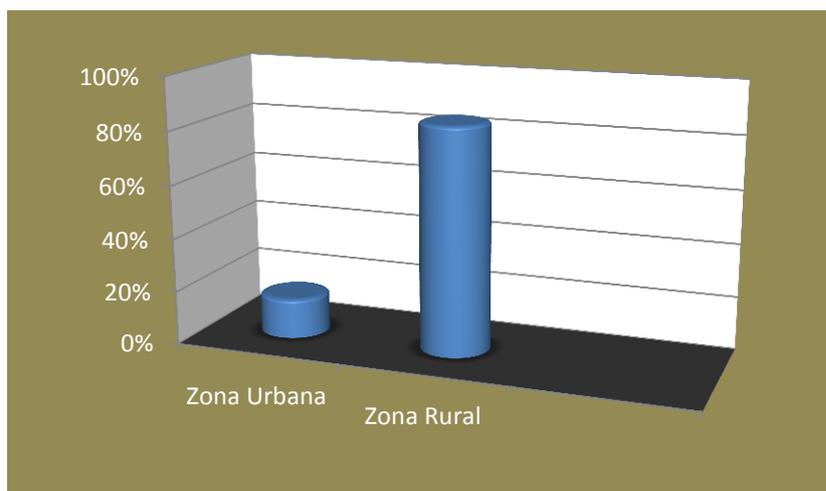
Em face disso, buscamos entender tais narrativas como expressões ou representações concretas do pensamento dos participantes. Assim, organizamos em um quadro-síntese os principais axiomas conceituais extraídos das atividades. Antes disso, expomos os conteúdos dos questionários, apontando as similitudes, padrões e divergências conceituais das respostas elaboradas pelos alunos.

5.2 Conhecimentos dos alunos sobre herança biológica e consanguinidade

Uma das mais antigas “[...] crenças sobre herança está relacionada ao preconceito do incesto”(SANTOS,2005, p.19). Segundo a autora, as uniões entre parentes de primeiro grau nas comunidades católicas são desencorajadas. Tal situação requer pedido formal às autoridades eclesiásticas, conduta diferente nas comunidades islâmicas, nas quais uniões entre parentes é uma prática corriqueira.

Além da disparidade, segundo as mais diversas doutrinas religiosas, percebe-se a incidência de “[...] casamentos consanguíneos nas comunidades rurais, nas populações pouco letradas, e entre grandes proprietários de terra que vêm nesses relacionamentos uma forma de manutenção de seus patrimônios”(SANTOS,2005,p.19).

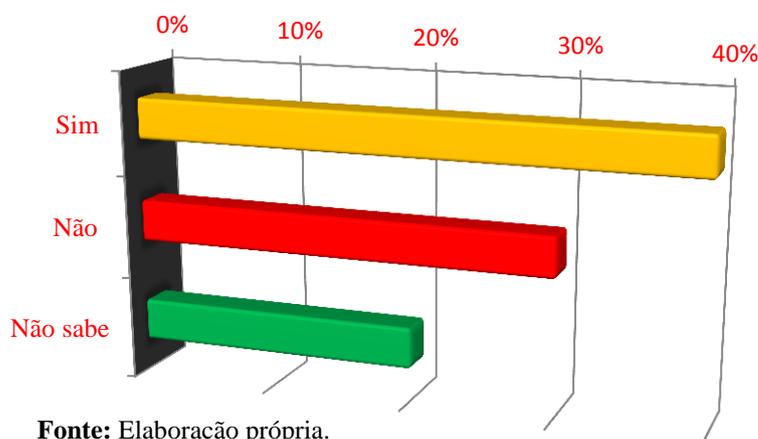
O gráfico a seguir demonstra o quantitativo significativo de alunos da zona rural e citadino na turma objeto de estudo.

Gráfico 1- Distribuição dos alunos participantes por localidade.

Fonte: Elaboração própria.

Com o objetivo de confirmar a prevalência dessas uniões nas comunidades, no município de Gurinhém, conforme apontado nos trabalhos dos autores supramencionados, perguntamos aos alunos se conheciam alguém ou possuíam familiares em relacionamento estável que tinham entre si algum grau de parentesco.

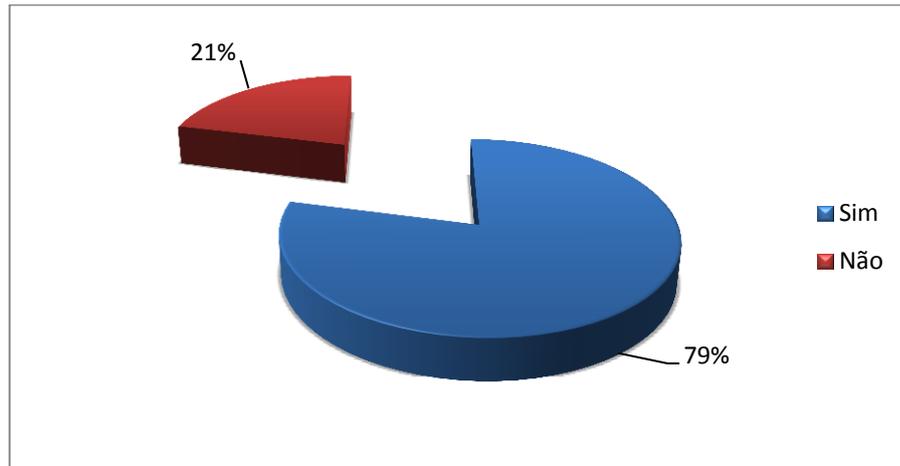
Ao analisar as respostas, percebemos que 40% da turma, de um total de 19 alunos, responderam que sim. Desse total, um não soube informar a relação parental do casal; três responderam que a união ocorre entre primos carnais ou primos duplos, ou seja, o casal consanguíneo é filho de dois irmãos, casados com duas irmãs; um outro apontou o relacionamento entre primos de primeiro grau, e dois entre tio/a e sobrinho/a. Os demais responderam que desconheciam tal fato. O gráfico a seguir sintetiza bem nossa descoberta.

Gráfico 2- Porcentagem dos alunos que conhecem alguém casado/a ou em um relacionamento estável com algum grau de parentesco.

Fonte: Elaboração própria.

Na questão de número três, foi perguntado se a união entre casais com algum grau de parentesco aumentaria as chances de enfermidades na prole. Para 79% dos alunos, a resposta foi sim e 21% deles não acreditava nessa possibilidade. Para um número significativo, o sangue em comum, ou seja, o fato de pertencerem à mesma família, teria potencial deletério na prole.

Gráfico 3 -Relação de parentesco e patologias na prole.



Fonte: Elaboração própria.

A partir dos dados e recorrendo à epistemologia Bachelardiana, percebemos que os conceitos são elementos constitutivos de um sistema, possuindo “continuidade, descontinuidade e ruptura no processo de reconstrução conceitual” (BACHELARD, 1996 apud JUSTINA; CALDEIRA, 2014, p. 25). Tais sistemas dependem, em última instância, do olhar do observador, o qual é conduzido pela fundamentação teórica e experiências anteriores.

O pragmatismo dos alunos em relacionar o tipo sanguíneo a doenças genéticas caracteriza-se por um empirismo claro e positivista. Nos fragmentos extraídos de alguns questionários, podemos evidenciar esse tipo de pensamento ou prevalência conceitual à medida que algumas palavras-chave se tornaram significativas em suas explicações, conforme demonstra o excerto abaixo.

E8 Sim, pois a filha das tias de minha mãe nasceu com um problema na perna por conta do sangue, que é muito parecido.

E7 Sim, pois podem ter o mesmo tipo sanguíneo com o qual não podem relacionar-se.

E11 Sim, porque eu acho que o tipo sanguíneo, sendo o mesmo, pode haver alterações no bebê;

E10 Sim, porque talvez por terem o mesmo sangue, e ao entrar em contato um com o outro, cause a doença.

Seguindo o mesmo pensamento, E2 acredita na possibilidade de o sangue estar diretamente relacionado às causas de enfermidade na prole de casais consanguíneos. Porém, diferentemente daqueles, este formula sua resposta mesclando conhecimentos de cunho escolar e/ou cotidiano, ao atribuir aos genes responsabilidade material na transmissão de traços fenotípicos. Isso demonstra, e aqui concordamos com Vygotsky (1996), que:

Um nível mais elevado no domínio dos conceitos científicos também eleva o nível dos conceitos cotidianos espontâneos. Uma vez atingidos a consciência e o controle em determinado tipo de conceito, todos os conceitos previamente formados são reconstruídos em conformidade com essa consciência e esse controle (VYGOTSKY, 1996,p.100).

Sob a ótica Bachelardiana, esse argumento, de certa forma, transita, em um primeiro momento, no campo do pensamento realista ingênuo, pois utiliza o termo *consanguinidade* de forma metafórica e autoexplicativa. Nesse sentido, Bachelard (1996, p. 91) alerta para não fazermos uso de palavras “explicativas” de fenômenos como um todo. Para o autor, essa postura impede a visão abstrata e nítida dos problemas reais.

Ainda nesse contexto, nota-se também em **E11** o alargamento da zona conceitual de um empirismo claro e positivista e, de modo pontual, em **E2** o racionalismo clássico, ao citar o conceito de alelos. Do ponto de vista conceitual (SILVÉRIO; MAESTRELLI, 2011), afirma que o fato de os discentes se apropriarem em um conceito por meio da memorização não caracteriza um obstáculo epistemológico em si, mas que a emergência em uma série de dificuldades parece ter sua gênese na interpretação sobre a natureza desse conhecimento e como as preferências didático-pedagógicas interferem no espaço /tempo da sala de aula.

E2 Sim, por causa dos tipos sanguíneo e dos alelos.

Além disso, alguns comentários destacam, de forma genérica, a possibilidade de as alterações na criança estarem diretamente ligadas a problemas nos progenitores, ao menos em um deles. Seriam “*erros nos pais*”? Tais falhas estariam, em sentido específico, relacionadas às mutações. Essas alterações no DNA seriam responsáveis pelo surgimento de algumas patologias no feto. A seguir, evidenciamos fragmentos que ratificam o exposto no texto.

E9 Sim, acredito que de alguma forma algo lá dentro dá muito errado, fazendo com que os bebês nasçam com algumas doenças (não são todos).

E13 Não, eu acho que só teria se algum dos dois tivessem algum problema (doença).

E14 Não, porque eu acho que isso só poderia vim acontecer se acaso um dos pais estivesse algum problema.

Ao criarmos uma situação hipotética, em que duas irmãs grávidas temiam o nascimento de filhos afetados pelo albinismo, conforme a prole de sua prima, algumas suposições levantadas ganharam notoriedade. Destaca-se, mediante as opções disponíveis, a possibilidade de apresentar novos argumentos que justifiquem a situação colocada. Ao verificarmos as respostas, percebemos que a maioria dos alunos acredita em uma relação de causa e efeito entre o traço fenotípico e um parente distante, situação com potencial recorrente nas futuras gerações.

Apenas um dos alunos não soube ou não quis responder. Outro justificou sua resposta apoiado na hipótese de o sangue dos progenitores não se combinar. Tal suposição coloca-nos diante do “modelo de incompatibilidade sanguínea”, apontado por Santos (2005, p.77). Na teoria Bachelardiana, esse pensamento faz parte do primeiro estágio da evolução do perfil conceitual: o realismo ingênuo.

Nesse mesmo plano teórico, Justina e Caldeira (2014) observam os mesmos elementos característicos desse perfil ao analisarem a relação entre os conceitos de fenótipo e genótipo em um grupo de alunos. Nesse caso, tais evidências se concretizam a partir da narrativa de alguns alunos a respeito da impossibilidade de mistura dos sangues dos progenitores.

E1 Porque os grupos sanguíneos não se aceitam, podendo aver⁶ algo diferente.

Um dos alunos desconsidera qualquer relação de causa ao empirismo sensorial, aspectos místicos ou do senso comum. Em seu argumento, aparecem termos da Genética básica, como heterozigoto e alelos, em referência a indivíduos portadores de genes para algum traço fenotípico. Nesse momento, percebe-se, mesmo que discretamente, um esforço argumentativo pautado na abstração do espírito científico de Bachelard (1996). Nas palavras de Vigotsky (1996, p.101), “embora os conceitos científicos e espontâneos se desenvolvam em direções inversas, os dois processos estão estritamente relacionados”.

⁶ Optamos por manter o registro de escrita original.

Nota-se estreita relação entre os termos utilizados, não apenas como elementos de uma experiência primeira, mas, sobretudo, amparado sem um racionalismo, já que o aluno argumenta a partir de conceitos que possibilitam a abstração de um contexto mais genérico, o que demonstra, ainda de forma tímida, um aprimoramento do pensamento.

Em campo argumentativo oposto, outro aluno opta pela causa divina, ao responder nenhuma das alternativas. Contudo, em sua justificativa, aponta o propósito de Deus para o ocorrido. Nesse caso, o campo conceitual caracteriza-se pelo realismo ingênuo, pois apresenta expressiva argumentação fundamentada em elementos do senso comum.

E11 Pois no meu ponto de vista nada disso justifica a criança ter nascido assim, pode ter sido a vontade de Deus.

Segundo **E12**, o albinismo estaria ligado a causas ambientais, especificamente ao nervosismo da mãe durante o parto, associando impressões maternas como potenciais causadoras de alterações na prole. O aluno endossa seu argumento apontando a proximidade familiar como catalizadora do traço fenotípico. Percebe-se novamente uma argumentação baseada no empirismo ingênuo, apontado na teoria do perfil epistemológico de Bachelard(1978).

E12 Na minha opinião é essa a alternativa porque a mãe está preocupada por conta dessa prima.

Com o objetivo de conhecer o posicionamento dos alunos sobre uniões consanguíneas, criamos um cenário hipotético, no qual o/a aluno/a teria um filho e seu/sua irmão/a uma menina, e que o casal de primos, em um futuro distante, resolveria formalizar a união. O resultado demonstrou que 80% dos alunos permitiriam a união, porém com ressalvas sobre possíveis problemas que afetariam suas proles futuramente, conforme observado:

E2 Eu permitiria desde que não possuíssem filhos biológicos, pois aumentariam as chances de terem filhos com deficiências.

E3 Eu permitiria mais, sabendo eles que os seus filhos poderiam nascer com problemas genéticos.

E6 Permitiria, mas ajudaria os dois a entenderem a situação e alertaria sobre tal problema.

E8 Sim, mas lá na frente no futuro as filhas deles podem nascer com doenças, por serem da mesma família.

E10 Se fossem menores de idade, Não. mais quando fossem de maiores de idade Sim, mas conversaria sobre problemas que poderia acontecer se eles quisessem um filho no futuro.

E14 Não até o momento em que ele estivesse de menor e em minha responsabilidade.

Nas respostas dadas por **E10** e **E14**, percebe-se um elemento novo. Para esses alunos, o fator idade seria um pré-requisito para a aceitação do relacionamento. Nesse panorama, os estudantes delegariam toda a responsabilidade aos filhos, devido à maioridade, por possíveis acontecimentos de ordem patológica. Não é nítido porque receiam a união. Contudo, o componente relacionado ao determinismo biológico ou ambiental aparece subentendido em suas narrativas, quando aludem a problemas futuros. Essa configuração conceitual do racionalismo clássico foi também demonstrada nos estudos sobre a relação conceitual entre genótipo e fenótipo, conforme destacado por Justina e Caldeira (2014).

Além dos posicionamentos expostos, destaquem-se as atitudes de **E9**, que demonstra receio quanto à situação. Para o aluno, a rejeição, a princípio, seria certa, mas concordaria com a relação a *posteriori*, se houvesse recomendações. Mais uma vez, não fica explícito o conteúdo da suposta conversa, conforme exemplificado na descrição a seguir:

E9 Bom de primeiro não, mas depois de algumas conversas provavelmente permitiria.

Outros colocam em primeiro plano o componente afetivo e social do realismo ingênuo. Para esses alunos, não há relação de causa e efeito com base na proximidade parental, ou pelo menos acreditam ser irrelevante. Reportam a felicidade do casal como fundamento principal à aceitação do relacionamento. Desconsideram, ou acreditam ser pouco significativa, qualquer referência a possíveis problemas de ordem biológica relativos aos futuros descendentes. Percebe-se, em certa medida, um apreço ao momento vivido, conforme evidenciado no trecho a seguir:

E1 Sim, não a motivos para que eles não fiquem juntos todo mundo merece ser feliz;

E7 Eu permitiria sim, pois é um sentimento que começa a fluir e não temos como impedir.

Aqueles que se opuseram o fizeram sem nenhum comentário sobre os motivos da rejeição. Apenas E5 apresentou, no contexto de sua desaprovação, aspectos de cunho

social/econômico. Em sua resposta, é abordado o tipo de criação dos pais, o que seria, em sua concepção, fundamento para uma tomada de decisão, conforme evidenciado no trecho:

E5 Não mas pela criação que eu tenho, porém, se eles estivessem cada um em suas casas, eu não poderia intervir.

Um cenário em que a ocorrência de consanguinidade estivesse descartada e a mãe, após realizado todo o pré-natal, fosse informada do surgimento de um caso raro de surdez na prole poderia ser analisado a partir de quais fatores? Nesse contexto, algumas conjecturas relacionam o pai à enfermidade do filho. A maior parte dos argumentos assinala a existência de um fator adquirido no passado com potencial deletério, o qual seria transmitido de forma verticalizada entre o pai, a mãe e a criança por intermédio da relação sexual.

Esses argumentos apontam para o modelo de contaminação descrito também em Santos (2005). Dentre as causas de ordem ambiental, há os que sugerem negligência dos profissionais da saúde. Nesse caso, a responsabilidade recairia sobre a enfermeira.

E3 Bom eu acho que foi o pai que teria uma enfermidade e através do sexo transmitiu para sua mulher e sua mulher grávida transmitiu para o filho.

E8 Se o pai não tiver a mesma doença, pode ter vindo de outros familiares.

E9 que provavelmente a enfermeira que fez o pré-natal não foi tão fundo assim.

E12 Na minha opinião essa doença vem por conta do pai.

E13 Pode ser que algum dos dois tem "a", provavelmente seria o pai, porque a mãe não apareceu nenhuma enfermidade.

Dentro da heterogeneidade explicativa, há ainda os que atribuem o ocorrido a possíveis complicações no parto, tentativa de interrupção da gestação ou, em última instância, a fatores relacionados ao componente hereditário, apesar de a questão não mencionar qualquer tentativa nesse sentido. Tais características permitiram, sobretudo, evidenciar padrões explicativos em um número significativo de alunos.

Para eles, causas de ordem ambiental e hereditária estariam vinculadas a um mesmo plano ou componente causal. Há, nesse caso, evidências significativas de um pensamento pragmático, obstáculo teorizado nos manuscritos de Bachelard (1996) e exemplificado no trabalho de Justina e Caldeira (2014), ao analisar o perfil conceitual de fenótipo e genótipo. Nesses dois exemplos, os alunos tentaram justificar, simplificando e/ou generalizando conceitos com alto grau de complexidade fenomenológica.

E11 na geração da criança deve ter tido alguma interrupção ou pode ter sido causada pela genética.

E15 Acredito que foi alguma complicação no parto ou algum parentesco do pai.

Com o fito de promover um maior desvelamento sobre a compreensão dos alunos a respeito de temas relativos a conceitos de Genética, perguntamos o que sabiam sobre doenças genéticas e como elas eram adquiridas. Conforme verificado em questões anteriores, aqui verifica-se uma tendência argumentativa. Endossaram o mesmo modelo de pensamento ao colocarem o sangue como principal componente material da hereditariedade.

De forma generalizada, estariam nesse componente biológico, mas também na genética familiar, os fatores responsáveis por tais doenças, ou seja, a associação indiscriminada de palavras que dão aparência autoexplicativa a fenômenos complexos. Configura-se, conforme postulado em Bachelard (1996), um verdadeiro obstáculo verbal. Como exemplo, temos a sigla “DNA”, apontada por Justina e Caldeira (2014, p.183).

Em algumas respostas, destaca-se a materialidade do DNA como entidade central de tais doenças. Contudo, nenhuma delas cita, por exemplo, o processo reprodutivo como meio de transmissão dos genes responsáveis por enfermidades ou a relação entre possíveis mutações e anomalias na prole. Percebe-se, de forma bastante tímida, a presença dos termos alelo e genótipo em algumas respostas. O aparecimento de termos da Genética escolar, mesmo que esporadicamente, indica, à primeira vista, um contato prévio dos alunos com assuntos básicos desse campo do conhecimento, ao menos no que se refere a conceitos introdutórios, conforme verificado a seguir:

E2 doenças genéticas são doenças adquiridas pelos tipos sanguíneos ou alelo.

E4 acredito que esta dentro do corpo do pai ou da mãe e passa pros filhos.

E6 Entendo que são doenças passadas por DNA, de um pai ou de uma mãe, ou ate mesmo de pessoas distantes da família.

E7As doenças genéticas são adquiridas através, dos pais ou de algum parente.

E8 Vindo de seus parentes, de sua família.

E9 Não muito, acho que através do genótipo do pai.

E10 Algo que vem talvez de gerações, pessoas que na família tem.

E11 Através do sangue e pode vir de geração a geração de cada nascimento.

Com a finalidade de identificar a relação entre possíveis casos de uniões consanguíneas e episódios de doenças genéticas nas comunidades, foi perguntado se conheciam alguém com alguma patologia que julgavam relacionar-se a fatores genéticos e/ou hereditários, que doença seria essa e se ela era comum na localidade.

Seguindo o mesmo padrão das respostas anteriores, os alunos demonstraram, mais uma vez, certa confusão nas afirmativas, mesclando componentes de ordem ambiental e genética em uma mesma resposta. Nesse momento, os participantes reiteraram seus argumentos, fundamentando-os sem o endosso de uma zona de raciocínio condizente tanto com o realismo ingênuo quanto com o empirismo lógico, no que tange aos motivos de patologias nas proles. Nas respostas de **E2**, **E6** e **E9**, esses elementos, que comprovam tal perfil conceitual, ficaram mais evidentes ao citarem palavras de efeito pragmático, como DNA, genótipo, alelo e tipologia sanguínea.

Dos 15 alunos que compareceram à escola no dia da aplicação do questionário, seis deles disseram que admitiam conhecer pessoas acometidas por enfermidade que, a princípio, estariam relacionadas ao componente hereditário. Os demais nunca ouviram falar ou não souberam responder ao questionamento.

Do ponto de vista conceitual, não foi evidenciado na questão em destaque nenhum progresso do pensamento dos alunos. Para a maioria deles, certas doenças estariam diretamente relacionadas aos elementos de ordem genética; mais que isso, o fator genético seria o único responsável por tais enfermidades, desconsiderando, assim, os fatores ambientais em um contexto multifatorial. Tal pensamento remete ao que Bachelard (1978, p.26) denominou “racionalismo simples ou clássico”.

E4 Sim calvície e câncer de mama. A calvície sim, mas o câncer de mama não.

E5 sim, albinos;

E8 sim, vitiligo. Não muito, pois ela começa mais pelo emocional.

E9 sim, albinismo. não.

E15 sim, paralisia infantil, sim é comum.

Quando questionados sobre a possibilidade de homens e mulheres contribuírem de forma diferenciada para o acometimento de enfermidades nos filhos, houve evidente discordância entre as respostas. Uns acreditam que sim, porém não explicaram como seria essa diferença. Outros não veem nenhuma variante fundamental ligada a homens e mulheres que

pudesse acarretar qualquer patologia. Para estes, ambos estariam em um mesmo patamar de “responsabilidade” perante o futuro biológico dos filhos.

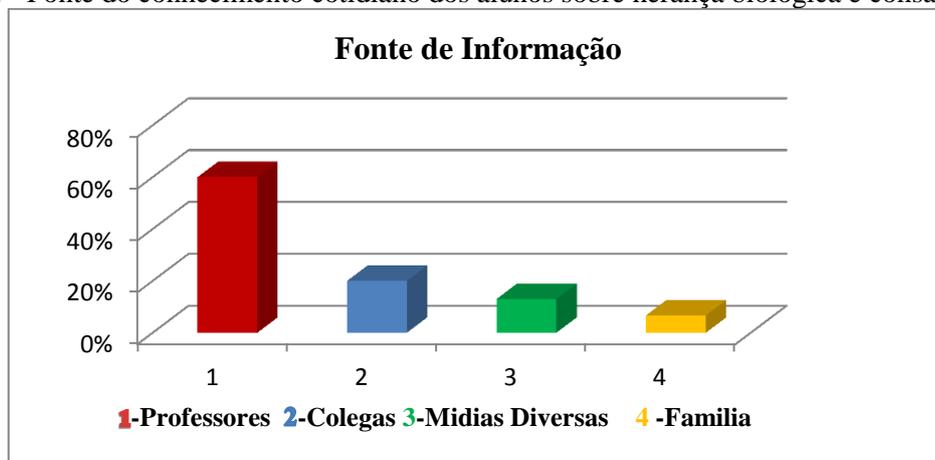
Em contraposição à maioria dos argumentos até aqui expostos, alguns alunos creem na estreita relação entre os cuidados, ou a ausência deles, e a saúde do filho. Para esses alunos, há evidente relação entre o tratamento dado pelos pais durante a gestação e o desencadeamento de enfermidades. Conforme postula Santos (2005, p.75), seriam as “impressões maternas” as responsáveis diretas pelo bem-estar dos filhos, como exemplificado a seguir:

E7 Sim devido a alguns ações que ocorreu durante a gestação.

E15 Depende do casal, pois tem casal que se une e tem outros que um é mais cuidadoso (a) e outra mais rígido (a).

Por último, procuramos identificar quais os principais meios de informação que fundamentaram o pensamento dos alunos sobre os mecanismos de herança biológica e o fenômeno da consanguinidade. Diante dos resultados coletados, constatamos um número significativo de estudantes que assinalou a figura docente como a principal fonte de conhecimento para a consolidação de suas respostas. Sendo mais exato, 60% assumiram esse posicionamento. Apenas 20% alegaram ser os colegas responsáveis pelas informações; 13% consideraram as mídias e, por fim, aproximadamente 6,7% citou a família, conforme podemos constatar no gráfico a seguir.

Gráfico 4 - Fonte do conhecimento cotidiano dos alunos sobre herança biológica e consanguinidade.



Fonte:Elaboração própria.

Conforme ressaltado anteriormente e evidenciado na última proposição, a heterogeneidade, ou sincretismo de ideias, aponta para um contato prévio dos alunos com conceitos da Genética básica. Essa conclusão preliminar tornou-se ainda mais nítida quando reiteradas distorções na forma e conteúdo escrito permearam os saberes formais e o senso comum.

A seguir, destacamos algumas das categorias de análise identificadas após a aplicação, e posterior interpretação inferencial do questionário diagnóstico. Reiteramos o caráter superficial dos achados, haja vista os dados aflorados demonstrarem-se, de certo modo, prematuros a uma análise definitiva. Vislumbramos, por meio da *práxis* educativa, identificar novas categorias, sobretudo aquelas que de certa forma permaneceram implícitas.

Dentre os obstáculos mais significativos, temos as “impressões primeiras”, assim como categorias bem definidas, a saber: transferência sensitiva, determinismo genético e ambiental, caráter místico, vetor de transmissão da herança e, em especial, a presença de metáforas, esse último bastante discutido nos manuscritos de Bachelard (1996). O uso recorrente desse artifício foi destacado na pesquisa, tendo em vista as justificativas utilizadas pelos alunos nos momentos de discussão e nos instrumentos de coleta de dados.

Acreditamos ser a literalidade conceitual da palavra *consanguinidade*, em última análise, a principal responsável pela zona de perfil caracterizado pelo “realismo ingênuo” (BACHELARD, 1978, p. 25). Arriscamos dizer, dadas as devidas particularidades, que o conceito de *esponja* discutido no livro *A formação do espírito científico*, de Bachelard, é análogo ao da consanguinidade em nosso estudo. Ambos utilizados e incompreendidos sob a ótica do espírito científico atuam, por vezes, como ideias que obstaculizam o desenvolvimento do conhecimento formal.

Indivíduos desprovidos de conceitos alternativos que ofereçam suporte a um pensamento racional discursivo serão conduzidos intuitivamente a acreditar que o fenômeno da consanguinidade remete à mistura de fluidos corpóreos. A concepção de um novo ser, nesse caso, estaria umbilicalmente ligada à mistura de sangue dos genitores. Segundo Bachelard (1996, p.91), “o obstáculo verbal seria um dos mais significativos entraves a progressão, ou retificação, de conceitos” nas Ciências da Natureza, em especial, na Física e na Química.

Em sua obra sobre a temática, o autor destaca também a *esponja* como um dos objetos insistentemente utilizados de forma metafórica.

5.2.1 Entrevista com o casal consanguíneo

Antes de selecionar os alunos para irem a campo realizar a entrevista, algumas orientações sobre o seu procedimento diante dos entrevistados foram de suma importância para que a aplicação do instrumento de coleta de dados fosse satisfatória. Dentre elas, constam, por exemplo, a postura do/a entrevistador/a diante do/a entrevistado/a, o sigilo dos dados coletados, a não interrupção da fala do participante etc.

Figura 3 - Alunos trabalhando na elaboração do material de coleta de dados para a entrevista.



Fonte: Acervo do pesquisador.

Posteriormente, de posse dos dados, iniciamos o tratamento das respectivas informações com o intuito de identificar algumas variantes conceituais, conforme o procedimento anteriormente realizado no questionário aplicado aos alunos. Notamos certa similitude entre algumas respostas do casal e dos alunos participantes, como exemplificado no fragmento extraído da entrevista, em resposta aos seguintes questionamentos: O que seriam doenças genéticas? Como elas são transmitidas? Quem as transmite?

Bom ééé...pra mim são doenças adquiridas do relacionamento de um casal ééé... transmitida através do sangue....transmitida através da genética dos pais.

Da mesma forma como ocorreu nas justificativas de alguns alunos, o cônjuge mescla sua resposta com elementos que perpassam o conhecimento de um realismo ingênuo ao empirismo claro e positivista quando não distingue o que seria congênito e hereditário (BACHELARD, 1978). Para ele, o sangue, da mesma forma como dito anteriormente, é o responsável pelos traços fenotípicos na prole.

A mesma zona de perfil conceitual foi demonstrada pelo entrevistado quando questionado hipoteticamente sobre a possibilidade de um casal sem nenhuma relação de parentesco e problemas genéticos há várias gerações terem um filho afetado por alguma síndrome genética. A resposta dada, conforme podemos observar, fundamentou-se, sobretudo, no empirismo lógico. Na concepção do participante, as condições ambientais, e não genéticas, seriam as únicas responsáveis por tais enfermidades. Vejamos:

Pode sim, pois inflamações e DSTs podem ser contraídos e provocarem a...ééé má formação do feto.

Outro trecho da entrevista bastante elucidativo refere-se à explicação dada quando perguntado sobre possíveis diferenças entre homens e mulheres para o surgimento de deficiências na prole. Apesar de a pergunta possibilitar um amplo campo argumentativo, dando espaço para respostas que podiam transitar entre fatores de cunho genético, ambiental e multicausal, o entrevistado foi bastante enfático ao atribuir à mulher a cota maior de responsabilidade pelo surgimento de doenças na prole. Isso porque, para ele, o fato de a mãe carregar o feto durante toda a gestação estaria relacionado diretamente aos implicativos decorrentes de alguma anomalia.

Percebe-se, dessa forma, forte componente do empirismo claro e positivista da filosofia Bachelardiana. Na opinião do entrevistado, o homem estaria livre de qualquer responsabilidade devido ao distanciamento fisiológico no desenvolvimento dos filhos. O excerto a seguir evidencia a noção concretizada na narrativa do entrevistado.

Pra mim a mulher contribui mais pelo fato de que ela carrega o feto pois, ééé...., corre o risco de queda, infecções, stress do dia-a-dia e outros fatores de risco.

A seguir, destacamos, de forma sintética, os principais perfis epistemológicos e suas respectivas ideias latentes encontradas com mais frequência tanto no casal consanguíneo como nos alunos.

Quadro 4 - Perfil epistemológico e conceitual extraído dos questionários e entrevistas sobre herança biológica e consanguinidade.

Perfil epistemológico	Ideias Implícitas
Realismo ingênuo	Mistura de sangue
Empirismo claro e positivista	O sangue como causa determinante de enfermidades genéticas
Racionalismo clássico	Tipologia sanguínea
Racionalismo complexo	Separação entre os componentes da hereditariedade e o sangue
Racionalismo dialético	Relações de parentesco+ mecanismos da hereditariedade= traço fenotípico

Fonte:Elaboração própria.

5.3 Execução das atividades propositivas pelos estudantes

Na segunda etapa, possibilitamos a realização de círculos de debate, bem como aulas expositivas e dialogadas abordando os conceitos que fundamentam a temática da herança biológica e consanguinidade. Assim, colocamos os alunos, em um primeiro momento, diante das várias respostas dos colegas de sala. Para tanto, entregamos de forma cruzada os questionários individuais de cada um aos respectivos colegas.

Nesse momento, realizamos questionamentos a partir das indagações dos discentes, como também expomos questões problematizadoras propostas pelo professor pesquisador. Os dados obtidos nessa etapa ratificaram a multiplicidade de pensamentos evidenciados em respostas coletadas anteriormente.

Verificamos, sobretudo, a persistência, de alguns em atribuir elementos da experiência sensível a possíveis implicativos fenomenológicos da consanguinidade e herança biológica. Destacamos também a recorrente associação feita entre tipologia sanguínea e mistura de sangue, apontada como causa de anomalias nas proles de casais aparentados. Esse foi outro fato percebido após a análise da entrevista realizada pelos alunos a um casal endogâmico (Primos em primeiro grau).

No contínuo da ação pedagógica, introduzimos os conceitos de *fecundação*, *genes*, *alelos*, *homozigose*, e, em especial, *a homozigose por origem comum*. Esses conceitos, a nosso ver, apresentam potencial de ressignificação do pensamento sobre mistura de sangue paterno e materno na determinação de traços genéticos incomuns.

Após as aulas, verificamos que os alunos não mais vincularam a relação de parentesco à mistura de sangue ou tipologia sanguínea. Apenas uma aluna, que não havia comparecido às aulas anteriores, afirmou pontualmente a relação parental com a mistura de sangue, afirmação logo questionada pelo professor e alguns alunos presentes. Na sequência, de forma reflexiva, tecemos questionamentos sobre sexualidade, violência e bondade. Seriam estas características atreladas a fatores genéticos?

Nesse momento, nenhum aluno que expressou seu posicionamento demonstrou acreditar que tais características estariam relacionadas aos mecanismos de ordem genética. Em síntese, percebemos certa reorganização do pensamento de alguns após as indagações postuladas nas seis aulas expositivas e dialogadas, o que sinaliza um alargamento conceitual das concepções iniciais.

Acreditamos que tal ampliação ou retificação conceitual evidenciada, por mais racionalista que pareça, em determinado momento pode se configurar como obstáculo ao desenvolvimento da cultura científica. Isto porque, “[...] quando se tenta representá-lo, [o conceito] vê-se envolvido numa atmosfera que lhe torna impreciso o contorno, logo ao mudar de ambiente, o conceito muda de aspecto, pelo menos em sua tradução intuitiva” (BACHELARD, 2004, p.26).

Nas seis aulas subsequentes, endossamos os conceitos de *homozigose por origem comum*. Para tanto, propomos uma roda de discussão acerca dos traços fenotípicos raros a partir das pesquisas realizadas pelas equipes formadas anteriormente.

Figura 4 - Roda de conversa sobre traços genéticos na prole de casais consanguíneos.



Fonte: Acervo do pesquisador.

Nesse momento, percebemos certo distanciamento, por parte de alguns grupos, sobre os objetivos traçados para essa atividade. Na oportunidade, notamos que a maioria trouxe como pauta para o debate conceitos referentes à consanguinidade de forma generalizada, não o resultado de uma pesquisa sobre traços genéticos raros. Apenas dois grupos colocaram como exemplos a síndrome de SPOAN (Síndrome Paraplegica Espástica, Atrofia Óptica) e a LDM (Leucodistrofia Monocromática).

Segundo os alunos, o tema era muito difícil. As palavras e conceitos encontrados eram, conforme o relato de uma aluna, “*complicados demais*”. Bachelard (1996) diria nesse caso que retardos e perturbações que se impregnam no próprio ato de conhecer configuram resistência do pensamento ao próprio ato de pensar. Nessa mesma linha, Lopes (1996) afirma que aprender Ciências implica, sobretudo, aprender conceitos que se contrapõem à experiência comum. Isso, todavia, não significa estabelecer uma hierarquia axiológica entre conhecimento comum e científico.

Apesar da notória dificuldade percebida na exposição das temáticas, bem como dos obstáculos conceituais relatados pelos alunos, conseguimos alcançar o objetivo proposto. Isto porque, a princípio, a intenção era apenas demonstrar o conhecimento em pauta com exemplos concretos dos possíveis implicativos de uniões consanguíneas, para, posteriormente, discutirmos a relação de causa e efeito do referido fenômeno na etapa seguinte.

5.3.1 Resolvendo problemas: montando e analisando genealogias

Após a aplicação das situações-problema, que foi a etapa final da sequência didática, pudemos retornar, no sentido de comparar o perfil conceitual dos alunos e do casal consanguíneo antes e depois da intervenção pedagógica. Para tanto, fizemos um delineamento a partir da análise da postura individual e coletiva, mediante a ação conceitual dos alunos ao montarem os respectivos heredogramas fundamentados em situações-problema do cotidiano.

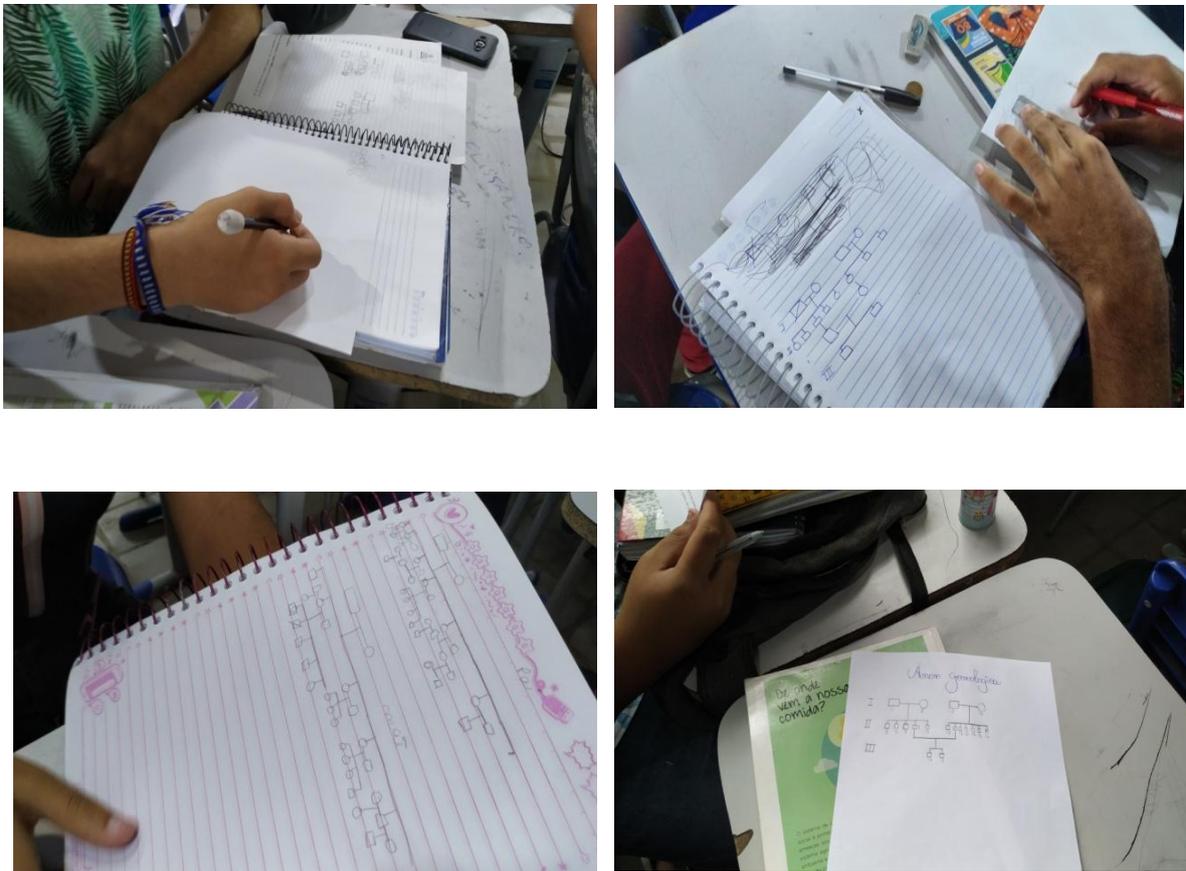
É importante frisar que as questões disponíveis nessa etapa tinham como objetivo principal a busca de evidências que apontassem ressignificação e/ou ampliação das concepções iniciais. Percebemos, a princípio, relativa facilidade dos alunos ao lidar com a simbologia e os modos operantes de construção e análise dos heredogramas, o que, de certa forma, facilitou nosso trabalho inicial.

Entretanto, quanto ao agir conceitual na elaboração das próprias genealogias, evidenciamos algumas incongruências em uma parcela pequena de alunos, algo até certo

ponto compreensível, principalmente porque cada genealogia apresenta dados únicos em cada indivíduo. Outro fator que pode justificar esse fato é a inexistência de um contato prévio com tal ferramenta, que por si só já demanda novas retificações conceituais.

De forma gradativa, colocamos à disposição dos alunos questões para que respondessem e, à medida que tais proposituras eram conhecidas, novas demandas conceituais eram requeridas para a conclusão da atividade. Na segunda atividade, não verificamos dificuldades consideráveis, haja vista ambas apresentarem caráter meramente introdutório em nosso estudo, conforme podemos observar nas fotos a seguir.

Figura 5 - Alunos em sala de aula durante a construção das primeiras genealogias.



Fonte: Acervo do pesquisador.

Compreendemos com Bachelard(1978) que a experiência inicial com a ferramenta de elaboração de genealogias não ultrapassou os domínios da objetividade instrumental. Para o autor, o conceito, nessa perspectiva, estaria vinculado ao uso empírico, mecânico e irrefletido do objeto. Em outras palavras, “o instrumento precede a sua teoria” (BACHELARD, 1978, p. 15).

Na terceira atividade, diferentemente das anteriores, disponibilizamos a questão de tal modo que os alunos pudessem refletir tanto no que diz respeito ao caráter aleatório de um alelo *mutado* numa árvore genealógica como a seu aparecimento em dose dupla em um descendente, ou seja, em *homozigose por origem comum*. Para tanto, utilizamos como instrumento auxiliar moedas ou o velho par ou ímpar.

Nesse momento, já não se percebiam dificuldades na construção dos referidos heredogramas, nem tampouco questionamentos que envolvessem suposta mistura sanguínea na determinação de alguma enfermidade ou fenótipo, ideia recorrente nas justificativas iniciais. A associação indiscriminada de conceitos nesse sentido já não era perceptível, o que sinalizava uma possível ampliação do campo conceitual da maioria dos alunos.

No segundo bloco de atividades, as questões quarto, cinco, seis e sete tinham como característica fundamental o aumento gradativo de complexidade resolutive, o que demandava dos participantes o desenvolvimento maior da capacidade de abstração. Nessa etapa, optamos por organizar os alunos em duplas, por entendermos que uma abordagem epistemológica deve considerar tanto o caráter individual de significação dos conceitos quanto o seu papel coletivo na construção e internalização mental.

Como bem explicou Bachelard(1978, p.10), “Dialetriz o pensamento é aumentar a garantia de criar cientificamente fenômenos completos, de regenerar todas as variáveis degeneradas ou suprimidas que a ciência como o pensamento ingênuo havia desprezado no seu primeiro estudo”. Para a análise dos dados coletados nesse momento, organizamos as respostas dos alunos em blocos de questões disponibilizadas na mesma ordem supracitada, ou seja, da questão quatro a sete.

É importante frisar que a busca de elementos característicos do perfil epistemológico foi realizada ao mesmo tempo em que se tentava identificar possíveis resistências de alguns obstáculos apontados na teoria de Bachelard(1996).Em nosso caso, o verbal ganhou grande destaque, conforme já mencionamos. Expressão que encerra, na maioria das vezes, toda uma explicação.Além disso, buscamos entender como se deu a evolução da concepção de mistura de fluidos(sangue) na determinação de algumas características para o entendimento da relação entre *grau de parentesco, mecanismos da hereditariedade e o possível traço fenotípico raro*.

Conforme assinalamos anteriormente, a relativa justificativa do sangue na determinação de traços genéticos e doenças, de modo geral, já não era evidenciada, e aqui verificou-se também tal ausência. O uso de conceitos como *portadores, herança genética, recessivo, grau de parentesco, alelos herdados e dose dupla* tomaram corpo nas explicações

dos alunos, o que sinaliza, em certa medida, significativa mudança nas zonas do perfil conceitual, antes estruturada no realismo ingênuo e agora ancorada no racionalismo complexo, em especial nas duplas de alunos **E9, E10, E13, E14 e E17, E18**, quando de suas argumentações emergem termos como manifestação de herança recessiva e o caráter incerto de traços genéticos.

Nessa perspectiva em particular, a noção de consanguinidade, tão evidentemente realista, “[...] passa da utilização simples e absoluta de uma noção ao uso correlacional das noções” (BACHELARD, 1978, p.16). Em outras palavras, muda-se do aspecto estático e absoluto para o caráter dinâmico e complexo do conceito em destaque.

E5, E6 Por que os pais são portadores de uma herança genética e que se mostrou em dose dupla na última geração.

E7, E8 todos os filhos são portadores, mas as características físicas só vieram a se encontrar no filho de casal de primos consanguíneos.

E9; E10 Por que os pais são portadores de uma herança genética recessiva e que veio se manifestar em dose dupla na última geração.

E11, E12 Todos os filhos são portadores, só que as características se apresentam no filho do casal consanguíneo.

E13, E14 Por que os pais são portadores de uma herança genética que pode vir para a criança em dose dupla.

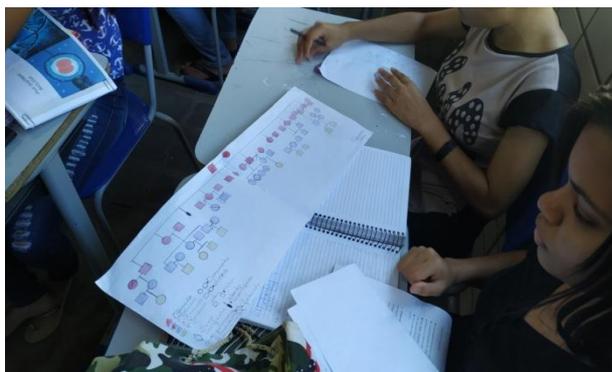
E15, E16 Por que os pais são portadores de uma herança genética e que se mostrou em dose dupla na última geração.

E17, E18 O casal em questão tem a probabilidade da criança ser afetada porque nessa família tem portadores. Então tem a chance da criança ser afetada com um dos genes ser duplicado.

E19 A criança nasceu afetada devido ao alelo herdado por causa do grau de parentesco dos pais.

Na questão cinco, surgem novas expressões que até o presente momento não havíamos percebido, tanto na verbalização dos alunos como nos escritos, a exemplo de *linhagem genética, ancestral comum, traço genético, aumento de chance*, o que, de certo modo, aponta para a transposição ou ampliação das fronteiras dos campos conceituais.

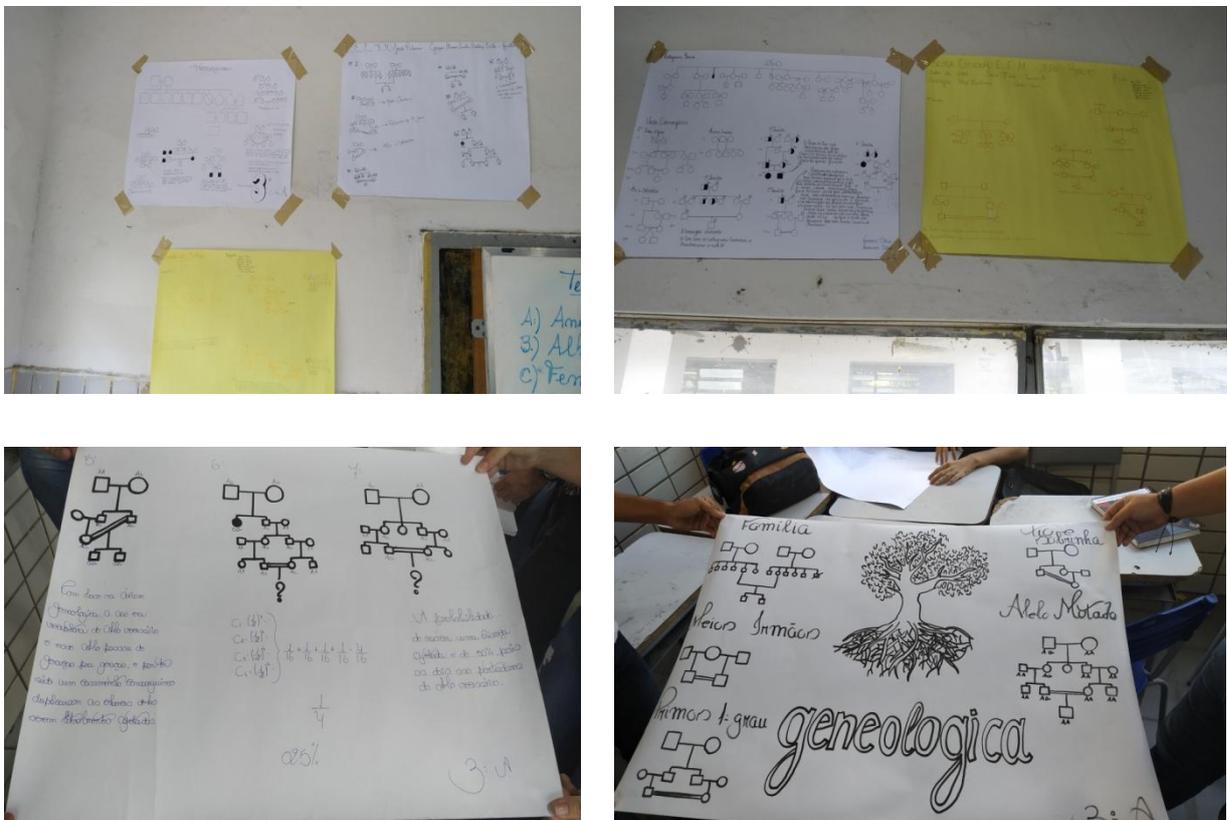
Figura 6 - Alunos na construção e análise das últimas Genealogias.



Fonte:Acervo do pesquisador.

Entretanto, contrapondo essa tendência, verificamos na dupla *E15*, *E16*, ainda que de forma residual, a zona do desenvolvimento do realismo ingênuo ao utilizarem o termo “*herança de sangue*” quando em atividade de elaboração dos últimos gráficos genealógicos nas cartolinas. O reaparecimento a essa altura das atividades propositivas demonstra o quanto alguns conhecimentos prévios estão consolidados na estrutura cognitiva dos indivíduos.

Figura 7 - Algumas genealogias elaboradas pelos alunos em cartolina.



Fonte: Elaboração própria.

Concordamos com Pozo e Crespo(2010, p.87) ao afirmarem que “os alunos, como qualquer um de nós, interpretam qualquer situação ou conceito que lhes for apresentado a partir de seus conhecimentos prévios, sua Física, Química Biologia pessoal ou intuitiva”. Em outras palavras, a nova informação, na maioria das vezes, é decodificada com base nas concepções alternativas, sem que haja nenhuma mudança importante.

E5, E6 *Que eles receberam esse alelo de um mesmo ancestral; Devido a herança genética herdada na união consanguínea.*

E7, E8 *ambas as crianças afetadas pela surdez, possuem genes autossômicos recessivos onde até então só haviam casos na família de pessoas portadoras. Eles pelo fato de terem um ancestral em comum, aumentando a chance.*

E9, E10 *devido a herança genética herdada na união consanguínea. Existe nessa genealogia alelos recessivos que se encontram nos filhos, porque eles têm a mesma linhagem genética.*

E13, E14 *devido a doença herdada na união consanguínea. Existem alelos que se encontram no filho, porque eles têm a mesma linhagem genética.*

E15, E16 *Por conta da herança de sangue existente numa genealogia são encontrados os alelos por conta da linhagem genética.*

E17, E18 *Explicaremos que na família os pais têm um casamento consanguíneo e tem 50% de chance de dois genes serem alterados por causa de seus ancestrais.*

E19 *Porque um ancestral comum presente a quatro ou mais gerações passou esse traço genético.*

Na proposição seis, era requerido do aluno a habilidade com os elementos conceituais da Matemática básica (frações, porcentagem e multiplicação), o que não configurou obstáculo significativo, haja vista os alunos demonstrarem certa aptidão no trato com a ferramenta genealógica, assim como com o cálculo exigido. Na maioria das vezes, chegavam aos resultados esperados sem grandes dificuldades.

Mediante um olhar mais acurado, percebia-se nas argumentações evidências do pragmatismo discursivo, uma certa inclinação no aspecto numérico (probabilístico), denotando indícios de inclinação ao pensamento cartesiano. Do ponto de vista da resignificação conceitual, notamos em alguns alunos certo conformismo ao chegar aos resultados de cunho quantitativo como um fim em si mesmo.

À primeira vista, o uso dos heredogramas ou de qualquer outra ferramenta de análise de dados pode ser desvirtuado de sua função essencial, conforme percebido em alguns casos específicos na ciência. Um exemplo pertinente está na multiplicidade conceitual do termo esponja “[...] sob sua primeira forma a uma apreciação quantitativa grosseira e como que ávida da realidade” (BACHELARD, 1978, p.13). Tal contradição conduziu, em certa medida, a um aparente imobilismo interpretativo.

É importante destacar que, apesar de as respostas estarem em sua maioria fundadas num empirismo claro e positivista (BACHELARD, 1978), tal particularidade não as desmereceu durante o processo, pois entendemos que os mecanismos de integração de novos conceitos não possuem caráter linear. Salientamos, mais uma vez, que a associação de ideias chave aos mecanismos da hereditariedade e ao fenômeno da consanguinidade mostrou-se pertinente em praticamente todas as respostas, conforme evidenciamos empiricamente.

E5, E6 A probabilidade do casal ter um filho e $1/16$ por causa do grau de parentesco.

E7, E8 A probabilidade do casal ter um filho com a doença é de $1/16$ porque o casal tem grau de parentesco.

E9, E10 Os avós e os pais são portadores da doença. E por ser a união consanguínea a doença se manifestou na última geração, como está no herodograma $1/16$.

E11, E12 A probabilidade do casal ter um filho com a doença e de $1/16$ porque o casal tem grande parentesco.

E15, E16 os avós e pais são portadores da doença;

E17, E18 A probabilidade do casal ter um filho com a doença é de $1/16$ por causa do parentesco.

Na última proposição, observamos, de modo geral, certa proximidade conceitual, principalmente quando os alunos dispuseram num mesmo patamar de significância as doenças e alelos (portador). Isto se verificou de maneira mais significativa nas explicações dadas pelos estudantes **E5, E6, E7, E8, E9** e **E10**. Numa fronteira conceitual distinta, os estudantes **E17, E18 e E19** argumentaram que a presença de um alelo específico num parente próximo - nesse caso, entende-se *mutado* - teria maior chance de vir a se manifestar num filho.

Na justificativa de **E19**, há um alargamento dessa justificativa ao relacionar o caráter, aleatório e incerto de um mesmo alelo num indivíduo. Na sua concepção, o resultado encontrado estaria de certa forma vinculado à herança de um alelo presente em um ancestral comum. Nesse sentido, Bachelard (1978, p.10) afirma que “pensar corretamente o real é aproveitar as suas ambiguidades para modificar e alertar o pensamento”.

E5, E6 Por que os pais e avós são portadores do alelo, já os filhos receberam essa herança genética que se manifestou nele.

E7, E8 Por que os pais os avós são portadores da doença, já os filhos recebem essa herança genética, que se manifesta.

E9; E10 Por que os pais e os avós são portadores da doença, já os filhos recebem essa herança genética que, se manifesta neles, como está no herodograma $1/16$, 6%.

E11, E12 Por que os pais e avós são portadores da doença, já os filhos receberam essa herança genética que se manifestou nele;

E17, E18 Por que os pais e os avós, são portadores de um alelo específico, já os filhos possuem maior possibilidade de ter essa herança genética que manifesta nele nessa proporção $1/16$.

E19 Seria resultado da herança de um alelo presente em um ancestral. A criança herdou duas versões do mesmo alelo de um ancestral comum, no caso a avó.

Vale salientar que, apesar de os estudantes realizarem as atividades com maior grau de complexidade em duplas, essa escolha não acarretou perdas na identificação de algumas zonas conceituais latentes individuais, pois a mediação docente buscou, sempre que possível, questionar a dupla na atividade processual. Desse modo, pudemos, sobretudo através da escuta, verificar ideias que de certo modo não apareceram nem no questionário diagnóstico nem nas situações-problema.

Costa (2012, p.10), citando Bachelard (1978, p.19), afirma que, “na preocupação com a formação do espírito científico, aborda-se na escola a questão de aprendizagem do aluno numa perspectiva da racionalidade ensinada. [...] o ato de ensinar implicaria a consciência do saber”. Essa premissa pressupõe um racionalismo docente que pode e deve ser ensinado.

Figura 8 - Mediação docente na construção e análise das genealogias.



Fonte: Acervo do pesquisador.

Na tentativa de organizar os indicadores dos perfis epistemológicos encontrados na pesquisa, optamos pela construção de um quadro-síntese com todos os dados coletados e interpretados a partir de nossa inferência.

Quadro 5: Distribuição de ideias dos partícipes sobre herança biológica e consanguinidade nas três etapas propositivas.

Perfil epistemológico	Ideias implícitas	ET 1	ET2	ET3
Realismo ingênuo	Mistura de sangue, Causas místicas	E7, E8 E12, E15, E11		

Empirismo claro e Positivista	O sangue ou ambiente, como causa determinante de enfermidades genéticas	E3, E4, E7, E8,E9, E12, E13, E11, E15	E11	E15, E16
Racionalismo clássico	Tipologia sanguínea	E8, E1,E2 E7 E11 E10		
Racionalismo completo	Separação entre os componentes da hereditariedade e o sangue		E15,E16,E11, E12	E5, E6, E7, E8 E9, E10; E11, E12,E13, E14,E15, E16
Racionalismo discursivo	Relações de parentesco+mecanismos da hereditariedade= traço fenotípico		E17, E18,E19	E17, E18,E19

Fonte: Elaboração própria.

É importante lembrar que, do total de 19 alunos, quatro deles se ausentaram na primeira etapa, e, na última, dois, impossibilitando, nesses momentos, a coleta de respostas do questionário e a resolução das situações-problema. Apesar dos contratemplos inerentes à atividade laboral docente, destacamos as principais mudanças nas zonas do perfil epistemológico dos alunos nas três etapas.

No segundo momento, caracterizado pelas rodas de discussões, alguns dados tornaram-se imprecisos ou impossíveis de serem coletados porque dependíamos única e exclusivamente da manifestação verbal por parte dos alunos, o que nem sempre era possível, dada a ausência de alguns em participar ativamente.

Destaca-se, segundo a ótica de Bachelard(1978,p.24), que “a hierarquia dos conhecimentos se distribui de forma diversa segundo as utilizações”.Nesse sentido, “É permanentemente necessário mostrar o que permanece de conhecimento comum nos conhecimentos científicos” (BACHELARD, 1978, p. 24).

Nesse caso, Morin(2015,p.32-33) propõe uma educação para o desenvolvimento da “[...] cabeça bem-feita, que acabe com a disjunção entre as duas culturas”, científica e das humanidades. “É nessa mentalidade que se deve investir, no propósito de favorecer a inteligência geral, a aptidão para problematizar, a realização da ligação dos conhecimentos”⁷.

Ao problematizarmos os modos pelos quais os alunos representavam suas concepções e pensamentos, ficou patente que as experiências com sequência didática realizadas em sala de aula buscam nos alunos uma visão dialética entre os participantes e o objeto temático, tendo em vista as disparidades e congruências entre os conceitos cotidianos e as concepções do conhecimento científico biológico. Em outras palavras, saímos dos aspectos meramente ficcionais e fomos ao encontro dos pensamentos que revelaram conhecimentos vários da cultura social.

Por meio das situações-problema enquanto território de representações características dos indivíduos, os alunos desenvolveram um novo modo de perceber os mecanismos de herança biológica e consanguinidade. Os resultados do nosso trabalho revelaram uma postura reflexiva,participante e interativa.Dito de outra forma, uma curiosidade epistemológica.

⁷ Id. p. 32-33.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Viabilizar o desenvolvimento do pensamento abstrato em alunos do Ensino Médio requer do professor, dentre muitas outras habilidades, a capacidade de interpretar e intervir de forma específica em conceitos e ideias dissonantes que aparecem no cotidiano da sala de aula, principalmente quando o conhecimento acionado se refere aos conteúdos da Genética escolar. Nesse sentido, o intercâmbio de significados entre alunos e professores na construção de uma educação científica não é uma das tarefas mais simples.

Do ponto de vista pedagógico, as sequências didáticas tornam-se um meio eficaz, mormente quando trabalhada em consonância com a metodologia da resolução de situações-problema com a formação do espírito científico Bachelardiano. A opção por unir o método e a teoria escolhida possibilitou o afloramento de diversas ideias latentes dos participantes sobre os conceitos de herança biológica e consanguinidade.

Dentre os resultados encontrados, está o fato que tanto os assuntos centrais como também aqueles que tangenciam o tema apresentam elementos característicos que o autor denomina obstáculos epistemológicos ao espírito científico. Isto porque, ao investigarmos as concepções subjacentes, pudemos constatar elementos da zona de desenvolvimento conceitual estruturada no realismo ingênuo e no empirismo claro e positivista em Bachelard (1978).

Reiteramos que a multiplicidade conceitual referente à reprodução, hereditariedade e, em última instância, à consanguinidade, como já foi dito, exemplifica objetos conceituais que comportam significados e expressões das mais variadas áreas do conhecimento. Dentre elas, destacam-se a Antropologia, a Sociologia, a Geografia, a Biologia etc.

Sob a ótica do saber biológico, evidencia-se uma parcela significativa de incompreensões que, por vezes, denotam anteparos ao desenvolvimento de novas formas de pensamento, dentre eles o conhecimento formal. Morin (2000, p.66) acredita que “cada ser humano abriga, ao mesmo tempo, uma racionalidade, uma mística, uma fé e uma dúvida”, mas, em geral, são fechados em compartimentos, não se comunicam uns com os outros, são, de certo modo, antagônicos.

No sentido do contraditório e da complexidade, observamos, a partir do desenvolvimento das atividades em grupo e individuais, que algumas zonas de desenvolvimento do pensamento tornaram-se residuais à medida que nos aprofundávamos nos conteúdos de herança monogênica, planejados e instrumentalizados nas ações pedagógicas. O

realismo ingênuo, antes majoritário (mistura de sangue e tipologia sanguínea), deu espaço para alargamentos e reconfigurações do espectro ideológico na maioria dos participantes.

Salientamos, todavia, que, apesar de os alunos compartilharem elementos do cotidiano em comum, como a escola, a sala de aula e até mesmo algum grau de parentesco, o que, a princípio, poderia sinalizar certa convergência no perfil conceitual provou-se improcedente. Isto porque, segundo Justina e Caldeira(2014), os conceitos se expressam de modo diferenciado quando os alunos participam de atividades que contemplam a abstração e a formação conceitual.

Ratificamos, com base em nossos achados, que as variantes conceituais a princípio se apresentaram decorrentes da literalidade do termo *consanguinidade*, conceito de notório valor autoexplicativo. Na concepção de Bachelard(1978),essas palavras configuram-se como verdadeiros obstáculos verbais (metáforas).Para esse autor, “a evolução filosófica de um conhecimento científico particular é um movimento que atravessa todas as doutrinas na ordem” do animismo ao racionalismo dialético (BACHELARD, 1978, p. 11).Segundo Freire (1996,p.28), “ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho, e se ‘dispõe’a ser ultrapassado por outro amanhã”.

No contínuo da *praxis* educativa, novos elementos, intrínsecos a zonas conceituais ainda não evidentes, como o racionalismo completo, puderam ser percebidos mediante a verbalização de alguns alunos, principalmente quando eles passaram a entender o caráter aleatório e os caminhos alternativos que um mesmo *alelo* poderia seguir numa genealogia na formação do zigoto. Nesse momento, a concepção de que o sangue seria, em última análise, o responsável pela hereditariedade dos indivíduos já não era percebido, pelo menos naqueles que, no ato discursivo, expuseram suas visões conceituais.

Na atividade final, em que a intervenção pedagógica se deu, sobretudo, pela construção e análise dos heredogramas com maior grau de complexidade, oportunizamos discussões favoráveis ao desenvolvimento do pensamento abstrato. Desse modo, constatamos evidências de ampliação do campo cognitivo/conceitual dos participantes.É certo que tal ressignificação não seguiu uma linearidade, mostrando-se mais significativa em alguns do que em outros. Nesse sentido, Bachelard(1978) afirma que a ciência progride por revoluções, e não por evoluções.

Do ponto de vista dialético,Maldaner(2006apud JUSTINA; CALDEIRA, 2014) afirma que a mediação construída nos grupos permite, em certa medida, um conhecimento mais contextualizado,além de oportunizar novos modos de conceber o arcabouço explicativo

dos processos, mecanismos e fenômenos biológicos. Ainda conforme o autor, tais modelos devem ser elaborados coletivamente. Porém, eles são individualmente significados e internalizados na estrutura cognoscível.

Na busca de mais elementos representativos do perfil dos alunos, foi possível constatar a dinamicidade e o caráter provisório do conhecimento, seja de cunho popular ou científico. Sob essa égide, Freire (1996, p.50) afirma que onde existe vida há inacabamento. “Mas só entre homens e mulheres o inacabamento se tornou consciente”. Morin (2000, p.65) vai ainda mais longe ao afirmar que “o pensamento que vive é aquele que se mantém à temperatura de sua própria destruição”.

A ênfase conferida ao processo de ressignificação conceitual a partir do sincretismo de idéias possibilitou, dentre outras coisas, compreender os elementos singulares e subjetivos da formação do pensamento humano. O caráter complexo e particular da conceitualização permite ao professor refletir sobre o papel das atividades educacionais que envolvam conteúdos dos mais variados componentes curriculares, especialmente os relacionados ao campo do saber biológico. De forma ainda mais específica, tem-se na Genética o exemplo da herança monogênica.

À luz das constatações realizadas na pesquisa, sugerimos que as atividades pedagógicas, na perspectiva Bachelardiana da formação de conceitos, seja integrada à via metodológica da resolução de situações-problema, pois tal metodologia se mostrou, em grande medida, bastante significativa no desenvolvimento da cultura científica.

Conforme mencionado, reiteramos a importância de se dar o devido destaque à multiplicidade com que o conceito de herança biológica e principalmente o de consanguinidade são utilizados cotidianamente. Eles, e tantos outros, são por vezes ignorados nas atividades educacionais.

A partir desse pressuposto, sugerimos aos professores que por ventura se proponham trabalhar diretamente, ou de forma correlata, com conceitos que envolvam relações de parentesco em suas atividades pedagógicas tenham a sensibilidade de fazê-lo tomando como premissa básica o uso da terminologia *herança consanguínea e/ou endogamia* ao invés do conceito de consanguinidade.

Ancorados em nossas reflexões epistemológicas e na fundamentação teórica da pesquisa, entendemos que a escolha dos conceitos supramencionados minimiza de certa forma a interpretação equivocada dos conteúdos relativos à herança biológica, especialmente quando

essa herança se refere ao contexto fenomenológico da consanguinidade. Esta última é bastante utilizada nos manuscritos acadêmicos.

Como meio de acessar nossa experiência pedagógica, disponibilizamos para a E.E.E.F.M. João Ribeiro- e para o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - uma sequência didática como produto resultante de uma prática pedagógica exitosa, pensada para o ensino dos conteúdos da Genética escolar, por oferecer meios e mecanismos para melhor ampliar o contexto de ensino-aprendizagem e por oportunizar novos olhares educacionais para a Educação Básica.

Além da possibilidade de ampliação do espectro conceitual dos alunos no ensino da Biologia, o estudo se propõe, de forma mais ampla, a contribuir para que nossos professores busquem, de forma crítica e reflexiva, aperfeiçoar suas práticas docentes, intervindo nos contextos locais, regionais e nacionais.

Nessa perspectiva, compreende-se a natureza da epistemologia como característica *sine qua non* na representação e consolidação do processo de produção das mais variadas culturas. Ainda que de modo específico, buscamos lançar uma contribuição para que novos olhares se direcionem aos assuntos da Genética escolar com vistas a mitigar os obstáculos epistemológicos dos alunos, num constante intercâmbio entre conhecimentos e aprendizados.

Muitos dos conteúdos trabalhados nas etapas da sequência didática tiveram por objetivo a demonstração e cooperação entre o senso comum e a cultura científica, de tal modo que tais etapas não podem ser vividas individualmente, mas em permuta com os demais elementos do espaço escolar, numa espécie de configuração, mas também de reconfiguração das relações humanas.

Por fim, consideramos que existe um campo bastante amplo de utilização da epistemologia Bachelardiana nas áreas do conhecimento das ciências, sobretudo nas ciências biológicas. Neste trabalho, realizamos apenas um estudo objetivando situar os alunos em um contexto de pesquisa participante, dirigida e delimitada por conceitos sobre herança biológica e consanguinidade, o que demonstra a amplitude teórica e didático/metodológica de futuros trabalhos.

REFERÊNCIAS

AGAMME, Ana Luiza Dias Abdo. **O lúdico no ensino de genética: a utilização de um jogo para entender a meiose.** 2010. 82. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2010.

ANDRADE, Beatrice L. de et al. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v.2, n.2, Jul./Dec. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172000000200182>. Acesso em: 02 jan.2019.

ARAÚJO, Ulisses; SASTRE, Genoveva. **Aprendizagem baseada em problemas no Ensino Superior.** 3.ed. São Paulo: Summus, 2016.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

BAZARIAN, Jacob. **O problema da verdade.** São Paulo: Círculo do Livro, 1980.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico:** contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

_____. **Ensaio sobre o conhecimento aproximado.** Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

_____. **A filosofia do Não.** São Paulo: Abril Cultural, 1978 a.

_____. **O novo espírito científico.** São Paulo: Abril Cultural, 1978b.

BARBOSA, Elyana. A questão da objetividade científica em G. Bachelard. **Universitas**, v.29, p. 135-146, jan./abr. 1982. Disponível em: <<file:///C:/Users/Roberta/Downloads/1271-2747-1-PB.pdf>>. Acesso em: 10 ago.2018.

BEIGUELMAN, Bernardo. **Genética de populações humanas.** Ribeirão Preto, SP: SBG, 2008.

BORBA, Juliana Bono. **Uma breve retrospectiva do ensino de Biologia no Brasil.** 2013. 30f. Monografia (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4689/1/MD_EDUMTE_I_2012_12.pdf>. Acesso em: 19 out.2017.

BORTONI-RICARDO, S. M. **O professor pesquisador:** introdução à pesquisa qualitativa. São Paulo: Parábola Editorial, 2008.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio:** Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Básica, 2006 (v. 2).

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2006.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Fundamental, 1998.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ensino Médio** Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2017.

BRYSON, Bill. **Breve história de quase tudo: do big-bang ao homo sapiens.** São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della. Uma investigação com graduandos da licenciatura em ciências biológicas sobre a relação genótipo-fenótipo na perspectiva da epistemologia de Gaston Bachelard. **Revista Eletronica de Enseñanza de las ciencias**, v. 13, n. 2, p. 179-200, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/135428>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. A Genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. **Genética na Escola**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007.

CAPELLI, L. P.; NASCIMENTO, R. M. P. O mapa da mina: entendendo o mapeamento gênico. **Genética na Escola**, Ribeirão Preto, v. 3, p. 11-18, 2008.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa à prática.** São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CARVALHO, Marcelo. **Conhecimento e devaneio: Gaston Bachelard e a androginia da alma.** Rio de Janeiro: Mauad X, 2013.

CASAGRANDE, Grasiela Luca. **A genética humana no livro didático de Biologia.** 2006. 121f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CASTÉRA, J. et al. Genetic determinism in school textbooks: a comparative study conducted among sixteen countries. **Science Education International**, Izmir, v. 19, n. 2, p. 163-184, jun. 2008.

CID, Marília; J. NETO, António. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da Genética. In: VII CONGRESO ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 7, 2005, Évora. **Anais...n. extra.** Évora: [s.n.]. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/13303062.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

COSTA, Celma Laurinda Freitas. O pensamento científico em Bachelard. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE,6, 2012, São Cristóvão. **Anais...**São Cristóvão, SE: [s.n.]. Disponível em: <http://educonse.com.br/2012/eixo_15/PDF/7.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.

COSTA, Marcos Antônio F.; COSTA, Maria de Fátima Barroso. **Projeto de pesquisa: entenda e faça**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

DIAS, Márcia Adelino da Silva. **Dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia: evidências a partir das provas de múltipla escolha do vestibular da UFRN (2001-2008)**. 2008. 275 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal,2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/1417>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

EL-HANI, C.N.; QUEIROZ, J.; EMECHE, C. *A semiotic analysis of the genetic information system*.**Semiótica**, v. 160, p. 1-68, 2006.

EL-HANI, C. N.et al.Brazilian High School Biology textbooks: main conceptual problems. In: genetics and cell & molecular biology. In: IOSTE INTERNATIONAL MEETING ON CRITICAL ANALYSIS OF SCHOOL SCIENCE TEXTBOOK, 2009, Tunis. **Anais...**Tunis: University of Tunis, p. 494-504. 1 CD-ROM.

FIorentini, Dario. Formação de professores a partir da vivência e da análise de práticas exploratório-investigativas e problematizadoras de ensinar e aprender matemática.**Cuadernos de Investigación y Formación em Educación Matemática**, v. 7, n. 10, p. 63-78, 2012.

FOUCAULT, Michel. **Vigiar e punir: nascimento da prisão**. 16. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

FRANZOLIN, Fernanda. **Conhecimentos básicos de Genética segundo professores e docentes e sua apresentação em livros didáticos e na academia: aproximações e distanciamentos**. 2012. 416f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

GIORDAN, André. **Aprender**. Lisboa: Instituto Piaget-Éditions Belin,1998.

GIORDAN, André; DE VECCHI, Gerard. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GRIFFITHS, Paul E. Genetic information: a metaphor in search of a theory. **Philosophy of Science**, v. 68, p. 394-403, 2001.

HALMENSCHLAGER, Karine Raquel; GEHLEN,Simoni Tormöhlen.Bachelard e a educação em ciências: uma revisão em periódicos científicos brasileiros. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 18, 2009, Vitória. **Anais...** Vitória, ES:Interfaces. Disponível em:

<http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snf&cod=_bachelardeaeducacaoemci>. Acesso em: 9 dez.2018.

HODSON, D. Redefining and reorienting practical work in school science. **School Science Review**, v. 73, n. 264, p. 65-78, 1992.

INFANTE-MALACHIAS et al. Comprehension of basic genetic concepts by brazilian undergraduate students. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, p. 657-668, 2010.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della. **Ensino de Genética e história de conceitos relativos à hereditariedade**. 2001. 137f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

_____; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Uma investigação com graduandos de licenciatura em Ciências Biológicas sobre a relação genótipo fenótipo na perspectiva da epistemologia de Gaston Bachelard. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 2, p. 179-200, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/135428>>. Acesso em: 03 jan. 2019.

JUSTINA, L. A. D.; FERRARI, N. **A ciência da hereditariedade. Enfoque histórico, epistemológico e pedagógico**. Cascavel, PR: Edunioeste, 2010.

LEITE, Marcelo. Retórica determinista no genoma humano. **Scientiæzudia**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 421-52, 2006.

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

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Bachelard: o filósofo da desilusão**. Rio de Janeiro: Escola Técnica Federal de Química; Faculdade de Educação – UERJ, 1996. Disponível em: <[http://Dialnet-Bachelard-5166083%20\(1\).pdf](http://Dialnet-Bachelard-5166083%20(1).pdf)>. Acesso em: 12 mai.2019.

LOPES JUNIOR, Jair; GOMES, Paulo Cesar. Ensino de Biologia: de Lamarck a Bachelard- Algumas aproximações possíveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – ENPEC, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: UFSC. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/771.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LORETO, Elgion Lúcio Silva; SEPEL, Lenira Maria Nunes. **Formação continuada de professores de Biologia do Ensino Médio: atualização em Genética e Biologia Molecular**. Santa Maria: [s.n.], 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/formcont_ufsm.pdf>. Acesso em: 12 mai.2017.

MACIEL, Willyans. Hipócrates. **Infoescola: navegando e aprendendo**. Paraná, 14 out. 2018. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/biografias/hipocrates/>>. Acesso em: 05 nov.2018.

_____. Aristóteles. **Infoescola**: navegando e aprendendo. Paraná, 14 out. 2018. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/biografias/hipocrates/>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

MANZKE, N. E.; DALLA COSTA, O. A.; LIMA, G. J. M. M. Atualidades e desafios nas fases de crescimento e terminação: 1) sistemas de alimentação. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS - AVESUI, 11, 2012, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: Gessulli, 11p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/publicacao/936664/atualidades-e-desafios-nas-fases-de-crescimento-e-terminacao-1-sistemas-de-alimentacao>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

MARQUES, Antônia Batista; NÚÑEZ, Isauro Beltrán. Formação de habilidades a partir da Teoria da Assimilação por Etapas Mentais de P. Ya. Galperin. In: CONGRESSO NACIONAL DE PSICOLOGIA ESCOLAR E EDUCACIONAL - CONPE, 10, 2011, Maringá. **Anais...** Maringá, PR: UFPR. Disponível em: <<http://www.abrapee.psc.br/xconpe/trabalhos/1/122.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

MAYR, Ernst. **Biologia, ciência única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

_____, Ernst. **Desenvolvimento do pensamento biológico**: diversidade, evolução e herança. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.

MORIN, Edgar. **Educação e complexidade**: os sete saberes e outros ensaios. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

_____. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. 22. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

_____. **Meus demônios**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

MOURA, Tania Maria; MARTINS, Karina. O julgamento da endogamia. **Revista Genética na Escola**, v. 6, n. 2, 2011.

NASCIMENTO, Tatiana Galieta. O discurso da divulgação científica no livro didático de ciências: características, adaptações e funções de um texto sobre clonagem. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 2, p. 15-28, 2005.

NÚÑEZ, Isauro Beltran. **La formación de conceptos científicos**: una perspectiva desde la teoría de la actividad. Brasília: Líber Livro, 2009.

NUSSBAUM, Robert L.; McINNES, Roderick R.; WILLARD, Huntington F.; HAMOSH, Ada (Eds.). **Thompson & Thompson Genética Médica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

PEREIRA, Lygia Veiga. **Sequenciaram o genoma humano... e agora?** São Paulo: Moderna, 2001.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Angel Gomes **Aprender y enseñar de ciencia**. Madrid: Morata, 1998.

_____. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

PUNTES, Roberto Valdés; LONGAREZI, Andréa Maturano. Escola e Didática Desenvolvimental: seu campo conceitual na tradição da teoria histórico-cultural. **Educação em Revista**, v. 29, n. 1, p. 247-271, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/edur/2013nahead/aop_224.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2018.

REBER, A. S. **Oxford psychology series, No. 19. Implicit learning and tacit knowledge: An essay on the cognitive unconscious.** New York, NY, US: Oxford University Press, 1993.

REIS, V. P. G. S.; SEPULVEDA, C. A. S.; EL-HANI, C. N. Um modelo de perfil conceitual de herança biológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – ENPEC, 11, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: UFSC. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0486-1.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

RIBEIRO, Manuel Gustavo Leitão; LARENTIS, Ariane Leites; CALDAS, Lúcio Ayres et al. De Gaston Bachelard a Ernst Mayr: a noção de “obstáculo teleológico”. In: Scientiarum Historia IV: CONGRESSO DE HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA, 4, 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. 1 CD-ROM.

ROSA, Rosane Teresinha Nascimento. **Do gene à proteína: explorando o GenBank com alunos do ensino médio.** 2011. 168f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3521/ROSA%2c%20ROSANE%20TERESINHA%20NASCIMENTO%20DA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SANTANA, Ana Queila Neves. **Conhecimentos locais como base para o desenvolvimento de uma abordagem didática de genética no ensino fundamental.** 2015. 150f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/24162>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

SANTOS, Boaventura de Souza. **Introdução a uma ciência pós-moderna.** Rio de Janeiro: Graal, 1989.

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

SANTOS, S. L. F. **Uma contribuição para o ensino de Genética.** 2008. 123f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/3036/1/000401333-Texto%2bCompleto-0.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2016.

SANTOS, Wigvan Junior Pereira. 17 tópicos fundamentais sobre a Filosofia do Círculo de Viena. **Mundo Educação**, São Paulo, 19 jun. 2018. Disponível em:

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/filosofia/17-topicos-fundamentais-sobre-filosofia-circulo-viena.htm>>. Acesso em: 05 nov.2018.

SCHROEDER, Edson. O corpo humano no livro didático e o obstáculo verbal: contribuições da epistemologia de Bachelard para professores de ciências. **Atos de Pesquisa em Educação**, v. 7, n. 2, p. 547-564, mai./ago. 2012. Disponível em: <<https://proxy.furb.br/ojs/index.php/atosdepesquisa/article/view/3165>>. Acesso em: 13 mai. 2019.

SFORNI, Marta Sueli de Faria; MOURA, Manoel Oriosvaldo. **Aprendizagem conceitual e organização do ensino**: contribuições da teoria da atividade. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

SIEDSCHLAG, Ana Carolina. **Ideias cotidianas sobre herança biológica na perspectiva das teorias de evolução cultural**. 2008. 81f. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/index.php?option=com_jumi&fileid=17&Itemid=160&id=17A374819951&lang=pt-br>. Acesso em: 13 abr.2017.

SILVA, Cirlande Cabral. **Análise sistêmica do processo ensino aprendizagem de Genética à luz da teoria fundamentada**.2014. 187f. Tese (Doutorado em Educação) –Universidade Federal do Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciência Matemática, Rede Amazônica em Educação em Ciência e Matemática, Manaus, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.ufmt.br/ufmt/unidade/userfiles/publicacoes/98742af5bc055a1d123c544f58953292.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

SILVA, Angelo Abeni Bezerra; MALHEIRO, João ManoelSilva. Percepções da formação do espírito científico de Bachelard em um curso de férias. **Revista da SBEnBio. Ensde**, n.9,2016.

SILVÉRIO, Lucio Ely Ribeiro; MAESTRELLI, Sylvia Regina Pedrosa. O conceito molecular clássico de gene como obstáculo pedagógico no ensino e aprendizagem de Genética. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS –ENPEC, 8, 2011, Campinas. **Anais...**Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0291-1.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

_____.O conceito molecular clássico de gene como obstáculo pedagógico no ensino e aprendizagem de genética. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: ABRAPEC. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0291-1.pdf>>. Acesso em: 13 abr.2019.

TOMKO,Dalméri Aparecida et al.Obstáculos epistemológicos relacionados ao conteúdo de herança biológica em livros didáticos de biologia do PNLD 2018. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA E ESTUDOS QUALITATIVOS - SIPEQ, 5, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR: UFPR. Disponível em: <<https://sepeq.org.br/eventos/vsipeq/documentos/07255052908/11>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

TURNEY, P. Cost sensitive classification: empirical evaluation of a hybrid genetic decision

tree induction algorithm. **Journal of Artificial Intelligence Research**, v. 2, p. 369-409, 1995.

USAK, Muhammet et al. **Turkish university students' attitudes toward biology: The effects of gender and enrolment in biology cla classes**. *Journal of Baltic Science Education*, v. 8, n. 2, 2009.

VALLADARES, Licia. Os dez mandamentos da observação participante. **Rev. Bras. Ci. Soc.**, São Paulo, v.22, n.63, fev. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69092007000100012>. Acesso em: 09 nov.2017.

VON LEEWENHOEK, Antonie. **Artigos de apoio Infopédia**. Porto: Porto Editora, s.d. Disponível em: <[https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$antonie-van-leeuwenhoek](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$antonie-van-leeuwenhoek)>. Acesso em: 02 nov. 2018.

VASCONCELOS, Clara; ALMEIDA, Antonio. **Aprendizagem baseada na resolução de problemas no ensino das Ciências**: propostas de trabalho para Ciências Naturais, Biologia e Geografia. Porto: Porto Editora, 2012.

VESTENA, Rosemar de Fátima; LORETO, Elgion Lúcio da Silva. Representações familiares nos anos iniciais do ensino fundamental: desenhos, genealogias e heredogramas. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v.9, n.3, p. 18, mai./ago. 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/315953599>>. Acesso em: 9 dez.2017.

VESTENA, R. F.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. Osheredogramas familiares no estudo da hereditariedade e do contexto histórico e sociocultural dos estudantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 9, 2013, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, SP: Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1330-1.pdf>>. Acesso em: 9 dez. 2017.

VYGOTSKY, LevSemenovich. **Pensamento e linguagem**. [S.l.]:Ed. Ridendo Castigat Moraes, 2007 (Edição eletrônica). Disponível em: <<http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/vigo.pdf>>. Acesso em: 11 nov.2016.

_____. **A formação social da mente**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1996.

WOOD-ROBINSON, C. et al. **Genética y formación científica**: resultados de unproyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y laenseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 16, n. 1, p. 43-61, mar. 1998.

XAVIER, Marcia Cristina Fernandes et al. A nova (moderna) Biologia e a Genética nos livros didáticos de Biologia no Ensino Médio. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA- PPGECEM
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

PESQUISADOR: DUSTIMAR DE OLIVEIRA BATISTA

Este questionário tem como objetivo conhecer alguns aspectos socioculturais de cada aluno envolvido na pesquisa, como também identificar os principais conceitos, ideias e crenças a respeito de temas relacionados à Biologia.

Nome: _____

01) Onde você mora () Zona urbana () Zona Rural Se sua resposta for Zona Rural, especifique em que comunidade, sítio ou assentamento. _____

02) Você conhece alguém casado/a ou em um relacionamento estável que apresenta algum grau de parentesco com seu cônjuge?

() sim () não

Se sim, como é esse parentesco?

() tio(a)/sobrinho(a);

() primos carnais/primos duplos(o casal consanguíneo é filho de dois irmãos casados com duas irmãs;ou irmã e irmão

() primo de 1º grau(os pais do casal são irmãos)

() primo de 2º grau(um dos avós do filho de um casal consanguíneo é irmão(a) de um de seus bisavós)

() primo de 3º grau (bisavós do filho de casal consanguíneo são irmãos; ou os avós dos pais são irmãos)

() não sabe descrever o parentesco ou ele é muito distante(primos distantes)

03) Você acredita que casamentos entre parentes aumentam as chances de terem filhos afetados por alguma enfermidade? Justifique sua resposta

04) Vamos imaginar a seguinte situação hipotética. Duas jovens irmãs grávidas se dirigiram a um centro médico com dúvidas a respeito do nascimento de seus futuros filhos. Segundo elas, sua prima, integrante da comunidade onde moram, teve uma criança com uma doença que o tornava incapaz de produzir pigmento na pele(**Albino**). Não há casos registrados na família há pelo menos três gerações. Algumas hipóteses criadas por elas tentavam justificar tal situação. Dentre elas, temos:

- () castigo divino
- () nervosismo da mãe antes do parto
- () doença causada em um parente distante
- () alcoolismo do pai
- () o sangue da mãe e do pai não se combinam
- () N.D.A.

Qual/s das justificativas acima você acredita como possível responsável pelo problema na criança? Caso não concorde com nenhuma delas, elabore um argumento alternativo justificando sua resposta _____

05) Imagine hipoteticamente que você tivesse um filho e seu irmão/a uma menina e que ambos os primos, em um futuro não tão distante, resolvessem se casar. Qual seria seu posicionamento diante da situação? Permitiria a união? Justifique sua resposta.

06) Pedro, morador da cidade de João Pessoa, por motivos relacionados ao trabalho é transferido para uma pequena cidade do interior paraibano e conhece Francisca, com quem se casa. Dois anos depois, o primeiro filho do casal nasce. Porém, apresenta um caso raro de **surdez**. Considere que todo o pré-natal fora realizado e nenhuma enfermidade acometeu a mãe. Então, que hipótese você usaria para explicar tal situação?

07(SANTOS,2005)O que você entende por doença genética? Como elas são adquiridas?

08)Você conhece ou já ouviu falar de pessoa(s) na comunidade onde mora que apresentam algum tipo de doença genética? Caso a resposta seja sim,que doença é essa? Ela é comum na localidade?

09) Na sua concepção, homens e mulheres contribuem de forma diferenciada para o surgimento de enfermidades nos filhos? Explique.

10)Qual/s da/s fontes de informação em destaque você acredita ter contribuído direta ou indiretamente para a elaboração de suas ideias a respeito do tema?

() a família

() os colegas

() as mídias (jornais, internet, rádio etc.)

() os professores

() outros. Especifique qual/s:_____

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO-BASE PARA A ENTREVISTA

UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA- PPGECEM
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

PESQUISADOR: DUSTIMAR DE OLIVEIRA BATISTA

Questionário (Entrevista)

1) Para você, o que significa hereditariedade?

2) Como a herança biológica ou características hereditárias são adquiridas?

3) O que você entende por doenças genéticas? Como elas são transmitidas? Quem as transmite?

4) Na sua concepção, o que significa casamentos consanguíneos?

5) Houve alguma resistência por parte da família ou amigos em relação a união de vocês? Quais foram as justificativas?

6) Você acredita que casamentos consanguíneos aumentam as chances de distúrbios genéticos nos filhos (deficiências)? Explique.

7) Um casal que não possui laços familiares e que não apresenta casos de problemas genéticos há várias gerações em suas famílias poderá ter um filho afetado por alguma síndrome genética (deficiência)? Justifique.

8) Qual/s fontes de informação você utiliza ou utilizou para apropriação de suas concepções sobre as uniões consanguíneas?

9) Na sua concepção, homens e mulheres contribuem de forma diferenciada para o surgimento de deficiências nos filhos? Explique.

APÊNDICE C – ATIVIDADES PROPOSITIVAS (SITUAÇÕES-PROBLEMA)

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA- PPGECEM
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

PESQUISADOR: DUSTIMAR DE OLIVEIRA BATISTA

Atividades propositivas (Situações-problema)

1.(Elaborado pelo Autor).Seguindo os conceitos, simbologias e regras de elaboração dos heredogramas discutidas em sala de aula, construa a própria genealogia familiar. Para tanto, algumas orientações devem ser seguidas para que a atividade requerida seja concluída de forma competente.

Esquema de atuação

- ▶ O heredograma deverá ter o limite de gerações escolhida pelo aluno.
- ▶ O posicionamento dos integrantes na genealogia deverá seguir as regras discutidas previamente em sala de aula.
- ▶ Caso algum integrante seja portador de algum traço genético raro (doença genética), não será necessário a exposição de seu nome.
- ▶ Use a criatividade na construção do heredograma, sem perder o seu caráter científico.

2. (Elaborado pelo Autor).Tomando como base as regras de construção dos heredogramas, elabore três genealogias em que uma delas deverá conter a união consanguínea entre meios-irmãos, primos de primeiro grau e, por último, entre tio e sobrinha.

Esquema de atuação

- ▶ O heredograma deverá ter o limite de quatro gerações;
- ▶ O quantitativo de integrantes nas respectivas gerações fica a critério dos alunos.

Situação-problema 2

3.(Adaptado de Nascimento e Capelli, 2008).Construa uma genealogia em que um alelo mutado responsável por uma síndrome genética está presente em um dos ancestrais comum(avós) à união consanguínea entre primos de primeiro grau. Para a composição desse heredograma, algumas regras devem ser seguidas, conforme discriminado abaixo.

Esquema de Atuação

- ▶ Demonstrar o percurso de um **alelo mutado**, levando em consideração seu caráter aleatório na genealogia;
- ▶ Os filhos da 2ª geração deverão apresentar lacunas em um dos *locigênicos* para posterior preenchimento em sorteio realizado na sala de aula. Segue assim também com o casal consanguíneo da 3ª geração e, por último, uma interrogação na prole desse casal, com os dois espaços dos *locigênicos* a serem preenchidos pelo respectivo sorteio;
- ▶ O traço fenotípico em análise é herdado de modo mendeliano simples;
- ▶ Considere homocigotos dominantes os integrantes oriundos de outras famílias na genealogia construída.

a) Quais os genótipos presentes na prole desse casal consanguíneo?

b) Qual a probabilidade de a doença genética afetar a prole do casal, caso ele/a herde duas versões do alelo mutado? Justifique.

4.(Elaborado pelo Autor).Um jovem casal, desesperado com a probabilidade de seu filho vir a ter o mesmo fenótipo raro presente em um dos bisavós maternos, procura um centro de aconselhamento genético para tentar sanar suas dúvidas. O geneticista em questão percebe

que a angústia se dá devido ao grau de parentesco existente entre os cônjuges (**Primos de 1º grau**). Com o objetivo de ser o mais didático possível, foi construída a genealogia em questão, a partir das informações coletadas no ato da entrevista, conforme exemplificado abaixo.

Esquema de atuação

► A genealogia deverá conter quatro filhos na 2ª geração, três mulheres e um homem. O rapaz e uma das mulheres, ambos se casarão com integrantes de outras famílias, e terá um filho cada um. O rapaz da 2ª geração terá um menino; a irmã, uma filha. A prole desses irmãos (**primos de 1º grau**), em desacordo com os pais, mantém um relacionamento às escondidas, resultando no nascimento de uma **criança afetada** pelo mesmo traço genético do bisavô, conforme o texto.

► Os quatro filhos não apresentam o fenótipo em questão, nem a mulher nem o rapaz oriundos de outras famílias, nem tampouco os primos.

► O casal possui certo grau de instrução, porém o conhecimento sobre o tema parece estar mesclado entre o saber científico e o *senso comum*.

a) A partir da genealogia construída, o que você, na posição do geneticista, diria para explicar ao casal os motivos do aparecimento de uma criança afetada? Quais as suas recomendações?

Situação-problema 3

5. (Elaborado pelo Autor). A prevalência de uniões consanguíneas em algumas comunidades ainda é muito comum, apesar desta prática, de modo geral, ter diminuído significativamente. Estudos apontam, dentre outros fatores, o componente econômico, sobretudo quando delimitamos tal fenômeno às regiões nordestinas. Com base no contexto apresentado, segue-se uma situação hipotética ocorrida numa comunidade quilombola no estado da Paraíba. Uma jovem mãe, numa conversa informal com uma amiga, relata as possíveis hipóteses de seus dois filhos terem nascido com um caso raro de surdez. Para ela, seus filhos foram afetados devido a episódios de forte estresse e nervosismo presentes nas duas gestações. Discordando da hipótese da colega, a amiga a aconselha a procurar o centro de aconselhamento genético.

Esquema de atuação

- ▶ Não há casos de surdez na família há pelo menos quatro gerações;
- ▶ Há grau de parentesco entre a jovem mãe e seu marido (tio e sobrinha);
- ▶ Considere que a surdez em questão é determinada por *genes autossômicos recessivos*.

a) Com base no texto e nas informações coletadas pelos geneticistas, construa a genealogia da jovem mãe.

b) Que argumentos você utilizaria para explicar a esse casal o provável motivo de seus dois filhos terem sido acometidos por esse traço fenotípico?

Situação-problema 4

6. (Adaptado de Griffiths, 2006). A doença de Tay-sachs (“idiotia infantil amaurotica”) é uma doença humana rara na qual substâncias tóxicas se acumulam nas células nervosas. O alelo recessivo responsável pela doença é herdado de modo mendeliano simples. Por motivos desconhecidos, o alelo é mais comum em populações de judeus ashkenazi do Leste Europeu. Uma mulher está planejando se casar com seu primo, mas o casal descobre que a irmã de seu avô comum morreu na lactância de Tay-sachs.

a) Com base no exposto, elabore uma genealogia e mostre os genótipos os mais completos possíveis.

b) Qual a probabilidade de que o primeiro filho dos primos tenha a doença de Tay-sachs, supondo que todas as pessoas que entram para a família são homozigotas normais?

Situação-problema 5

7. (Elaborado pelo Autor). Uma mãe desesperada procura o centro de aconselhamento genético relatando sua preocupação quanto ao casamento entre seu filho e sua sobrinha. Segundo ela, tal união deveria ser evitada, pois os filhos do casal tinham grandes chances de nascerem “fracos da cabeça”. Na concepção da mãe, os possíveis problemas dos

filhos derivam de uma punição divina, haja vista que a união do casal constituía “pecado”. Com base no relato acima, construa a genealogia dos cônjuges, seguindo as orientações dadas pelo geneticista ao jovem casal.

Esquema de atuação

- ▶ Considere a hipótese de que o *alelo mutado* seja a causa de uma deficiência mental na família;
- ▶ O traço fenotípico é determinado por *genes autossômicos recessivos*;
- ▶ Considere a mãe do rapaz portadora do *alelo mutado*;
- ▶ Construa o heredograma limitando-o a três gerações. O número de integrantes fica a critério do aluno;
- ▶ Calcule o coeficiente de endocruzamento (F) na prole do casal consanguíneo.

a) Se estivesse na posição do geneticista, como você explicaria ao jovem casal a probabilidade de dois alelos idênticos por *origem comum* aparecer em seu filho, ocasionando a deficiência?

b) Elabore sua argumentação, a partir da genealogia construída e do resultado do cálculo do coeficiente de endocruzamento.

ANEXOS

ANEXO A – PRODUTO EDUCACIONAL



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

PRODUTO EDUCACIONAL

**O USO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA PERSPECTIVA DA FORMAÇÃO DO
PENSAMENTO CIENTÍFICO SOBRE HERANÇA CONSANGUÍNEA**

**DUSTIMAR DE OLIVEIRA BATISTA
MÁRCIA ADELINO DA SILVA DIAIS**

**CAMPINA GRANDE – PB
2019**

DUSTIMAR DE OLIVEIRA BATISTA
MÁRCIA ADELINO DA SILVA DIAIS

**O USO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA PERSPECTIVA DA FORMAÇÃO DO
PENSAMENTO CIENTÍFICO SOBRE HERANÇA CONSANGUÍNEA**

Produto Educacional apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Biologia

**CAMPINA GRANDE-PB
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B333u Batista, Dustimar de Oliveira.
O uso de uma sequência didática na perspectiva da formação do pensamento científico sobre herança consanguínea [manuscrito] / Dustimar de Oliveira Batista. - 2019.
22 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Márcia Adelino da Silva Diais, Departamento de Matemática - CCT."
1. Ensino de biologia. 2. Consanguinidade. 3. Pensamento científico. 4. Herança genética. I. Título
21. ed. CDD 372.3

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	04
SEQUÊNCIA DIDÁTICA	06
1. PRIMEIRA ETAPA: ATIVIDADES PROPOSITIVAS	06
2. APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO	06
3. CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE HERANÇA BIOLÓGICA E CONSAGUINIDADE	06
4. SEGUNDA ETAPA: CONCEITUANDO HERANÇA BIOLÓGICA E CONSAGUÍNEA NUN CONTEXTO DE TRAÇOS FENOTÍPICOS RAROS	10
5. TERCEIRA ETAPA: RESOLVENDO PROBLEMAS: MONTAGEM E ANÁLISE DE GENEALOGIAS	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	22

INTRODUÇÃO

Este Produto Educacional é uma exigência do Programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) para a obtenção do título de mestre. Nosso objetivo principal é contribuir de forma significativa para o ensino de Biologia, em especial no ramo da Genética para uma turma de alunos do Ensino Médio.

Nas palavras de Costa e Costa (2011,p.64),“um material didático, que pode ser impresso ou digital, de uso individual e/ou coletivo, dirigido ao aluno ou professor deve possuir: linguagem clara, informações articuladas, *design* adequado e estimulante, conteúdo adequado, estética, fácil manuseio”.

Como exemplo, propomos a utilização de uma sequência didática com duração aproximada de 11 aulas de 50 minutos cada uma.Segundo Zabala e Arnau (2010, p.18), os modos operantes de organização das sequências de atividades educacionais são os traços mais evidentes na determinação das características diferenciadas da *práxis* educativa.

Para os autores, tanto o modelo tradicional de “aula magistral”, caracterizada pela exposição, estudos sobre apontamentos ou manual e provas, até o “método de projetos”, escolha do tema, planejamento, pesquisa e processamento da informação-ação possuem elementos identificadores de suas atividades, mas que adquirem natureza diferencial, conforme os modos de organizar e articular as sequências propositivas.

O desenho pedagógico proposto no material terá como objetivo mostrar as características do pensamento sobre os mecanismos de herança biológica no âmbito das uniões consanguíneas, assim como analisar evidências de conceitualização no decorrer do processo. É importante destacar que a formação do espírito científico deve seguir, ou passar individualmente, por três estados ou leis de formação: *estado concreto, concreto-abstrato e abstrato* (BACHELARD, 1996; COSTA, 2012).

Antes de tudo, é importante destacar que o produto educacional, além de conter uma sequência lógica para auxiliar no decorrer de sua aplicação, também pode ser adaptado para ser utilizado durante aulas de Genética de modo geral, pois o uso dos heredogramas na perspectiva da formação do espírito científico é uma ferramenta adaptável a praticamente qualquer conteúdo desse ramo da Biologia.

Vale destacar que existem outras formas de se abordar o conteúdo de herança biológica que façam uso de heredogramas,sobretudo quando as análises são feitas a partir dos gráficos já construídos previamente.Do ponto de vista da aprendizagem conceitual,tal método

possui seu valor pedagógico e didático,mas se torna menos significativo quando comparado ao procedimento de construção pelo próprio aluno.A idéia surgiu a partir da necessidade de estimular o desenvolvimento do pensamento abstrato a partir do contexto de produção local de ideias, conceitos e pensamentos cotidianos aos modos operantes e metodológicos de produção da cultura científica.

A importância de seu uso nas aulas de Biologia, em particular nas aulas do componente curricular supracitado,é afirmada com a participação do professor mediando as relações entre alunos, o próprio docente e o material didático.

1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1. PRIMEIRA ETAPA - Atividades propositivas (Quatro aulas):

2. APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO

3. CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE HERANÇA BIOLÓGICA E CONSANGUINIDADE

Inicia-se a primeira aula expondo o objetivo da pesquisa, a importância da participação dos alunos para a sua realização, assim como a contribuição do estudo para pesquisas futuras. Aplica-se o instrumento de coleta de dados, objetivando identificar e compreender os principais obstáculos epistemológicos ao pensamento científico sobre os mecanismos de herança biológica e consanguinidade.

01) Onde você mora () Zona urbana () Zona Rural Se sua resposta for Zona Rural, especifique em que comunidade, sítio ou assentamento. _____

02) Você conhece alguém casado/a ou em um relacionamento estável que apresenta algum grau de parentesco com seu cônjuge?

() sim () não

Se sim, como é esse parentesco?

() tio(a)/sobrinho(a);

() primos carnais/primos duplos (o casal consanguíneo é filho de dois irmãos casados com duas irmãs; ou irmã e irmão

() primo de 1º grau (os pais do casal são irmãos)

() primo de 2º grau (um dos avós do filho de um casal consanguíneo é irmão(a) de um de seus bisavós)

03) Você acredita que casamentos entre parentes aumentam as chances de terem filhos afetados por alguma enfermidade? Justifique sua resposta.

04) Vamos imaginar a seguinte situação hipotética. Duas jovens irmãs grávidas se dirigiram a um centro médico com dúvidas a respeito do nascimento de seus futuros filhos. Segundo elas, sua prima, integrante da comunidade onde moram, teve uma criança com uma doença que o tornava incapaz de produzir pigmento na pele (**Albino**). Não há casos registrados na família há pelo menos três gerações. Algumas hipóteses criadas por elas tentavam justificar tal situação. Dentre elas, temos:

- () castigo divino
- () nervosismo da mãe antes do parto
- () doença causada em um parente distante
- () alcoolismo do pai
- () o sangue da mãe e do pai não se combinam
- () N.D.A.

Qual/s das justificativas acima você acredita como possível responsável pelo problema na criança? Caso não concorde com nenhuma delas, elabore um argumento alternativo justificando sua resposta.

05) Imagine hipoteticamente que você tivesse um filho e seu irmão/a uma menina e que ambos os primos, em um futuro não tão distante, resolvessem se casar. Qual seria seu posicionamento diante da situação? Permitiria a união? Justifique sua resposta.

06) Pedro, morador da cidade de João Pessoa, por motivos relacionados ao trabalho é transferido para uma pequena cidade do interior paraibano e conhece Francisca, com quem se casa. Dois anos depois, o primeiro filho do casal nasce. Porém, apresenta um caso raro de **surdez**. Considere que todo o pré-natal fora realizado e nenhuma enfermidade acometeu a mãe. Então, que hipótese você usaria para explicar tal situação?

07) (SANTOS, 2005) O que você entende por doença genética? Como elas são adquiridas?

08) Você conhece ou já ouviu falar de pessoa(s) na comunidade onde mora que apresentam algum tipo de doença genética? Caso a resposta seja sim, que doença é essa? Ela é comum na localidade?

09) Na sua concepção, homens e mulheres contribuem de forma diferenciada para o surgimento de enfermidades nos filhos? Explique.

10) Qual/s da/s fontes de informação em destaque você acredita ter contribuído direta ou indiretamente para a elaboração de suas ideias a respeito do tema?

() a família

() os colegas

() as mídias (jornais, internet, rádio etc.)

() os professores

() outros. Especifique qual/s: _____

ANÁLISE A PRIORI

A princípio, almejamos, a partir das evidências encontradas nos instrumentos de coleta de dados, direcionar e/ou ajustar a sequência didática. Para tanto, os indicadores devem apontar, nesse momento, as principais formas de pensamentos ou conceitos característicos dos mecanismos de herança biológica e consanguinidade.

Os elementos conceituais obtidos no questionário deverão sinalizar algumas tendências e particularidades nas narrativas escritas, as quais permitirão a formação de elementos de análise preliminares, conforme discriminado em outro momento.

O que elas devem dizer, à primeira vista, denota o caráter generalista dos achados, haja vista os instrumentos e testes iniciais se revelarem insuficientes, *a priori*, na prospecção de conceitos subjacentes à temática. O tratamento destinado às narrativas escritas, transformando-as em categorias específicas, materializa-se e ganha destaque a partir da forma, como também do conteúdo emergente no desenrolar das atividades subsequentes.

Em face disso, busca-se entender as narrativas como expressões ou representações concretas do pensamento dos participantes. Destarte, devem-se organizar em um quadro-síntese os principais modelos conceituais extraídos das atividades. Antes disso, devemos expor os conteúdos dos questionários, preservando a identidade de cada aluno, apontando as similitudes, padrões e divergências conceituais das respostas elaboradas por eles. Dessa forma, cria-se um ambiente favorável a discussões e conflitos cognitivos.

Segunda parte • *Segunda e terceira aulas (consecutivas):*

Inicia-se a aula com problematizações sobre os conceitos de herança biológica, levando em consideração a seguinte inquietação: *Na concepção de vocês, quais características herdamos de nossos pais? Características como bondade, sexualidade, violência são adquiridas de que forma? Você acredita que essas características teriam mais chances de aparecer em um/afilho/a caso ocorra casamento entre parentes? E em casais não aparentados, elas são diferentes?* Nesse momento, serão acrescentados às discussões conceitos de *doenças congênitas e hereditárias*.

Mediante o clima de incertezas e contradições produzido pelas subjetividades conceituais, divide-se a turma em equipes iguais para que os alunos discutam entre si os pontos que mais lhes chamaram a atenção nas respostas dadas por cada aluno. Ao final, organiza-se a sala em uma roda de conversa, relacionando tal discussão com as respostas elaboradas pelos grupos, de modo a refletir, em um âmbito mais próximo, sobre as formas pelas quais as ideias relativas à herança biológica e consanguinidade são constituídas pelas demais equipes. A finalidade é colocar os alunos em situações reais de conflitos cognitivos.

ANÁLISE A PRIORI

Nessa atividade, almejamos que os alunos, além de endossar suas concepções expostas no questionário, vivenciem também o afloramento de novas ideias a partir da dialética proposta pela discussão. Dessa forma, objetivamos tornar o debate significativo, dinâmico e compreensível, aproximando diversas hipóteses sobre a temática e sobre os conceitos mais amplos de herança que os alunos possam ter.

Acreditamos também que, com a introdução dos conceitos e questionamentos sobre as diferenças entre doenças congênitas e hereditárias, surjam imprevistos e desafios cognitivos que acabaram abrindo espaço para a elaboração de conjecturas e soluções para os questionamentos. Foi dessa forma que surgiram as grandes criações na Biologia e nas ciências de um modo geral, motivadas pela necessidade de respostas a um determinado grupo, em um determinado período histórico.

Ainda esperamos que essa construção do conhecimento valorize a participação de cada um dos integrantes do grupo, buscando unir habilidades individuais dos alunos de modo a torná-los responsáveis pela própria aprendizagem.

Objetivamos que, durante a troca dos questionários de forma cruzada, os alunos criem uma interação com os colegas e com o professor, ou seja, que se construa um laço de confiança entre professor/aluno e aluno/aluno. Acreditamos ainda que a construção em grupo aumente a proximidade entre os alunos. Por fim, esperamos, além de identificar possíveis dificuldades apresentadas pelos educandos, a atividade possa contribuir para saná-las posteriormente.

4. SEGUNDA ETAPA - CONCEITUANDO HERANÇA BIOLÓGICA E CONSANGUÍNEA NUM CONTEXTO DE TRAÇOS FENOTÍPICOS RAROS(Quatro aulas):

- *Quarta e quinta aulas (consecutivas):*

Inicia-se a aula pela abordagem, de forma expositiva e dialogada, de padrões de herança monogênica com respaldo nos escritos de Nussbaum et al. (2006). Em seguida, questiona-se os alunos sobre algumas enfermidades, como anemia falciforme, hemofilia, daltonismo, dentre outras. Indaga-se, nesse momento: *Por que algumas doenças são mais comuns em algumas comunidades ou etnias do que em outras?*

Em seguida, aborda-se, de forma expositiva e dialogada, os conceitos de *genes (recessivos e dominantes), alelo, mutação, traço fenotípico raro e genótipo*, problematizando os conceitos abordados. Será solicitada aos alunos uma pesquisa em grupo sobre algum traço fenotípico raro ocasionado por uniões consanguíneas, como também exemplos de cônjuges sem relação de parentesco com casos de traços fenotípicos raros.

ANÁLISE A PRIORI

Nesse encontro, esperamos que os alunos retomem com o professor a discussão sobre herança, expondo num primeiro momento explicações para possíveis aumentos de doenças raras em certas comunidades isoladas. Espera-se que, nesse ocasião, a concepção de que o sangue seria o responsável pelas enfermidades já não seja a justificativa majoritária. Desse modo, pretende-se que os alunos compreendam sobretudo as diferenças entre herança biológica, nesse caso, monogênica, e herança social.

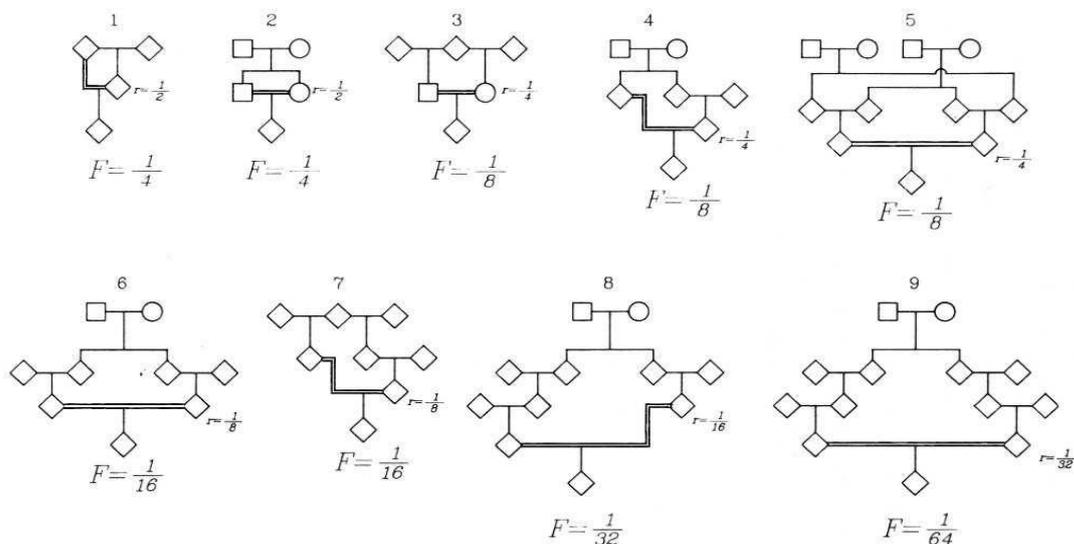
Almejamos também que os alunos, a partir da abordagem dos conceitos, cheguem à conclusão de que podemos conjecturar padrões de herança biológica e entendam o papel representativo que as letras possuem no estudo de Genética.

• *Sexta e sétima aulas (consecutivas):*

Realizadas as pesquisas e mediante a inquietação gerada nas aulas anteriores, divide-se os alunos em equipes iguais para discutir, entre eles, os pontos que mais lhes chamaram a atenção, compartilhando as ideias com os demais. No decorrer das aulas, coloca-se a pergunta: *Há aumento de traços fenotípicos raros em famílias com casos de uniões consanguíneas? Qual/s as causas desse possível aumento? Por que alguns filhos de cônjuges sem nenhuma relação de parentesco próximo apresentam anomalias genéticas?*

Depois das discussões dos grupos, inicia-se uma aula expositiva reflexiva (com datashow) discorrendo sobre o conceito de *homozigose por origem comum*, assim como o ordenamento e disposição simbólica dos diferentes tipos de uniões parentais nas genealogias. Em seguida, de forma colaborativa, serão elaboradas questões com os alunos para compor um questionário de entrevista a ser realizada com integrantes de casais consanguíneos.

Figura 1 -Heredogramas de genealogias que incluem casais consanguíneos, inclusiveincestuosos, e coeficientes de endocruzamento. 1- pai × filha; 2- mãe × filho; 3- irmãos; 4, 5- meio-irmãos; 6, 9 – tia × sobrinho; 7,8 – tio × sobrinha; 10, 11- primos duplos em primeiro grau; 12,13 –tio × meia-sobrinha; 14,15- tia × meio sobrinho(BEIGUELMAN,2008 p.105)



QUESTIONÁRIO (ENTREVISTA)

1. Para você, o que significa hereditariedade?
2. Como a herança biológica ou características hereditárias são adquiridas?
3. O que você entende por doenças genéticas? Como elas são transmitidas? Quem as transmite?
4. Na sua concepção, o que significa casamentos consanguíneos?
5. Houve alguma resistência por parte da família ou amigos em relação à união de vocês? Quais foram as justificativas?
6. Você acredita que casamentos consanguíneos aumentam as chances de distúrbios genéticos nos filhos(Deficiências)? Explique.
7. Um casal que não possui laços familiares e que não apresenta casos de problemas genéticos há várias gerações em suas famílias poderá ter um filho afetado por alguma síndrome genética(Deficiência)? Justifique.
8. Qual/s fontes de informação você utiliza ou utilizou para apropriação de suas concepções sobre as uniões consanguíneas?
9. Na sua concepção, homens e mulheres contribuem de forma diferenciada para o surgimento de deficiências nos filhos? Explique.

ANÁLISE A PRIORI

Nesse encontro, esperamos que os alunos exponham novamente suas ideias sobre consanguinidade, agora subsidiados pelas pesquisas realizadas. O objetivo central é verificar o uso de novos conceitos tendo como referência iniciais as respostas dadas no primeiro questionário.

Nesse panorama, colocaremos os alunos diante de situações reais em que a endogamia seria a possível explicação para algumas enfermidades, mas também os questionaremos sobre o papel do sangue na determinação dessas doenças. Aqui nesse momento, pela mediação do professor, indaga-se sobre a relação entre fecundação, mistura e tipologia sanguínea na determinação das características hereditárias.

Na mesma discussão, pergunta-se o porquê de em alguns casos com relação de parentesco não ocorrer nenhuma manifestação de anomalias na prole, enquanto em outros sem proximidade relacional familiar há episódios evidenciados.

Pretende-se com os questionamentos colocar as ideias iniciais postuladas pelos alunos em xeque, ou seja, fazer com que eles percebam as inconsistências entre o sangue e as características hereditárias, mas também instigá-los a fazer perguntas pertinentes aos reais motivos de aumento de problemas genéticos na prole de casais que partilham algum grau de parentesco.

Almejamos, nesse momento, que os alunos entendam o caráter aleatório e probabilístico dos alelos nas genealogias, assim como o conceito de *homozigose por origem comum*. Espera-se, sobretudo, que os estudantes retifiquem seus conceitos no sentido de entender que um alelo *mutado* num parente comum a um casal tem maiores chances de estar presente num zigoto quando comparado a indivíduos que não compartilham certo grau de parentesco.

Objetivo da entrevista:

A entrevista com o casal consanguíneo deverá ser exposta para toda a turma sem a obrigatoriedade de revelar o nome dos entrevistados. O objetivo central dessa atividade será aproximar os alunos dos instrumentos e métodos utilizados pela cultura científica, bem como colocá-los diante de ideias, possíveis preconceitos e barreiras enfrentadas pelo casal endogâmico antes da união.

Com a exposição das respostas, esperamos que os alunos observem possíveis similitudes entre o pensamento dos entrevistados e suas próprias respostas, e, a partir daí, comecem a perceber os principais anseios vividos antes e depois do nascimento de filhos oriundos dos casais consanguíneos com más formações.

5. TERCEIRA ETAPA- RESOLVENDO PROBLEMAS: MONTAGEM E ANÁLISE DE GENEALOGIAS (Quatro aulas):

Segunda parte ● *Oitava e nona aulas (consecutivas):*

Inicia-se a aula contextualizando as análises e discussões das aulas anteriores sobre *homozigose por origem comum, ou descendência*, e os resultados da entrevista. Em seguida, de forma expositiva e reflexiva, abordam-se as consequências do endocruzamento em algumas famílias.

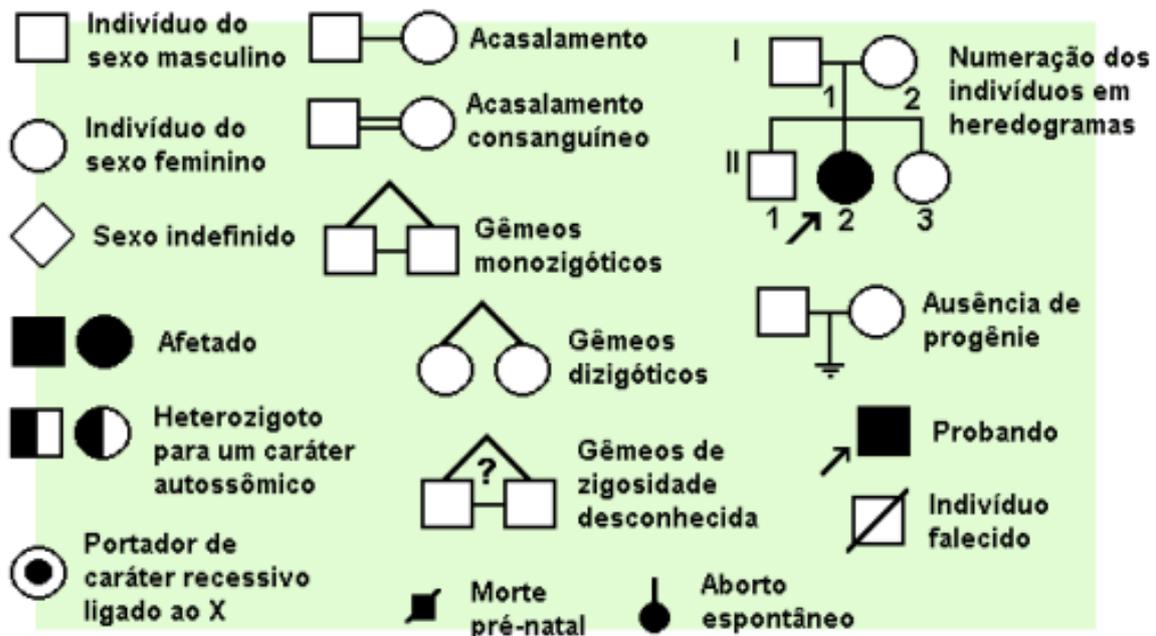
Segue-se a aula (com texto e imagens em datashow) sobre o uso da Matemática(Probabilidade) em situações-problema da Genética. Na sequência,demonstram-se as regras de construção e análise dos heredogramas com enfoque no cálculo do coeficiente de endogamia no zigoto consanguíneo, com respaldo nos escritos de Beiguelman(2008).

Depois, de forma expositiva e dialogada (com o uso do datashow), discorre-se sobre a importância e as regras no uso dos heredogramas como alternativa analítica de traços fenotípicos raros em algumas famílias.

A montagem de um heredograma obedece a algumas regras:

- ❖ Em cada casal, o homem deve ser colocado à esquerda e a mulher à direita, sempre que for possível.
- ❖ Os filhos devem ser colocados em ordem de nascimento, da esquerda para a direita.
- ❖ Cada geração que se sucede é indicada por algarismos romanos (I, II, III etc.). Dentro de cada geração, os indivíduos são indicados por algarismos arábicos, da esquerda para a direita. Outra possibilidade é se indicar todos os indivíduos de um heredograma por algarismos arábicos, começando-se pelo primeiro da esquerda, da primeira geração.

Figura 2 -Simbologia utilizada na construção e análise de heredogramas humanos.



Fonte:Grifithys (2006, p.41).

●*Décima e décima primeira aulas(consecutivas):*

Disponibilizam-se as situações-problema de forma gradativa, permitindo que os alunos assimilem ativamente os conceitos científicos a partir da independência, criatividade, transferência e aplicação dos conhecimentos em situações novas. A avaliação dar-se-á de forma contínua, observando na ação processual as principais evidências de desenvolvimento de competências próprias ao espírito científico (capacidade de compreensão, elaboração de hipóteses e abstração).

Tais indicadores terão também como objetivo verificar *in loco* o domínio dos componentes factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais das competências exigidas na resolução das atividades propositivas. As atividades fundamentadas numa perspectiva epistemológica contêm três atividades a serem aplicadas com os alunos. A critério do professor, estas poderão resultar em notas qualitativas ou quantitativas.

Além disso, registre-se a preocupação em possibilitar diferentes formas complementares de envolvimento dos alunos. Dentre elas, enumeramos: a participação no debate coletivo, exposição oral, realização de atividades individuais ou em grupos e construção de heredogramas.

Atividades propositivas (Situações-problema)

1. (Elaborado pelo Autor). Seguindo os conceitos, simbologias e regras de elaboração dos heredogramas discutidas em sala de aula, construa a própria genealogia familiar. Para tanto, algumas orientações devem ser seguidas para que a atividade requerida seja concluída de forma competente.

Esquema de atuação

- ▶ O heredograma deverá ter o limite de gerações escolhida pelo aluno.
- ▶ O posicionamento dos integrantes na genealogia deverá seguir as regras discutidas previamente em sala de aula.
- ▶ Caso algum integrante seja portador de algum traço genético raro (doença genética), não será necessário a exposição de seu nome.
- ▶ Use a criatividade na construção do heredograma, sem perder o seu caráter científico.

2. (Elaborado pelo Autor). Tomando como base as regras de construção dos heredogramas, elabore três genealogias em que uma delas deverá conter a união consanguínea entre meios-irmãos, primos de primeiro grau e, por último, entre tio e sobrinha.

Esquema de atuação

- ▶ O heredograma deverá ter o limite de quatro gerações;
- ▶ O quantitativo de integrantes nas respectivas gerações fica a critério dos alunos.

Situação-problema 2

3. (Adaptado de Nascimento e Capelli, 2008). Construa uma genealogia em que um alelo mutado responsável por uma síndrome genética está presente em um dos ancestrais comum (avós) à união consanguínea entre primos de primeiro grau. Para a composição desse heredograma, algumas regras devem ser seguidas, conforme discriminado abaixo.

Esquema de Atuação

- ▶ Demonstrar o percurso de um **alelo mutado**, levando em consideração seu caráter aleatório na genealogia;
- ▶ Os filhos da 2ª geração deverão apresentar lacunas em um dos *loci* gênicos para posterior preenchimento em sorteio realizado na sala de aula. Segue assim também com o casal consanguíneo da 3ª geração e, por último, uma interrogação na prole desse casal, com os dois espaços dos *loci* gênicos a serem preenchidos pelo respectivo sorteio;
- ▶ O traço fenotípico em análise é herdado de modo mendeliano simples;
- ▶ Considere homozigotos dominantes os integrantes oriundos de outras famílias na genealogia construída.

a) Quais os genótipos presentes na prole desse casal consanguíneo?

b) Qual a probabilidade de a doença genética afetar a prole do casal, caso ele/a herde duas versões do alelo mutado? Justifique.

4. (Elaborado pelo Autor). Um jovem casal, desesperado com a probabilidade de seu filho vir a ter o mesmo fenótipo raro presente em um dos bisavós maternos, procura um centro de aconselhamento genético para tentar sanar suas dúvidas. O geneticista em questão percebe que a angústia se dá devido ao grau de parentesco existente entre os cônjuges (*Primos de 1º grau*). Com o objetivo de ser o mais didático possível, foi construída a genealogia em questão, a partir das informações coletadas no ato da entrevista, conforme exemplificado abaixo.

Esquema de atuação

► A genealogia deverá conter quatro filhos na 2ª geração, três mulheres e um homem. O rapaz e uma das mulheres, ambos se casarão com integrantes de outras famílias, e terá um filho cada um. O rapaz da 2ª geração terá um menino; a irmã, uma filha. A prole desses irmãos (*primos de 1º grau*), em desacordo com os pais, mantém um relacionamento às escondidas, resultando no nascimento de uma *criança afetada* pelo mesmo traço genético do bisavô, conforme o texto.

► Os quatro filhos não apresentam o fenótipo em questão, nem a mulher nem o rapaz oriundos de outras famílias, nem tampouco os primos.

► O casal possui certo grau de instrução, porém o conhecimento sobre o tema parece estar mesclado entre o saber científico e o *senso comum*.

a) A partir da genealogia construída, o que você, na posição do geneticista, diria para explicar ao casal os motivos do aparecimento de uma criança afetada? Quais as suas recomendações?

Situação-problema 3

5. (Elaborado pelo Autor). A prevalência de uniões consanguíneas em algumas comunidades ainda é muito comum, apesar desta prática, de modo geral, ter diminuído significativamente. Estudos apontam, dentre outros fatores, o componente econômico,

sobretudo quando delimitamos tal fenômeno às regiões nordestinas. Com base no contexto apresentado, segue-se uma situação hipotética ocorrida numa comunidade quilombola no estado da Paraíba. Uma jovem mãe, numa conversa informal com uma amiga, relata as possíveis hipóteses de seus dois filhos terem nascido com um caso raro de surdez. Para ela, seus filhos foram afetados devido a episódios de forte estresse e nervosismo presentes nas duas gestações. Discordando da hipótese da colega, a amiga a aconselha a procura do centro de aconselhamento genético.

Esquema de atuação

- ▶ Não há casos de surdez na família há pelo menos quatro gerações;
 - ▶ Há grau de parentesco entre a jovem mãe e seu marido (tio e sobrinha);
 - ▶ Considere que a surdez em questão é determinada por *genes autossômicos recessivos*.
- a) Com base no texto e nas informações coletadas pelos geneticistas, construa a genealogia da jovem mãe.
- b) Que argumentos você utilizaria para explicar a esse casal o provável motivo de seus dois filhos terem sido acometidos por esse traço fenotípico?

Situação-problema 4

6. (Adaptado de Griffiths, 2006). A doença de Tay-sachs (“idiotia infantil amaurótica”) é uma doença humana rara na qual substâncias tóxicas se acumulam nas células nervosas. O alelo recessivo responsável pela doença é herdado de modo mendeliano simples. Por motivos desconhecidos, o alelo é mais comum em populações de judeus ashkenazi do Leste Europeu. Uma mulher está planejando se casar com seu primo, mas o casal descobre que a irmã de seu avô comum morreu na lactância de Tay-sachs.

- a) Com base no exposto, elabore uma genealogia e mostre os genótipos os mais completos possíveis.
- b) Qual a probabilidade de que o primeiro filho dos primos tenha a doença de Tay-sachs, supondo que todas as pessoas que entram para a família são homozigotas normais?

Situação-problema 5

7. (Elaborado pelo Autor). Uma mãe desesperada procura o centro de aconselhamento genético relatando sua preocupação quanto ao casamento entre seu filho e sua sobrinha. Segundo ela, tal união deviria ser evitada, pois os filhos do casal tinham grandes chances de nascerem “fracos da cabeça”. Na concepção da mãe, os possíveis problemas dos filhos derivam de uma punição divina, haja vista que a união do casal constituía “pecado”. Com base no relato acima, construa a genealogia dos cônjuges, seguindo as orientações dadas pelo geneticista ao jovem casal.

Esquema de atuação

- ▶ Considere a hipótese de que o *alelo mutado* seja a causa de uma deficiência mental na família;
- ▶ O traço fenotípico é determinado por *genes autossômicos recessivos*;
- ▶ Considere a mãe do rapaz portadora do *alelo mutado*;
- ▶ Construa o heredograma limitando-o a três gerações. O número de integrantes fica a critério do aluno;
- ▶ Calcule o coeficiente de endocruzamento (F) na prole do casal consanguíneo.

a) Se estivesse na posição do geneticista, como você explicaria ao jovem casal a probabilidade de dois alelos idênticos por *origem comum* aparecer em seu filho, ocasionando a deficiência?

b) Elabore sua argumentação, a partir da genealogia construída e do resultado do cálculo do coeficiente endocruzamento.

ANÁLISE A PRIORI

Almejamos inicialmente, nessa etapa, a retomada da discussão sobre as questões referente à *homozigose por origem comum* e aos questionamentos colocados pelo docente e

alunos a respeito da entrevista ao casal endogâmico, como também as possíveis consequências dos casos de relações de parentesco à prole.

Objetivamos com as primeiras atividades propositivas, em especial as questões um e dois, de um total de sete, possibilitar aos alunos um contato prévio com a ferramenta de análise de genealogias de forma significativa, assim como orientá-los quanto às diversas formas de seu uso, sobretudo na situação em que as uniões consanguíneas são o objeto de estudo no heredograma.

Esse primeiro contato visa, dentre outras questões, a partir da construção do próprio heredograma familiar, a aproximar os alunos das regras e simbologias típicas de sua elaboração e análise, principalmente quando eles se referem a traços fenotípicos raros, situação proposta nas questões subsequentes.

Espera-se que os alunos apresentem algumas dificuldades na resolução das últimas questões, pois elas demandam um nível de abstração até o presente momento não requerido. Para tanto, propomos aos estudantes que as atividades dessa etapa sejam respondidas em dupla e sob a mediação docente, gerando um ambiente de indagações, hipóteses e teorias sobre a temática. Entendemos com Bachelard(1978) que é a partir do debate que se originam a construção de novos conhecimentos, retificando os fundamentados *a priori* da cultura pré-científica.

Enfim, almejamos, a partir desses dois encontros, que os alunos tenham um novo entendimento sobre a relação de parentesco e os possíveis casos de enfermidade na prole, de maneira a compreender que as uniões consanguíneas não implicam necessariamente uma fatalidade genética, mas que tal fenômeno é, sim, um fator contributivo para o surgimento de algumas enfermidades, como ocorre em algumas comunidades total ou parcialmente isoladas.

Neste encontro, a intenção é que o aluno, a partir do esquema de atuação das situações-problema e da mediação do professor, consiga criar as genealogias num agir conceitual fundamentado na cultura científica, compreendendo, sobretudo, que o uso do termo *consanguinidade*, apesar de levar-nos, em última instância, a acreditar que o sangue seria o pivô causal dos possíveis distúrbios de ordem genética e/ou determinação das características hereditárias nos filhos, tanto de uniões consanguíneas ou não, se configura, na verdade, como um termo literalmente metafórico, ou, como bem exemplificou Bachelard(1996), como um obstáculo verbal.

Nas últimas questões, aspiramos que os alunos compreendam o caráter aleatório dos genes deletérios em uma família, principalmente os conceito de alelos e *homoziгоze por*

origem comum e como chegar aos resultados probabilísticos da Matemática, tomando como exemplo o cálculo do coeficiente de endogamia nos zigotos. Para tanto, usaremos como referência os casos concretos, reais ou hipotéticos de situações em que a endogamia seja o elemento central de discussão.

Nesse sentido, esperamos que, ao analisar tais situações, crie-se assim uma porta para um diálogo entre os saberes cotidianos e científicos, de modo a conduzir os alunos à compreensão das múltiplas formas conceituais de entendimento de um dado fenômeno sob a ótica do pensamento científico e da cultura da humanidade.

Buscam-se a reflexão e o entendimento dos alunos sobre as vias alternativas, mas possíveis de conhecimento. Tais formas distintas devem ser internalizadas e hierarquizadas num contexto de múltipla abstração, conduzindo-os à desejada reforma ou ressignificação do conhecimento consolidado como única verdade até esse momento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

À luz das atividades propositivas da sequência didática, sugerimos que a *praxis* educativa, na perspectiva da formação e/ou retificação conceitual Bachelardiana, seja integrada à via metodológica da resolução de situações-problema, pois tal metodologia se mostra, em certa medida, bastante positiva no desenvolvimento do pensamento abstrato.

É importante destacar a multiplicidade com que o conceito de herança biológica e, em especial, o de consanguinidade é utilizado no cotidiano, eles e tantos outros por vezes ignorados nas atividades pedagógicas. Dessa forma, orientamos o uso dos termos *herança consanguínea ou endogamia* por entendermos que eles minimizam o uso distorcido do conceito. Esse último é bastante utilizado em alguns manuscritos acadêmicos.

Por fim, consideramos que existe um campo bastante amplo de utilização da epistemologia Bachelardiana nas áreas do conhecimento das ciências, sobretudo nas Ciências Naturais. Nessa sequência didática, propomos a realização de um estudo, situando os alunos em um contexto de pesquisa conduzido e delimitado a praticamente um contexto conceitual, o que demonstra a amplitude teórica e metodológica de possíveis pesquisas nessa área.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico:** contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

_____. **Os pensadores.** São Paulo: Abril Cultural, 1978.

BEIGUELMAN, Bernardo. **Genética de populações humanas.** Ribeirão Preto, SP: SBG, 2008.

COSTA, Celma Laurinda Freitas. O pensamento científico em Bachelard. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE, 6, 2012, São Cristóvão. **Anais...** São Cristóvão, SE: [s.n.]. Disponível em: <http://educonse.com.br/2012/eixo_15/PDF/7.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.

COSTA, Marcos Antônio F.; COSTA, Maria Fátima Barroso. **Projeto de pesquisa:** entenda e faça. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

GRIFFITHS, Anthony. J. F. et al. **Introdução à Genética.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

NUSSBAUM, Robert L.; McINNES, Roderick R.; WILLARD, Huntington F.; HAMOSH, Ada (Eds.). **Thompson & Thompson Genética Médica.** 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. **Como aprender e ensinar competências.** Porto Alegre: Artmed, 2010.