Serviço Público Federal

Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado em Ensino de Ciências

Construção do Conceito de Gene por meio de jogos pedagógicos

Regiani Magalhães de Oliveira Yamazaki

Campo Grande - MS

Março - 2010

Serviço Público Federal

Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado em Ensino de Ciências

CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE GENE POR MEIO DE JOGOS PEDAGÓGICOS

REGIANI MAGALHÃES DE OLIVEIRA YAMAZAKI

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Campo Grande - MS

Março - 2010

Banca Examinadora:

Prof.ª Drª. ÂNGELA MARIA ZANON (ORIENTADORA)

Prof. Dr. FERNANDO CESAR FERREIRA

Prof.ª Drª. ICLÉIA ALBUQUERQUEDE VARGAS

Prof.ª Drª. YVELISE MARIA POSSIEDE

Salvador Dali

Esta obra encontra-se presente nesta dissertação como um símbolo dos enigmas da reprodução humana. O pênis, em um corpo de mulher, representa os conflitos, os obstáculos e as contradições de ideias pré-científicas a fim de explicar os mecanismos não somente da reprodução, como também da transmissão das características humanas. É desta forma que percebo esta obra- prima de Salvador Dali, pois a arte tem a magia de nos libertar dos gessos impostos pela sociedade.

(...) Talvez não exista outra área da biologia em que a refutação de idéias errôneas e de dogmas tenha sido mais importante, para o avanço do conhecimento, do que a genética. (MAYR, 1998, p.705-706)

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado às pessoas mais importantes da minha vida.

Ao Choiti, meu eterno companheiro, que ao longo deste mestrado foi o meu centro de apoio e de equilíbrio, compartilhando comigo minhas angústias, alegrias e tristezas..., serei eternamente grata.

À Isabela, minha filha querida, que também teve a sua cota de sacrifício, tendo suas horas de lazer muitas vezes comprometidas, mas que nem por isso, deixou de dizer: Te amo mamãe!

À minha mãe, Cleuza, que não somente me ensinou o caminho da escola, mas que caminhou comigo...

Ao meu pai, João, que me ensinou desde criancinha, através das suas atitudes, a amar e a respeitar a todos, independente da cultura, crença, etnia.

À minha vó, Iraci, que tanto pentelhei na adolescência, por ter compreendido que eu não nasci para ser artesã.

Ao meu tio, Claudinei, que num belo dia de sol, antes de ir para a aeronáutica, me apresentou aos 3 anos de idade, o lápis e o caderno, decidido que iria me alfabetizar.

E por último, dedico a minha filhinha que chegará somente em julho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul que, por ser uma instituição pública, me possibilitou a continuidade de meus estudos e na realização do meu mestrado.

Ao prof. Paulo Rosa, pelo espírito de luta para alavancar o mestrado; pelas aulas entusiasmadas nas tardes de sexta-feira e, principalmente, pelo cafezinho na sua sala - você não sabe o quanto ele foi importante para recarregar minhas energias.

À profa. Shirley, pelo cafezinho matutino, mas, principalmente, por ter me colocado em contado com obras de Paulo Freire, para leitura e discussão; foi para mim, um dos momentos mais ricos do mestrado, foram novas ferramentas teóricas.

À profa. Icléia que, através da disciplina Percepção Ambiental, me libertou do radicalismo, alargando as portas do conhecimento, suas aulas não contribuíram somente para minha formação como pesquisadora, mas como pessoa, sou muito grata.

Á prof. Ângela, minha orientadora, por ter me acolhido como orientanda, me dando a oportunidade e o prazer de trabalharmos juntas; pelo conhecimento que hoje tenho sobre Educação Ambiental; pelo convite de trabalhar em um curso de Formação Continuada para professores da rede estadual do MS, mas acima de tudo pela liberdade que eu tive de produzir e de escrever esta dissertação. Obrigada por tudo.

Ao prof. Fernando Cesar Ferreira e à prof. Yvelise Maria Possiede pelas ricas colaborações no exame de qualificação.

Agradeço a todos os meus amigos do mestrado, em especial a turma da Educação Ambiental, Marylin, Airton, Suelen, Terezinha, Ilza e Áurea, pelos momentos inesquecíveis que passamos juntos, e pelas contribuições nas minhas apresentações de seminários.

Agradeço também à minha família,

Ao Choiti, meu marido e meu professor, pelas inúmeras vezes que sentou e discutiu comigo as obras do Bachelard, obrigada pela paciência e pela dedicação.

A Isabela, minha filha, pelos momentos de alegria, pelos beijos e abraços e pelos momentos de compreensão sobre minha ausência.

Um monge descabelado me disse no caminho: Eu queria construir uma ruína. Embora eu saiba que ruína é uma desconstrução. Minha idéia era fazer uma coisa com jeito de tapera. Alguma coisa que servisse para ABRIGAR O ABANDONO, como as taperas abrigam. Porque o abandono não pode ser apenas um homem debaixo da ponte, mas pode ser também um gato no beco ou uma criança presa num cubículo. O abandono pode ser também de uma expressão que tenha entrado para o arcaico ou mesmo de uma palavra. Uma palavra que esteja sem ninguém dentro. (o olho do monge estava perto de ser um canto.) Continuou: digamos a palavra AMOR... A palavra amor está quase vazia. Não tem gente dentro dela. Queria construir uma ruína para salvar a palavra amor. Talvez ela renascesse das ruínas, como o lírio pode nascer de um monturo. E o monge se calou descabelado.

RUÍNA – Manoel de Barros

Resumo

Esta pesquisa objetivou verificar o potencial de jogos pedagógicos como auxiliadores no processo de construção do conceito de gene, entre alunos de Ensino Médio. Os jogos pedagógicos, criados especificamente para este trabalho, foram testados com alunos de terceiros anos do Ensino Médio da Escola Estadual Presidente Vargas, da cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul. A pesquisa de campo (aplicação dos jogos) foi realizada no segundo semestre de 2008 com alunos dos três períodos (matutino, vespertino, noturno). Os resultados foram analisados através da epistemologia de Gaston Bachelard, principalmente fazendo-se uso da noção de obstáculo epistemológico e de sua superação. Os dados da pesquisa mostram a complexidade que permeia o uso da atividade lúdica proposta; enquanto a maioria dos alunos parece ter construído o conceito de gene, outros parecem não ter resolvido os conflitos gerados pelos jogos pedagógicos. Considerando que o ensino-aprendizagem do conceito de gene não é fácil, devido a constituição abstrata do conceito, entendemos que os jogos pedagógicos produzidos para esta pesquisa mostraram-se potencialmente eficazes no processo de ensino aprendizagem de genética, principalmente para a construção do conceito de gene. Verificamos que os dois jogos pedagógicos – “Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas” e “Construindo Conceito de Gene” - proporcionaram momentos em que os alunos puderam psicanalisar o conceito de gene, abrindo caminhos para a formação de um Novo Espírito Científico, contemplando a Epistemologia Bachelardiana.

Palavras-chaves: jogos pedagógicos, obstáculos epistemológicos, ensino-aprendizagem, gene.

Abstract

This study aimed to investigate the potential of educational games as helpers in the construction of the gene concept among high school students. The educational games, designed specifically for this study, were tested with students in third year of High School State School Presidente Vargas, city school of Dourados, Mato Grosso do Sul. Field research (application of the games) was held in the second half of 2008 with students of the three periods (morning, afternoon, evening). The results were analyzed by the epistemology of Gaston Bachelard, mainly making use of the notion of epistemological obstacle and his overcome it. The survey data show the complexity that permeates the proposed use of playful activity, while most students seems to have built the concept of the gene, others seem to have resolved the conflicts generated by the educational games. Whereas the teaching-learning the concept of gene is not easy, because the formation of abstract concept, we believe that educational games produced for this research shown to be potentially effective in the process of teaching and learning of genetics, especially for the construction of the concept of gene. We found that the two educational games - "Building the Concept of Gene through the Human Features"and "Building Concept of Gene" - provided moments where the students could psychoanalyze the gene concept, opening the way for the formation of a New Scientific Spirit, contemplating bachelardian epistemology.

Keywords: educational games, epistemological obstacles, teaching and learning, gene.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Tabuleiro Quadrado de Punnett.....49
FIGURA 2. Tabuleiro Contruindo o Conceito de Gene através das Características Humanas49
FIGURA 3. Demonstração das Características Humanas Montadas.....50
FIGURA 4. Concepções sobre a transmissão de características Hereditárias.....56
FIGURA 5. Relação da Meiose com a formação de gametas.....84
FIGURA 6. O que é Gene.....88
FIGURA 7. Concepções Alternativas sobre a Constituição da Molécula de DN.....90
FIGURA 8. Análise do Jogo CCGCH como material pedagógico divertido.....97
FIGURA 9. Análise do Jogo CCGCH como material pedagógico educativo.....101
FIGURA 10. Análise do Jogo CCGCH como material pedagógico que auxilia na construção do conceito de Gene.....103
FIGURA 11. Análise das regras do jogo CCGCH.....104
FIGURA 12. Análise da linguagem escrita do jogo CCGCH.....105
FIGURA 13. Análise do Tabuleiro CCGCH sobre a beleza da arte.....106
FIGURA 14. Análise do tempo gasto do jogo CCGCH.....107
FIGURA 15. Jogo CCGCH auxilia na separação dos alelos e a formação de gametas.....109
FIGURA 16. O jogo CCG é divertido.....112
FIGURA 17. O jogo CCG é educativo.....115
FIGURA 18. O jogo CCG auxilia na compreensão do Conceito de Gene.....118
FIGURA 19. As regras do jogo CCG são claras.....119
FIGURA 20. A linguagem do jogo CCG é adequada.....120
FIGURA 21. O tempo de duração do jogo CCG é suficiente.....122
FIGURA 22. As Cartas-bombas do jogo CCG auxiliam na construção do conceito de gene 126
FIGURA 23. A cor e o formato do jogo CCG são bonitos.....127
FIGURA 24. Amostra do Tabuleiro - Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas.....139
FIGURA 25. Amostra do Tabuleiro – Quadrado de Punnet – para separação dos alelos de um gene e formação de gametas.....140

FIGURA 26. Amostra dos dados do jogo CCGCH.....140
FIGURA 27.Amostra das 17 maquetes para recortes, utilizadas para a montagem do Jogo Pedagógico: Construção do Conceito de Gene através das Características Humanas.....141
FIGURA 28. Amostra de 26 modelos, criado pelos estudantes em sala de aula durante o jogo pedagógico: "Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas".....144

FIGURA 29. Cartas do jogo "Construindo o Conceito de Gene".....150

FIGURA 30. Cartas-bombas do jogo-pedagógico: "Construindo o Conceito de Gene".....153

FIGURA 31. Tabuleiro do Jogo-Pedagógico: Construindo o Conceito de Gene".....155

Registro fotográfico da aplicação em sala de aula dos jogos pedagógicos: Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas & Construindo o Conceito de Gene.....156

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....01

CAPÍTULO 1 - GASTON BACHELARD.....03

1.1 OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO.....04

1.2 PSICANÁLISE DO CONHECIMENTO.....07

1.3 RUPTURAS ENTRE O SENSO COMUM (ESPÍRITO NÃO CIENTÍFICO) E O ESPÍRITO CIENTÍFICO.....09

1.4 A CIÊNCIA COMO CONSTRUÇÃO COMPLEXA.....15

CAPÍTULO 2 - UMA NOVA PERCEPÇÃO AMBIENTAL ATRAVÉS DA COMPREENSÃO DO CONCEITO DE GENE.....18

CAPÍTULO 3 - GENE – UM CONCEITO INCOMPREENDIDO DENTRO DA ESCOLA.....23

CAPÍTULO 4 - EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO CONCEITO DE GENE.....29

CAPÍTULO 5 - METODOLOGIADA PESQUISA.....38

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....38

5.2 LOCAL DA PESQUISA.....39

5.3 O MÉTODO.....39

5.4 A PRIMEIRA FASE DA PESQUISA.....40

5.5 A SEGUNDA FASE DA PESQUISA.....41

CAPÍTULO 6 - ELABORAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO – POR QUE UM JOGO?.....43

6.1 DESENVOLVIMENTO DOS JOGOS PEDAGÓGICOS:.....45

6.2 DESCRIÇÃO DO JOGO PEDAGÓGICO: CONSTRUINDO O CONCEITO DE GENE ATRAVÉS DAS CARACTERÍSTICAS HUMANAS.....47
6.3 DESCRIÇÃO DO JOGO PEDAGÓGICO: CONSTRUINDO O CONCEITO DE GENE.....52
CAPÍTULO 7 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.....55
CAPÍTULO 8 - AVALIAÇÃO DOS JOGOS PEDAGÓGICOS.....95
8.1 AVALIAÇÃO DO JOGO PEDAGÓGICO: CONSTRUINDO O CONCEITO DE GENE ATRAVÉS DAS CARACTERÍSTICAS HUMANAS.....95
8.2 AVALIAÇÃO DO JOGO PEDAGÓGICO: CONSTRUINDO O CONCEITO DE GENE.....109
CAPÍTULO 9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....131

INTRODUÇÃO

De acordo com Paiva (2005) o avanço da genética e suas variadas implicações (melhoramento reprodutivo, produtos transgênicos, clonagem de animais e plantas, testes de paternidade, seqüenciamento genômico, entre outros) têm colocado esta temática em uma posição de destaque, especialmente no que se refere às questões éticas e sociais, causando assim mudanças na qualidade de vida e no comportamento das pessoas.

As novidades relacionadas aos avanços da genética e dos conhecimentos e técnicas da biologia molecular nessas três últimas décadas renderam títulos de obras importantes com expressões como: "Genoma: o código da Vida" (Edição Especial da *Scientific American*, 2006); "Século do Gene" (KELLER, 2000); "Século da Biotecnologia" (RIFKIN, 1999); "Civilização do Gene" (GROS, 1989). Massani (2001) relata que matérias relacionadas ao seqüenciamento genético ocuparam 77,9% dos artigos de ciência e da mídia no ano de 2000.

Apesar da participação da mídia para a divulgação da ciência, Richards (1996) relata que o conhecimento produzido pelos geneticistas e divulgado pela mídia, raramente é entendida pelo público, que continua explicando os fenômenos hereditários usando seus conhecimentos cotidianos.

Tendo em vista a importância da compreensão dos temas relacionados à Genética e a não compreensão do conceito de gene pelos estudantes do Ensino Básico, o objetivo da pesquisa foi construir jogos pedagógicos e investigar, através da fala dos alunos, se os materiais desenvolvidos propiciam ou não a compreensão do conceito de gene por parte do educando.

A pesquisa de campo foi feita no município de Dourados, numa escola pública, com 159 alunos que cursavam o terceiro ano do Ensino Básico, dos períodos matutino, vespertino e noturno.

O referencial teórico adotado foi a Epistemologia do filósofo Gaston Bachelard, uma vez que identificamos nas aulas de genética, abordagens de natureza simplista relacionadas ao fenômeno da transmissão das características. Estas visões simplistas se constituem como verdadeiros obstáculos epistemológicos ao ensino de ciências. Desta forma, nos propusemos neste trabalho, elaborar metodologias alternativas de ensino, que fosse capaz de oferecer ao aluno subsídios para superação de seus obstáculos, uma vez, que acreditamos que aprender é superar obstáculos.

Com o intuito de contribuir com o ensino-aprendizagem da genética, elaboramos como metodologias alternativas, dois jogos de genética. O objetivo dos jogos pedagógicos é criar possibilidades de interpretação dos fenômenos, onde o aluno possa refletir sobre seus conceitos não científicos, construções não científicas, fruto da experiência primeira e do conhecimento imediato a fim de desestruturá-los, dando oportunidades para a construção de um novo conhecimento, o conceito de gene.

Este relatório de qualificação está organizado da seguinte forma: o capítulo 1 traz uma abordagem sobre o referencial teórico no qual a pesquisa se baseou tanto para construir os jogos didáticos como para interpretar os resultados. Neste capítulo abordamos os conceitos bachelardianos de obstáculo epistemológico, psicanálise do conhecimento, ruptura, espírito científico e ciência como uma construção complexa.

No capítulo 2, apresentamos pesquisas que abordam as dificuldades, não somente dos alunos, mas dos cidadãos em geral, em compreender os conceitos relacionados à genética. E a necessidade de se elaborarem metodologias alternativas que proporcionem uma educação científica através da qual os indivíduos da sociedade possam exercer, com clareza, sua cidadania.

Já no capítulo 3 temos como objetivo fazer uma reflexão sobre a importância da compreensão dos conceitos relacionados à disciplina de genética, visando uma formação voltada para uma nova percepção e responsabilidade ambiental.

No capítulo 4 abordamos a história e a evolução do conceito de gene ao longo da história da biologia.

No capitulo 5, discorremos sobre a metodologia da pesquisa usada neste trabalho.

No capítulo 6, apresentamos as razões que nos levaram a desenvolver jogos didáticos, além das características e objetivos de cada um dos jogos desenvolvidos.

Uma vez que os jogos foram construídos, o próximo passo foi levá-los a campo, ou seja, para a sala de aula.

No capítulo 7, analisamos se através dos jogos pedagógicos o aluno superou seus obstáculos epistemológicos em relação à hereditariedade.

No capítulo 8, avaliamos os jogos pedagógicos do ponto de vista dos alunos.

No capítulo 9, fazemos algumas considerações finais sobre o trabalho desenvolvido.

CAPÍTULO 1
GASTON BACHELARD

O filósofo e epistemólogo Gaston Bachelard nasceu dia 27 de junho de 1884, em Bar-sur-Aube, uma pequena cidade da França. Em 1927 escreve a obra intitulada "O Novo Espírito Científico"; nesta publicação discorre sobre as rupturas intrínsecas à História da Ciência, descontinuidades existentes entre dois paradigmas.

Em 1930, Bachelard é convidado para lecionar Filosofia das Ciências na Universidade de Dijon e, 10 anos mais tarde, é convidado para ocupar o cargo de Professor na Universidade de Sorbonne (Paris). Nesta renomada universidade, permaneceria até sua morte, em 16 de outubro de 1962.

Foi um epistemólogo e um fenomenólogo, dono de uma extensa obra de caráter dual, tendo trabalhos no campo da ciência e da epistemologia[1] – o Bachelard diurno – e no campo da poética[2] – o Bachelard noturno.

Bachelard, que se considerava professor acima de tudo, apresenta em sua obra textos voltados para a questão educacional, reflexão pontuada em análises filosóficas com interpretações a respeito do conhecimento científico na escola. No livro "A Formação do Espírito Científico" publicado em 1938, Bachelard expõe a necessidade dos professores de conhecerem as concepções prévias dos alunos (seus conhecimentos anteriores ao processo de ensino); a esta problemática o autor atribui o nome de obstáculo pedagógico – um obstáculo que impede o professor de entender por que o aluno não compreende (LOPES, 1996).

Como bom professor, Gaston Bachelard transitou entre o conhecimento científico e o conhecimento pedagógico, alertando sobre os impasses provocados pela incompreensão docente com relação aos variados conhecimentos ingênuos (obstáculos epistemológicos) dos estudantes criados no decorrer da vida.

Os Obstáculos Epistemológicos expõem o processo de construção do conhecimento científico na História, podendo explicar alguns aspectos do processo de ensino e aprendizagem, uma vez que tais obstáculos podem estar na origem das dificuldades que estudantes apresentam na apropriação de conhecimentos científicos.

É como educador que Bachelard ressalta a necessidade dos professores conhecerem as concepções prévias dos estudantes, isto é, seus conhecimentos anteriores ao processo de

[1] O racional, que analisa a evolução científica e a contextualiza em seus livros, publicados entre 1928 e 1953.
[2] A imaginação poética, que cria a arte e a literatura, análise feita nos livros publicados entre 1942 e 1961.

ensino, para que desta forma o professor possa elaborar de forma eficaz metodologias de ensino que possibilitem ao aluno abandonar o conhecimento anterior, questionar as explicações que não o satisfazem, que não acomodam seu Espírito Científico.

Nas aulas de Biologia, a existência de Obstáculos Epistemológicos é demasiadamente visível quando são abordados temas relacionados ao surgimento do universo, a origem dos seres vivos e a Teoria da Evolução. Isso ocorre devido as crenças religiosas ou místicas, que os estudantes trazem para a sala de aula a fim de explicar os fenômenos biológicos, físicos ou químicos.

1.1 OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO

Obstáculos Epistemológicos podem ser definidos como valores e hábitos que "dificultam a abstração e obstaculizam o caminho em direção ao conhecimento objetivo" (MARTINS, 2006, p. 6)[3]

Para Bachelard, os indivíduos passam por experiências que explicam pressuposições futuras, valores subjetivos que intercedem um novo conhecimento. Para Martins (2006), esses obstáculos, devido ao potencial afetivo que carregam, estorvam a objetivação.

Em Bachelard (1996), no estudo da evolução científica, encontramos bom número de exemplos de Obstáculos Epistemológicos que pode ser usado na prática da educação. Cria-se então a noção de Obstáculo Pedagógico, em cuja apreciação ele afirma de forma contundente:

> Na educação, a noção de obstáculo pedagógico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. (…) O educador não tem o senso do fracasso (...) porque se acha um mestre. Quem ensina manda. (BACHELARD, 1996, p. 23-24)

Nessa perspectiva, para Bachelard, hábitos intelectuais bloqueiam novos conhecimentos, acomodam-se e se constituem como obstáculos (LOPES, 1993).

O primeiro obstáculo, de acordo com Bachelard, é a primeira impressão do objeto. A primeira impressão é definida como carregada de afetividade, e vem de sensações e

[3] MARTINS, André Ferrer P. Algumas contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard à pesquisa em Ensino de Ciências. In: **X EPEF**, Londrina-PR, 15 a 19 de Agosto de 2006.

observações seduzidas pelo objeto. São criadas então certificações subjetivas ao lidar ou falar com o objeto contemplado. No percurso da elaboração do conceito científico de determinado objeto, mais recusas do que conquistas são encontradas:

> Não haveria melhor maneira de determinar a dimensão psicológica de um conceito particular do que descrever a conceptualização ao longo da qual ele se formou. Ora, essa conceptualização é mais a história de nossas recusas que de nossas adesões. Um conceito nítido deve trazer a marca de tudo o que recusamos incorporar a ele. (BACHELARD, 1994, p. 23)

Outro obstáculo, comumente encontrado na sala de aula, é o Obstáculo da Generalização – este por sua vez, causa grandes prejuízos à compreensão da realidade científica, em se tratando de escola e aquisição de conhecimento. Os estudantes generalizam conceitos e conclusões obtidas a respeito de uma realidade ou de um fenômeno, e automaticamente buscam enquadrar outras realidades, oriundas da primeira atividade intelectual. Embora a ciência trabalhe com generalizações, é de se ressaltar que existe um cuidado para que os detalhes e o fenômeno de um evento em particular não passem despercebidos. Nessa acepção, Costa (2000)[4] afirma: "a base empírica do conhecimento pré-científico faz com que repetidas experiências mal interpretadas levem a conclusões gerais. Tudo é compreendido, tudo é explicado, assim como tudo é generalizado" (p. 89).

O Obstáculo Substancialista é também apontado por Bachelard; este obstáculo está no ato da atribuição de qualidades intrínsecas e ocultas às substâncias. É um obstáculo substancialista, por exemplo, quando um adolescente atribui aos espermatozóides, caricaturas, como a célula mais forte, ou um soldado que enfrenta uma guerra para a fertilização do ovócito.

Outro exemplo de obstáculo substancialista pode ser encontrado ao estudar a Química do século XVIII, na qual se tentava encontrar, além das qualidades externas às substâncias, também as internas, como as propriedades ocultas do ouro para descobrir seu poder e sua virtude.

Há também o obstáculo animista, que é de certa forma, a atribuição de características biológicas a objetos inanimados. "Em certo estágio do pensamento científico, são os fenômenos biológicos que servem de meio de explicação para os fenômenos físicos"

[4] COSTA, Regina Calderipe. **Construção do Conhecimento Científico segundo algumas contribuições da epistemologia de Bachelard**. p. 69-102. In: MORAES, Roque (Org.). Construtivismo e Ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000. 230 p.

(BACHELARD, 1996, p. 200-201). Bachelard nos oferece muitos exemplos de obstáculos animistas presentes na História das Ciências. Citemos dois.

Euler, sob a interpretação de que um ímã fosse composto de inúmeros prismas ocos através do qual se passava magnetismo, faz uma comparação interessante entre esses prismas e as veias e vasos linfáticos do corpo de animais. Analogamente, pareciam, a ele, ter as mesmas funções.

O fenômeno biológico tomado como medida é outro exemplo dado por Bachelard: a regularidade das pulsações como cronômetro para ser usado em experimentos.

Por último, ainda em se tratando de obstáculo animista, Martins (2006, p. 7) o define da seguinte forma: "O "obstáculo animista" representa a marca e o valor que a "intuição da vida" tem na explicação dos mais variados fenômenos, encontrando-se melhor refletido na tendência para atribuição de sentimentos e intenções a objetos inertes"[5].

Outro obstáculo, que engessa a formação do Espírito Científico, é o Obstáculo da Certeza, a crença de que existe uma verdade absoluta e que esta é incontestável e definitiva. Para efeito de exemplificação, expomos uma história particular em contexto vivenciado por nós: certa vez, uma colega de trabalho, lecionando a disciplina de sociologia, teve um conflito com uma turma de terceiro ano do Ensino Médio. Durante a exposição sobre os direitos dos índios e a demarcação das terras, a turma reagiu, barbáries foram ditas; a professora retirando-se da sala de aula foi convicta ao afirmar que as frases de protesto foram manifestações de certezas pronunciadas por jovens estudantes. São certezas arraigadas, sem abertura para discussão.

O Obstáculo da Certeza se caracteriza como obstáculo por impedir que novos conhecimentos sobre determinado objeto de estudo ou fenômeno ocorram; se um novo saber questionar o anterior, acaba prevalecendo o anterior. A certeza cristaliza o saber. É necessário que duvidemos do que sabemos para buscarmos mais conhecimentos, para que o primeiro conhecimento, que foi tão esclarecedor em determinado momento, não se torne um obstáculo ao ato de conhecer. Como muito bem expressou o filósofo: "(...) diante do real, aquilo que cremos saber com certeza ofusca o que devemos saber" (BACHELARD, 1996, p. 18).

A confiança na visão de mundo subjetiva faz com que os sujeitos (alunos) reajam em defesa de qualquer desequilíbrio dessa convicção primeira. As certezas a serem defendidas permitem o surgimento de outro obstáculo ao conhecimento, os de *juízos de autoridade*. Eles paralisam o avanço da ciência, porque muitas vezes uma nova descoberta não é aceita por

[5] Ele exemplifica com a seguinte frase: "o fogo 'gosta de ar'" (ibid, p. 6).

violar a lei ou a doutrina defendida por determinado cientista. No entanto esse novo saber muitas vezes, apesar de coerente, é ignorado por quem acredita que detém o saber. Bachelard (2001) afirma que os professores, em sua maioria, não conduzem os alunos para o conhecimento do objeto e, além disso, emitem mais juízos de valor do que ensinam. Ao ser colocado diante de um novo conhecimento, que contraria concepções pessoais, é natural a rejeição a este novo saber. As razões para rejeição do novo conhecimento em detrimento do antigo, podem ser nutridas por percepções que temos de mundo, por acharmos que dominamos intelectualmente determinadas situações e, sendo assim, nos bloqueamos, não nos permitindo uma flexibilidade para ir além de um saber já cristalizado. Muitas destas resistências para mudança de pensamento, aceitação de uma teoria científica, ou mesmo para troca de uma teoria por outra, podem se tornar impraticáveis.

Por fim, Obstáculo Verbal corresponde a uma falsa explicação advinda de uma palavra, de maneira que uma única palavra, ou mesmo uma única imagem, venha representar toda a explicação. Os obstáculos verbais são considerados como hábitos de natureza verbal que dificultam, entravam o desenvolvimento do conhecimento científico, e são caracterizados por ações lingüísticas que, associadas a uma palavra abstrata, pensam ter permitido o avanço das idéias. Uma única palavra contém toda a explicação. Como nos ensina Bachelard:

> O obstáculo verbal é a falsa explicação obtida com a ajuda de uma palavra explicativa, nessa estranha inversão que pretende desenvolver o pensamento ao analisar um conceito, em vez de inserir um conceito particular numa síntese racional. (BACHELARD, 1996, p.27)

Veremos, a seguir, que os obstáculos epistemológicos por se constituírem em resistências à mudança de perspectivas e, portanto, de novos conceitos, noções, enfim, paradigmas, precisam, na ótica bachelardiana, ser desestruturados, criando assim, possibilidades para construção de saberes mais adaptados à realidade contemporânea.

1.2 PSICANÁLISE DO CONHECIMENTO

> O passado intelectual, como o passado afetivo, deve ser reconhecido como tal, como passado. (BACHELARD, 1996, p. 308)

Psicanálise do conhecimento "trata-se, com efeito, de encontrar a ação dos valores inconscientes na própria base do conhecimento empírico e científico" (BACHELARD, 1994, p. 15). Pode ser definida como uma busca de concepções sobre algum objeto de estudo no inconsciente do espírito pessoal. Neste sentido, Bachelard afirma:

> Deste modo, estaremos autorizados a falar de um *inconsciente do espírito científico*, do caráter heterogêneo de certas evidências, e veremos convergir, sobre o estudo de um fenômeno particular, convicções formadas nos mais variados domínios (BACHELARD, 1994, p. 15)[6].

Entretanto, não se trata de fazer uma análise tal como entendida pela psicanálise freudiana ou por suas vertentes, e sim de levantar uma história de vida da humanidade, da evolução intrínseca dos paradigmas e das subjetividades inerentes ao progresso científico. Trata-se do estudo de uma história que se reproduz indefinidamente na mente dos indivíduos, em forma de resistência à mudança. Para Bachelard, as visões do passado são sempre reproduzidas, apesar do avanço científico e das novas noções hoje veiculadas. Trata-se, então, de uma análise pormenorizada da história da evolução dos conceitos e de sua existência latente no psiquismo humano. Prestemos atenção na seguinte afirmação: "Para nós, que nos limitamos a psicanalisar uma camada psíquica menos profunda, mas intelectualizada, cumpre substituir o estudo dos sonhos pelo estudo do devaneio (...)" (BACHELARD, 1994, p. 22).

O estudo do devaneio torna-se significativo na medida em que propõe levantar todo um conjunto de afetividades construídas que se tornam arraigadas no sujeito. Neste sentido, é oportuna a seguinte transcrição: "Ora, parece que muitos valores não fazem senão perpetuar o privilégio de certas experiências objetivas, de sorte que há uma mistura inextricável dos fatos e dos valores. É essa mistura que uma psicanálise do conhecimento objetivo deve separar" (BACHELARD, 1994, p. 155).

A psicanálise do conhecimento objetiva, assim, a conscientização de noções obscuras não conhecidas pelos indivíduos, a fim de que se tornem vulneráveis à mudança. Portanto, idéias, noções e toda uma gama de conceitos pessoais, para Bachelard, precisam ser psicanalisadas, pois, caso contrário: "Quando nos voltamos para nós mesmos, desviamo-nos da verdade. Quando fazemos experiências *íntimas*, contradizemos fatalmente a experiência objetiva" (BACHELARD, 1994, p. 7).

[6] Psicanálise do Fogo. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

A psicanálise do conhecimento permite ao homem descobrir suas próprias escolhas com relação aos objetos do mundo. Permite-lhe refletir e instaurar conflitos e, quem sabe, novas escolhas. A mudança, porém, não acontece de forma integral. Segundo Bachelard, há interferência da primeira experiência: "Mesmo no homem lúcido, há zonas obscuras, cavernas onde ainda vivem sombras. Mesmo no novo homem, permanecem vestígios do homem velho" (BACHELARD, 1996, p. 10).

Somente para efeito de ratificação com relação ao abandono parcial (e não total) de todo um conjunto de percepções de mundo, citemos Bachelard mais uma vez:

> "(...) as condições antigas do devaneio não são eliminadas pela formação científica contemporânea. O próprio cientista, quando abandona seu trabalho, retorna às valorizações primitivas. (...) dedicaremos uma parte de nossos esforços a mostrar que o devaneio não cessa de retomar os temas primitivos, não cessa de trabalhar como uma alma primitiva, a despeito do pensamento elaborado, contra a própria instrução das experiências científicas" (BACHEARD, 1994, p. 5-6)

Apesar da possibilidade de mudanças apenas parciais nas visões de mundo e, especificamente, mudanças parciais com relação à compreensão de objetos de estudo, para Bachelard, é necessário que sejam feitas; é preciso que haja mesmo uma "cura"[7] conceitual que a evidência primeira proporcionou. E essa cura só é possível através de uma ruptura entre o que o sujeito conhece e aquilo que ele deverá conhecer.

1.3 RUPTURAS ENTRE O SENSO COMUM (ESPÍRITO NÃO CIENTÍFICO) E O ESPÍRITO CIENTÍFICO

> Não basta ao homem ter razão, ele precisa ter razão contra alguém. (BACHELARD, 1996, p. 300)

O Espírito Científico é todo um conjunto de leis e noções que são incorporadas pelos indivíduos. Pode ser definido como "um conjunto de erros retificados" (BACHELARD, 1996, p. 293). O Espírito muda conforme mudam as significações de mundo. Como nos ensina Bachelard, ao dizer não às "primeiras impressões", damos o primeiro passo para aceitar o novo. (ibid)

[7] A cura ao qual Bachelard se refere consiste em "substituir o recalque inconsciente por um recalque consciente" (BACHELARD, 1994, p. 146).

Assim, para interpretar um fenômeno, o Espírito Científico se apresenta com todo o seu arsenal de leis e intuições. Como explica Bachelard:

> Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado.
> (…)
>
> O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza. Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse *sentido do problema* que caracteriza o verdadeiro espírito científico. (BACHELARD, 1996, p. 18)

Como assevera Costa (2000):

> Todo conhecimento científico precisa destruir a opinião. Mesmo quando a ciência concorda com um conhecimento empírico, suas razões são outras, isto é, o conhecimento científico se processa, destruindo conhecimentos mal estabelecidos pelo cotidiano, superando vários obstáculos. A evolução do pensamento científico se processa contra *obstáculos epistemológicos*, ou seja, lentidões e conflitos inerentes ao próprio ato de conhecer (p. 86).

Se há mudança no Espírito Científico significa que os olhares sobre o objeto adquirem outras convicções, mudando perspectivas, afinal, a intimidade (subjetividade) dos conceitos inerentes ao antigo espírito, é questionada e, com o tempo, muda seu perfil enquanto noção carregada de afetividade.

É dessa forma que ele sugere, em "A Filosofia do Não" (1978b), perfis epistemológicos como exemplificações de noções adquiridas pela vivência em diferentes contextos e situações intelectuais, cotidianas e de trabalho. Partindo de suas próprias reflexões com relação aos conceitos de massa e de energia, através de um gráfico de barras, Bachelard mostra em que escolas filosóficas estão enraizadas suas crenças pessoais e dá a elas, explicações convincentes.

O Perfil Epistemológico pode ser definido como esse espectro de possibilidades de se pensar um conceito[8]. No gráfico de barras de Bachelard, em se tratando do conceito de massa, a noção (escola filosófica) mais significativa está ligada à definição proposta pela Física Newtoniana, portanto, através de sua formalização matemática. A causa desse racionalismo no psiquismo bachelardiano vem de seus anos de trabalho como docente de Física na

[8] Contudo, "nem todas as noções estão no mesmo estádio das suas transformações metafísicas" (BACHELARD, 1978b, p. 9).

Educação Básica, na qual tinha que ensinar a Física Clássica (newtoniana). Sua noção de massa, logo a seguir, é representada pelo peso (massa como algo que pesa). A explicação para essa forma de concebê-la não requer detalhes; foram alguns anos de trabalho nos correios pesando cartas que certamente o levou a essa concepção.

Outras possibilidades, menores em intensidade, aparecem no Perfil Epistemológico de Bachelard com relação ao conceito de massa e cada um deles representa uma escola filosófica que pertence à essa evolução conceitual particular. Elas são testemunhas de que houve, na história da ciência, contínua transformação dos paradigmas que levou à mudança das mais diversas visões científicas. Portanto, a maior parte delas, na ótica bachelardiana, está ultrapassada e, por essa ração, se constitui como obstáculo epistemológico (e pedagógico) à compreensão da ciência vigente. Portanto, precisa ser destruída.

Para Bachelard, não é possível haver continuidade entre a visão cotidiana e a visão científica, entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, ele afirma que as ciências mais avançadas são "domínios de pensamento que rompem nitidamente com o conhecimento vulgar" (BACHELARD, 1971, p. 18).

Bachelard afirma que o espírito, anterior ao científico contemporâneo, carrega afetos e não pode ser ponto de partida para um novo conhecimento porque tal como a ciência, ele é feito de reconstruções, em uma evolução descontínua. Nesse contexto, reproduzimos o próprio autor:

> O espírito tem uma estrutura variável, a partir do momento em que o conhecimento tem uma história. Com efeito, a história humana, nas suas paixões, nos seus preconceitos, em tudo o que depende das impulsões imediatas, pode bem ser um eterno recomeço; mas há pensamentos que não recomeçam: são os pensamentos que foram retificados, alargados, completados. (BACHELARD, 1971, p. 125)

Há, portanto, rupturas, necessariamente presentes no progresso científico, fazendo com que a experiência imediata seja vencida pela criação científica sistematicamente organizada. Entretanto, o espírito não científico é carregado de subjetividade que dificulta qualquer mudança que leve à sua desestruturação. Como afirma Bachelard:

> Ele [o sábio] não se apercebe de que as trevas do espírito têm uma estrutura e que, nessas condições, toda a experiência objetiva correta deve sempre determinar a correção de um erro subjetivo. Mas não é muito fácil destruir os erros um a um. Eles estão coordenados. (ibid, p. 126-127)

Em "A Filosofia do Não", ele escreve palavras parecidas com essas:

> Para o cientista, o conhecimento sai da ignorância tal como a luz sai das trevas. O cientista não vê que a ignorância é um tecido de erros positivos, tenazes, solidários. Não vê que as trevas espirituais têm uma estrutura e que, nestas condições, toda experiência objetiva correta deve implicar sempre a correção de um erro subjetivo. (BACHELARD, 1978b, p. 6)

E completa: "O espírito científico só se pode construir destruindo o espírito não científico" (ibid, p. 6).

E, portanto, lemos em Bachelard (1971, p. 17) que "não podemos ter *a priori* nenhuma confiança na informação que o dado imediato pretende fornecer-nos". Afinal, ele sustenta que "o conhecimento científico é sempre a reforma de uma ilusão" (ibid, p. 17).

Para Boavida e Amado (2008, p. 125)[9] 'a educação deve dedicar-se (...) ao estudo da origem dos erros, ilusões e cegueiras' (...), que podem ser obstáculo à construção do conhecimento científico, e de outras formas de conhecimento, ou de interpretação de fatos, alertando e dando as pistas necessárias para a superação desses erros e cegueiras".

No contexto da necessidade de uma psicanálise do conhecimento para rupturas futuras, no capítulo XII de "A Formação do Espírito Científico", Bachelard sugere um postulado:

> A nosso ver, é preciso aceitar, para a epistemologia, o seguinte postulado: o objeto não pode ser designado como um "objetivo" imediato; em outros termos, a marcha para o objeto não é inicialmente objetiva. É preciso, pois, aceitar uma verdadeira ruptura entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico. (BACHELARD, 1996, p. 293-294)

A ruptura entre hábitos e representações, de um lado, e a ciência de outro, define as condições em que devem ser formadas as noções e teses científicas, o espírito científico; os hábitos e representações são, pois, obstáculos epistemológicos à compreensão e aceitação da ciência. (OLIVEIRA, 2004)[10].

Essa noção vem de um estudo profundo feito na década de 1930 por Bachelard. Eis o que Raquel Leite, em tese de doutorado, nos diz a esse respeito:

> Recorrendo à História da Ciência, [Bachelard] argumentou que o conhecimento não era produzido somente por acumulação ou pelo aprimoramento, mas que ocorriam saltos durante o processo. Segundo Bachelard, para se produzir novo conhecimento

[9] BOAVIDA, João; AMADO, João. **Ciências da Educação: epistemologia, identidades e perspectivas**. 2ª ed. Coimbra, Portugal: Ed. Universidade de Coimbra, set 2008.
[10] OLIVEIRA, Antonio Marmo. **Um duplo aspecto da noção de obstáculo epistemológico na Educação Matemática**. In: ALVES, C. P. & SASS, O (Orgs.). Formação de Professores e Campos do Conhecimento. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2004).

> era necessário que se rompesse com a velha forma de pensar, com o velho conhecimento. O processo de construção do conhecimento científico era descontínuo e se dava mediante o que Bachelard chamou de rupturas epistemológicas. Para ele, a descontinuidade ocorre tanto entre o conhecimento comum (senso comum) e o conhecimento científico como também entre as fases de desenvolvimento do conhecimento científico. (LEITE, 2004, p. 61)

Assim, ao "afirmar que, em Bachelard, educação deve ser compreendida como formação não é o bastante. Torna-se necessário mostrar qual o sentido que o termo 'formação' adquire na obra bachelardiana. E, para Bachelard, formação deve ser compreendida fundamentalmente como reforma do sujeito" (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 56)[11]. Assim, em resumo, "Bachelard defende a tese de que só há formação quando há retificação do saber anterior, quando há negação das intuições primeiras, ou seja, quando há desconstrução e reforma do sujeito" (ibid, p. 56). Afinal, como ele sustenta: "A verdade é filha da discussão e não da simpatia" (BACHELARD, 1991, p. 125).

A reforma do sujeito tem sentido na medida em que, após a psicanálise do conhecimento objetivo, um erro é reconhecido e, caso seja substituído, permanece ainda como um objeto retificado:

> Antes da psicanálise do conhecimento objetivo, um erro científico está implicado numa visão filosófica (...). Após a psicanálise do conhecimento objetivo, o erro é reconhecido enquanto tal, mas permanece como um objeto de polêmica feliz. Que alegria profunda há nas confissões de erros *objetivos*! Confessar que nos enganamos é prestar uma homenagem mais notória à perspicácia de nosso espírito. É reviver nossa cultura (...). (BACHELARD, 1994, p. 146)

Contudo, Bachelard alerta para as características desse "objeto de polêmica feliz", no início da mesma obra, quando afirma que o mesmo se constitui como um passado de ignorância, de um devaneio impotente e, portanto, deve-se "curar o espírito de suas felicidades, arrancá-lo do narcisismo que a evidência primeira proporciona, dar-lhe outras seguranças que não a posse, outras forças de convicção que não o calor e o entusiasmo (...)" (BACHELARD, 1994, p. 6).

Nessa acepção bachelardiana, as primeiras certezas são danosas ao novo conhecimento (BACHELARD, 2006) e, portanto, precisam ser apagadas para que novas convicções, mais racionais possam substituir as primeiras. Quando o aniquilamento não é feito de forma satisfatória, a tendência à regressão é quase uma regra intransponível (YAMAZAKI & YAMAZAKI, no prelo). Bachelard (2006) diz mesmo que é preciso travar o conhecimento anterior, mais antigo, se ele tentar renascer.

[11] BARBOSA, Elyana & BULCÃO, Marly. **Bachelard: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação**. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 2004.

E nessa contradição que se estabelece com a ciência, deve-se privilegiar a razão: "o *imediato* deve ceder ao *construído*" (BACHELARD, 1978b, p. 87). E essa construção de objetos racionais só é possível, na epistemologia bachelardiana, através de uma série de retificações de concepções de mundo.

Em outras palavras, é preciso que aconteça uma ruptura com a cultura original para que haja possibilidade de aprendizagem e da incorporação científica. No Novo Espírito Científico, Bachelard alerta que a razão científica é um rompimento com o empirismo. Nesse sentido, Ciência não é uma mera reflexão ou racionalização de uma experiência (YAMAZAKI & YAMAZAKI, no prelo). Ciência é o que se tenta produzir na realidade, o que já foi produzido no pensamento (ROSE, 1996, p. 108).

Entretanto, Bachelard não se refere às concepções de mundo como fator prejudicial à evolução científica ou pedagógica. Ao contrário, ele as concebe como necessárias à construção de novos saberes, denominando-os mesmo de "erros positivos" (BACHELARD, 1971, p. 126) ou de "erros normais", "erros úteis" (BACHELARD, 1996, p. 298).

Nesse mesmo contexto, explica Costa (2000, p. 93): "O erro não é um mal. A objetividade implica uma série de erros *comuns* e *normais* a serem retificados".

Por sua vez, Martins observa:

> "(...) ao afirmar a inevitabilidade dos erros, vinculando-os ao próprio ato de conhecer, Bachelard dialetiza a noção de erro, que passa a ter um duplo aspecto: *negativo* enquanto reflexo de um obstáculo a superar; *positivo* na medida em que, "psicanalisado", torna-se quase que um pré-requisito à aquisição de novos conhecimentos (mais elaborados)". (MARTINS, 2006, p. 25)

Com o brilho de um escritor, a lucidez de um filósofo e a perspicácia de um bom professor, por fim, Bachelard declara:

> Juntos, vamos acabar com o orgulho das certezas gerais e com a cupidez das certezas particulares. Preparemo-nos mutuamente a esse ascetismo intelectual que extingue todas as intuições, que torna mais lentos os prelúdios, que não sucumbe aos pressentimentos intelectuais, E murmuremos, por nossa vez, dispostos para a vida intelectual: erro não és um mal." (BACHELARD, 1996, p. 298)

1.4 A CIÊNCIA COMO CONSTRUÇÃO COMPLEXA

> A pedagogia da razão deve (...) aproveitar todas as oportunidades de raciocinar. (BACHELARD, 1971, p. 126)

Para Bachelard, ao simplificar uma ciência, mesmo que para fins pedagógicos, não raro corre-se o risco de deturpá-la, pois se transmite uma ciência elementar sem a complexidade intrínseca construída ao longo de um árduo trabalho. Como muito bem adverte Costa (2000), "quanto mais se acredita na continuidade entre o senso comum e o conhecimento científico, mais esforços são feitos para conservar a tradição da *ciência elementar*, da *ciência fácil*" (p. 77). Parafraseando Lopes (1996), ela continua: "nos métodos de ensino elementar, procura-se demais a simplificação, transmitindo uma falsa imagem da ciência, sendo ela apresentada como apenas um refinamento de atividades do senso comum" (COSTA, 2000, p. 77).

Vale a pena mesmo reproduzir o que ela ainda afirma a esse respeito:

> Na perspectiva na proposta bachelardiana, devemos tentar sair do campo da elementaridade, diminuir o empirismo das experiências comuns e atingir uma ciência, na qual a memorização deve dar lugar à compreensão em perspectivas sintéticas e cada vez mais complexas. A dificuldade é um atrativo para se ter orgulho de possuir um conhecimento. Assim, a partir da ciência, instruímos a razão. (ibid, p. 77)

Nesse mesmo sentido, Bachelard afirma: "O homem se apega àquilo que foi conquistado com esforço" (BACHELARD, 1996, p. 11). Nessa obra, na página 309, ele afirma que "quanto mais difícil é uma obra, mais educativa será. (...) mais concentração espiritual ela exige".

Ou, ao contrário, para "tudo que é fácil de ensinar é inexato" (BACHELARD, 1978b, p. 14). Nesse sentido, métodos de ensino que procuram demais a simplificação, transmitem uma falsa imagem da ciência.

Assim, é através da constante racionalização, que Bachelard defende que "a própria essência da reflexão é compreender que não se tinha compreendido" (BACHELARD, 1971, p. 125). A experimentação, por si só, não leva à estrutura científica porque a interpretação é construção abstrata que não pode ser simplesmente reproduzida de forma descontextualizada. É nessa vertente que lemos Costa (2000), quando escreve que cientistas ou autores ainda acreditam que experiências levam diretamente à verdade.

Para Bachelard, depois de observar o fenômeno - real dado -, precisamos passar por profunda reflexão para construir o real científico. Dessa forma, é possível perceber que a ciência não é o que se vê no mundo cotidiano, apesar de ser uma aproximação da realidade dada.

Ratificando essa seqüência cognitiva para se conhecer a ciência, mais uma vez citamos Costa (2000): "ao observar um fenômeno, devemos procurar a razão com pensamentos corrigindo pensamentos, e a experiência corrigindo a observação" (p. 85).

No livro A Formação do Espírito Científico (1996), Bachelard mostra que as ciências mais modernas buscam atingir grande grau de abstração, suficiente para levar uma teoria, de sua *complexidade concreta* (anterior) para uma *complexidade abstrata*, inovadora e mais difícil.

Assim, para Bachelard, as análises dos fenômenos devem percorrer essa trajetória: da imagem para formas cada vez mais abstratas. A ciência tem a tendência de ser, portanto, de uma complexidade cada vez mais abstrata, que vai contra as primeiras observações, contra as primeiras certezas que adquirimos nos primeiros contatos com o objeto estudado. Uma noção simples é substituída por uma noção complexa (BACHELARD, 1978b). A epistemologia de Bachelard "considera um caminho que vai do mais primitivo, (...), ao pensamento mais sofisticado, o ultra-racionalismo, como uma espécie de evolução" (PINTO & ZANETIC, 1999).

A história da ciência nos mostra que não devemos simplificar o ensino de ciências, não devemos apresentá-la como conhecimento fácil (SOUZA & BASTOS, 2006). Como afirmam Gil Perez *et al*. (2001):

> Em alguns casos deparamo-nos com uma visão deformada de sinal oposto que encara a atividade científica como algo simples, próximo do senso comum, esquecendo que a construção científica parte, precisamente, do questionamento sistemático do óbvio (...) e contra o senso comum. (GIL PEREZ, MONTORO, ALÍS, CACHAPUZ & PRAIA, 2001, p. 133)

Para Bachelard, é preciso mostrar a complexidade científica, mostrando que as ciências são construções que tentam responder a certas problematizações. Ele diz em "O Novo Espírito Científico" que sem uma questão não pode haver conhecimento científico.

Também na obra "A Filosofia do Não", ele afirma que o conhecimento científico só pode haver depois de posta uma interrogação.

Mas essa forma de trabalhar o ensino de ciências raramente é contemplada. E, neste caso, Fernández *et al*. (2002)[12] chamam a atenção para um problema:

> (...) se transmitem conhecimentos já elaborados, sem mostrar quais foram os problemas que geraram sua construção, como foi sua evolução, as dificuldades etc., e muito menos as limitações do conhecimento científico atual ou as perspectivas abertas. Assim, se perde de vista que, como afirma Bachelard (...), "todo conhecimento é resposta a uma questão", a um problema, o que dificulta captar a racionalidade do processo científico.

Colocar as ciências como sistema de relações complexas leva a duas noções discutidas por Bachelard, chamadas de "real científico" e "real dado". O "real dado" ou real aparente "é o próprio fenômeno ou evento, sendo relacionado ao senso comum". E o "real científico pressupõe um nível de realismo mais sofisticado que rompe com o empirismo que caracteriza as principais impressões" (ibid, p. 84).

Assim, para se chegar ao real científico é preciso compreender a evolução conceitual dos objetos de estudo, percorrendo a história da ciência como procura de respostas a problematizações.

[12] Fernández, Gil, Carrascosa e Cachapuz (2002).

CAPÍTULO 2
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NA ESCOLA: O CONCEITO DE GENE

Atualmente existe uma série de artigos relacionados ao ensino de biologia e, especificamente, ao ensino de genética relacionada às dificuldades à aprendizagem do aluno.

Pesquisadores da área de ensino de ciências, articulam que a não compreensão da genética, da biologia molecular, da evolução, entre outros assuntos da biologia, apresenta uma estreita relação com: a falta de domínio de conteúdo pelo professor; ao *status* que a biologia atingiu como ciência, tornando-se abstrata e de difícil compreensão; a metodologias de ensino que privilegiam o ensino dos conceitos em suas diversas áreas do saber dentro do modelo de ensino transmissão e recepção dos conteúdos. Estes três fatores têm contribuído para a desarticulação e o conhecimento fragmentado da ciência biologia e mais especificamente ao ensino de genética.

A genética, como afirma Moore (1986), é uma das disciplinas mais importantes relacionadas à biologia, uma vez que é ela quem discute as características fundamentais dos seres vivos – sua capacidade de replicar a molécula de DNA. A replicação e todos os demais aspectos da vida são reflexos da estrutura e funcionamento do material genético – o ácido desoxirribonucléico. Desta forma, a genética é o campo de investigação que procura entender esse fenômeno de replicação da molécula de DNA e, sendo assim, deve ser considerada básica para toda a biologia.

Moore (1986), ao discutir a intervenção da genética em cada uma das disciplinas abordadas nas ciências biológicas, justifica que a genética é fundamental para a compreensão dos fenômenos biológicos, e entre seus exemplos estão: biologia evolutiva como campo que investiga a replicação da molécula de DNA ao longo do ciclo de vida de um organismo; a sistemática, que estuda a diversidade da vida que é uma conseqüência da replicação modulada pelo ambiente ao longo do tempo; a ecologia, que estuda as interações entre o ambiente e o indivíduo ou grupos de indivíduos, os quais são geneticamente programados; a morfologia e a fisiologia, que estuda as conseqüências estruturais e funcionais da atividade do material genético em todos os níveis de organização, desde a célula até o organismo. Ele finaliza dizendo que a genética, incluindo a sua manifestação em longo prazo – Biologia Evolutiva - é a disciplina integradora de todos os conceitos e informações biológicas.

Embora a molécula de DNA tenha sido descoberta em 1953, foi somente na década de 1970 que ocorreu a Grande Revolução da Biologia Molecular. Este grandioso evento

desencadeou avanços da biotecnologia e da compreensão dos processos moleculares das células.

As novidades relacionadas aos avanços da genética e dos conhecimentos e técnicas da biologia molecular, nessas três últimas décadas, renderam títulos de obras importantes com expressões como: “Genoma: o código da Vida” (Edição Especial da *Scientific American*, 2006); “Século do Gene” (KELLER, 2000); “Século da Biotecnologia” (RIFKIN, 1999); “Civilização do Gene” (GROS, 1989). Massani (2001) relata que matérias relacionadas ao seqüenciamento genético ocuparam 77,9% dos artigos de ciência e da mídia no ano de 2000.

Numa matéria da *Science* (julho de 2005, edição especial de seus 125 anos de existência) foram apontadas 125 perguntas fundamentais a serem respondidas pela ciência no futuro. Destas, 25 são consideradas as mais importantes e, ainda dentro destas últimas, podemos destacar 10 que estão relacionadas à temática hereditariedade-gene-genética (GOLDBACH, EL-HANI & MARTINS, 2005).

Sabemos que o recente avanço da genética nos trouxe variadas implicações, entre elas: seqüenciamento genômico, melhoramento reprodutivo, produtos transgênicos, clonagem de animais, testes de paternidade, e junto com todo este artefato científico, a preocupação de como tudo isso será utilizado na sociedade.

Este salto gigantesco que a ciência vem dando nestes últimos anos, foi que nos levou a refletir sobre o meio como a sociedade está interagindo com estas novidades e como este assunto está sendo abordado dentro das escolas.

Dentro das Instituições de Ensino e Pesquisa, investigações apontam que a compreensão da molécula de DNA e de fatores relacionados à hereditariedade, clonagem e transgênicos, não estão caminhando com a mesma velocidade com que caminha esta ciência.

Pedracini e Corazza-Nunes (2007) comentam que a importância da Educação Científica na sociedade contemporânea está se tornando cada vez mais evidente, e que a escola se destaca como referencial ímpar na apropriação de conhecimentos científicos, na formação crítica-reflexiva dos estudantes, diante dos desafios advindos dos avanços da ciência e da tecnologia. O autor nos lembra também que, além da velocidade, também o nível com que estão fazendo ciência, não é o mesmo quando comparado com o conteúdo envolvido no processo de ensino aprendizagem destes conceitos dentro das escolas.

Reforçando o parágrafo anterior, pesquisas também apontam que o ensino e a aprendizagem de genética nas escolas é um dos temas mais problemáticos dentro da biologia (THOMSON & STEWART, 2003; AVUSO & BANET, 2002; BAHAR *et al.*, 1999;

RODRIGUEZ, 1995). Uma das dificuldades que os alunos apresentam nas aulas de biologia é a própria compreensão dos conceitos de genética além da dificuldade em inter-relacionar os importantes conceitos básicos da área que permitem um entendimento consistente do fenômeno da herança. Por exemplo, é constatado que existe uma grande confusão conceitual sobre o que são genes, cromossomos, alelos e onde estão localizados (GOLDBACH, EL-HANI & MARTINS, 2005).

É importante que o estudante no processo de ensino de genética compreenda as relações entre gene, alelo, cromossomo, cromatina, célula e a totalidade do organismo, para que assim, ele passe a entender como a informação genética é transferida para seus descendentes e como a genética pode afetar o organismo como um todo. É importante que a escola, a sociedade se preocupe com a formação cultural científica do nosso aluno, uma vez que é um indivíduo incluso numa sociedade onde a tecnologia avança a cada dia.

Acredita-se que a sociedade moderna, onde não apenas as tecnologias genéticas, mas também outras tecnologias relacionadas à robótica, às engenharias, à medicina, entre outras, exigirá dos nossos estudantes, agora indivíduos ativos na sociedade, decisões com relação a aspectos políticos, econômicos e éticos referentes a elementos diretamente ligados ao cotidiano como: crescente exposição nas prateleiras dos supermercados de produtos geneticamente modificados; produtos farmacêuticos como a insulina e hormônio de crescimento produzido por bactérias geneticamente modificadas; criação de animais transgênicos; terapia somática com genes, experimentada no tratamento de desordens genéticas (fibrose cística, Huntington) (WOOD-POBINSON, LEWIS, LEACH & DRIVER, 1998).

ROBINSON-WOOD *et al.* (1998), abordam um número considerável de investigações e de publicações no campo da compreensão que os estudantes apresentam acerca da herança hereditária (aquisição de características de um indivíduo através da transferência do material genético a partir de dois progenitores), que é não só o estudo dos conteúdos hereditários, mas também dos mecanismos de transferência dessas características e a forma em que se expressam os genes. Pesquisas realizadas na Inglaterra e Gala com 723 estudantes apontam que 92% deles têm um entendimento muito escasso em relação ao conteúdo de genética; muitos acreditavam que a informação genética só era encontrada em animais, excluindo outros seres vivos, como árvores, bactérias e fungos; apenas 11% dos estudantes tinham alguma idéia do conteúdo presente numa informação genética. Nenhum estudante mostrou a relação do código genético com um produto genético, tal como uma proteína; muitos

estudantes fazem certa confusão entre gene e cromossomo, e alguns alunos ainda pareciam pensar que os termos eram sinônimos.

Apesar da grande importância atribuída pela mídia a esse assunto, há muitas informações superficiais dadas aos cidadãos que, para tomar decisões e, até mesmo para compreendê-las, dependem de uma base sólida de conhecimento que pode e deve ser oferecida pela escola (JUSTINA *et al.*, 2000 apud PAIVA & MARTINS, 2005).

Embora a genética trabalhe com temas e noções fascinantes para os educandos e educadores, estes argumentam que a dificuldade quanto à sua compreensão não é amenizada. Uma pesquisa realizada na UNICAMP revelou que, de 406 estudantes entrevistados, 88% se interessavam pelo tema; porém 73% o consideravam de difícil compreensão. Já de 38 professores entrevistados, 72% revelaram ter dúvidas sobre o conteúdo (TURCINELLI, OMETTO-NASCIMENTO, ARRUDA & LANNES, 2006).

Os dados publicados pela UNICAMP são preocupantes, pois do ponto de vista da biologia, os conceitos de gene e cromossomo são considerados estruturas-chave dessa ciência com um alto grau de abstração na qual se fundamenta a maioria dos seus conceitos; e quem deveria tomar frente, proporcionar construção de conhecimentos nos aprendizes, são seus professores.

Em relação a não compreensão de conceitos científicos por parte dos professores, Paulo Freire (1996), no livro "Pedagogia da Autonomia", afirma que os professores têm que pensar certo e, pensar certo é pensar criticamente, pois a função do professor numa escola é o de dar sentido às coisas do mundo ao aluno, é o profissional que orienta, que ajuda a ter liberdade intelectual e é o responsável também em desenvolver competências e habilidades neste aprendente para que assim consiga "andar com as suas próprias pernas", dando-lhe autonomia.

Desta forma, os professores devem estar à frente das discussões relacionadas aos avanços científicos e tecnológicos desta ciência (genética), afim de possibilitar ao aluno, não só o conhecimento dos conceitos de genética, mas a orientação quanto aos interesses sociais e econômicos que está por trás de cada aplicação deste conhecimento. O aluno deve saber analisar quais são os benefícios e malefícios que tais avanços científicos e tecnológicos podem acarretar a população. A biotecnologia, a biodiversidade, a evolução, a clonagem, a bioética, entre outras áreas do saber, são campos de estudo desta ciência cujos conceitos de genética são primordiais (GOLDBACH, EL-HANI & MARTINS, 2005).

A genética faz parte da vida do aluno de forma direta, porém, ela não é percebida pelo estudante. Ao não compreende conceitos relacionados à transmissão das características e como o DNA se relaciona com o meio ambiente, como o estudante ele será autônomo em seu conhecimento? De que forma se libertará de uma educação bancária e discriminatória?

O livro "Pedagogia da Autonomia", de Paulo Freire, aborda um dos pontos que estão relacionados a ***alguns saberes*** da prática educativa-crítica que deveria ser conteúdo obrigatório na organização programática referente à formação docente; um destes saberes indica que ensinar não é *transferir conhecimento*, mas criar as possibilidades para sua produção ou compreensão... ensinar inexiste sem apreender, e aprender é o elo entre construir e desenvolver a **curiosidade epistemológica.**

Pesquisas na área de Ensino de Ciências chamam-nos atenção quanto as dificuldades apresentadas pelos professores do Ensino Básico em compreenderem conceitos ligados a genética, é neste sentido que o filósofo Gaston Bachelard afirma que todo professor deve sempre voltar à escola, porque a educação não pára, ela é contínua, há avanços, novas descobertas e novos pontos de vista lógicos na aventura científica.

É importante que o professor do Ensino Básico possa ter a oportunidade de retornar a Universidade, porque o conhecimento é móvel. Acreditamos que estes retornos à Universidade, através de Cursos de Formação Continuada, permitam aos professores a possibilidade de corrigir seus erros. É, pois, através dos vários retornos à escola e aos livros que Bachelard vê retificação dos erros primeiros (BACHELARD, 1996).

CAPÍTULO 3
EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO CONCEITO DE GENE

> (...) Desde os tempos do homem primitivo, os homens tinham idéias sobre a hereditariedade, sobre as causas das semelhanças, e sobre a origem de novos tipos de organismos e de novas características. A maioria daquelas idéias era errônea, mas mesmo que tivéssemos de afirmar que nenhum dos conceitos e das crenças de Hipócrates ou de Aristóteles sobreviveu aos tempos modernos, nem por isso o historiador das idéias poderia deixar de estudá-las cuidadosamente. Antes de podermos entender as bases sobre as quais se desenvolveram as idéias novas, é preciso entender a maneira por que as idéias antigas foram modificadas, ou por que elas foram eliminadas. Mais do que isso, as idéias sobre a hereditariedade muitas vezes fizeram parte de ideologias mais universais, como animismo, o atomismo, o essencialismo, o criacionismo, o mecanicismo fisiológico, ou o holismo, e certas teorias genéticas não podem ser compreendidas, a menos que nos capacitemos dos seus fundamentos filosóficos. A genética mendeliana não se defrontou com um vazio, mas muito mais com teorias da hereditariedade já existentes, tais como a pangênese, a hereditariedade por miscigenação, ou as várias teorias de determinantes múltiplos. Nunca poderíamos ter ma compreensão plena da força intelectual da revolução mendeliana, a menos que se conheçam as teorias em vigor que ela removeu (MAYR, 1998, p.703).

A história da genética de acordo com Mayr (1998) divide-se em dois períodos, o primeiro surge no ano de 1900 e vai até meados de 1909, o segundo, ocorre a partir de 1910.

O período primeiro, muitas vezes designado Mendelianismo, preocupava-se com controvérsias evolucionárias, e com dúvidas relativas à validade universal da hereditariedade mendeliana. O período era dominado por Vries, Bateson, e Johannsen, chamados como os primeiros mendelianos. Bateson, em 1906, foi quem propôs o termo genética, termo adotado no segundo período a fim de ampliar o conceito científico focado no fenômeno da hereditariedade. Em 1901, outros termos foram criados, alelomorfos (abreviado mais tarde para alelos), heterozigoto e homozigoto. Bateson também fez descobertas sobre certos desvios dos quadrados de mendelianos simples como a poligenia e a ligação incompleta.

Embora Bateson tenha sido para Castle (1951) o verdadeiro fundador da ciência da genética e o principal mentor desta ciência do período de 1900 a 1910, deixou de ajudar na construção desta ciência quando passou a combater veementemente a teoria dos cromossomos em defesa da especiação instantânea.

O segundo período, que teve início em 1910, foi dominado pela escola de Morgan, que se ocupou de forma intensa com a natureza do gene e com seu arranjo nos cromossomos.

Antes de 1909, não havia um termo aceito, de modo geral, entre os pesquisadores, para designar o fator genético que subsistiria num determinado caráter visível. Spencer, Haeckel, Darwin, de Vries, Weismann, entre outros que especularam sobre a hereditariedade, chegaram

a postular a existência de certos corpúsculos com qualidades variadas, mas os nomes atribuídos não tiveram grande aceitação. Mendel reduziu a especulação a respeito do material genético, referindo-se somente a traços (Merkmale) e a caracteres (Charaktere), restrigindo-se essencialmente ao nível do fenótipo. Mendel utilizou as simbologias *A*, *aA* e *a*, para se referir a constituição do genótipo. A esta simbologia Mendel atribuiu o nome de "elementos", sentido esse, como descreve Mayr (1998), muito próximo do que hoje chamamos de gene.

Em relação aos termos genótipos e fenótipos, estes ainda não tinham se consolidado em 1900; para de Vries, não havia uma diferença real entre o material genético e o corpo (fenótipo), uma vez que ele postula a existência de uma base hereditária em separado para cada caráter herdado de modo independente. Da mesma forma que de Vries, Bateson passou a admitir a existência de uma relação 1/1 entre o fator genético (gene) e o caráter; a essa leitura Bateson chamou de caráter unitário, onde não importava se referir à base genética subjacente ou à sua expressão fenotípica.

Porém, com o avanço desenfreado da genética, logo se sentiu a necessidade de designar um termo técnico para se referir à base material de um caráter herdado de maneira independente. Foi o cientista dinamarquês Johannsen (1857-1927) que, observando a semelhança funcional dos fatores mendelianos com os pangenes, postulados por de Vries, propôs a versão abreviada de Pangene para tão somente Gene, como base material de um caráter hereditário. Porém, segundo Mayr (1998), Johannsen não procurou definir o termo gene, uma vez que censurava aqueles que apresentavam uma concepção do gene como uma estrutura material e morfologicamente caracterizada.

Johannsen relatava que descrever o conceito de gene como uma estrutura morfológica era muito perigoso para o avanço seguro da genética. No sentido de derrubar a concepção de gene como uma estrutura morfológica, Johannsen descreve que:

> O gene, deve ser usado como uma espécie de unidade de contas ou de cálculo (*Rechnungseinheit*). E de forma alguma temos o direito de definir o gene como uma estrutura morfológica, no sentido de gêmulas de Darwin, ou dos bióforos (de Weismann), ou determinante, ou outros conceitos morfológicos especulativos do tipo. Também não temos o direito de admitir que cada gene especial corresponde a um caráter unitário e particulado fenótipo, ou (como os morfologistas amam dizer) a um "traço" do organismo desenvolvido. (JOHANNSEN, 1909 *apud* MAYR, 1998)

Mas com o passar do tempo, a ciência foi demonstrando que o gene apresentava as características que tanto Johannsen rejeitou, o gene como uma estrutura morfológica. O gene como estrutura morfológica estava presente nos trabalhos de Morgan, passando por Muller, Watson e Crick.

Mas mesmo a comunidade científica adotando o gene como uma estrutura morfológica, o termo gene de Johannsen também foi aceito por preencher a necessidade de um termo técnico para designar a unidade da hereditariedade.

Contudo, a falta de uma definição sobre o que é gene, provocou uma significativa confusão conceitual de seus autores no que diz respeito ao termo gene. Abaixo registramos a confusão conceitual de gene pelos pesquisadores da época:

> (...) Por exemplo, ao se referirem ao gene para os olhos brancos da *Drosophila*, alguns autores entendiam por isso o alelo olho-branco, enquanto outros entendiam o *lócus* em que ocorreu a mutação olho-branco, e que é também o lócus de todos os alelos olho-branco. (MAYR, 1998)

Dentro desta perspectiva, podemos perceber quanto foi difícil a compreensão da natureza de gene e sua estrutura como uma unidade invisível e submicroscópica da hereditariedade.

Em meados do ano de 1950 descobriu-se que a parte da macromolécula que funciona como gene tem efetivamente a complexidade estrutural e a especificidade que Johanssen havia rejeitado.

Mayr (1998) em sua obra "**A Evolução do Pensamento Biológico**" se refere a quatro maneiras de se conceituar o gene, porém alega o quanto é difícil determinar exatamente o tipo de conceito de gene elaborado pelos vários geneticistas, no período de 1900 a 1950.

O primeiro conceito seria a idéia, a mais antiga, de que os genes em si mesmos eram as pedras do edifício do organismo. Neste sentido, Darwin foi o que mais se aproximou deste pensamento, através da teoria das gêmulas. Mas isso foi modificada por Vries em 1889, quando postulou que os pangenes passam do núcleo para o protoplasma das células, os quais constituem as pedras da construção dos tecidos e órgãos que compõem um organismo. Dentro deste pensamento, admitia-se que o gene consistia de proteínas.

Um segundo conceito de gene, foi desenvolvido e difundido em princípio por *Haberlandt* (1887) e Weismann (1892), como sendo uma enzima, ou que atuassem como enzimas, onde serviam de catalisadores dos processos químicos do corpo. Esse pensamento culminou com a descoberta de que as enzimas eram de fato proteínas.

O terceiro conceito a respeito de gene foi elaborado por Muller em 1974, três anos depois que Avery e seus companheiros demonstraram que o DNA era o agente transformador. Muller diz que a função química do ácido nucléico era a sua possível contribuição para as energias químicas das reações genéticas. Desta forma, o gene foi encarado como meio de

transferência de energia. Mas Muller também aborda que o gene podia produzir mais moléculas de composição semelhante a ele mesmo, ou parte dele mesmo, e que esses produtos gênicos podiam ser consumidos nas reações de que eles mesmos participavam.

O quarto conceito atribuído ao gene o definia como veículo de informação altamente específica. O conceito de gene como uma unidade de informação se consolidou como conceito-padrão moderno após ter sido descoberta a estrutura do DNA e o papel que ele desempenha na produção das proteínas (transcrição e tradução).

Porém, a natureza do gene, e o papel atribuído a ele, como sua função, tornou-se cada vez mais complexa indicando que não estaria isento de incertezas. A constatação de que genes são entidades relacionadas a fitas de DNA parece ser o requisito básico de qualquer conceito atual de gene. Os genes, de certo modo, só se tornaram reais fisicamente depois que Watson e Crick (1953) elucidaram a estrutura do DNA.

O gene é um objeto que tem sua existência ligada a fenômenos, ou seja, o gene não existe por si só, nem sua aparência, nem suas denominações, definições e conceitos; o conceito de gene é construído e modificado de acordo com os avanços científicos, o conceito de gene desta forma é transitório.

Reznik (1995, p. 64), descreve em relação ao conceito de gene, que há vários elementos que problematizam este conceito.

Diversos são os fatores que dificultam uma construção do conceito de gene. Uma delas permeia o fato de se reconhecer que a real atividade dos genes depende de elementos fora das chamadas ORF's - *Open Reading Frames* - (GRIFFITHS, 1999), ou seja, das seqüências promotoras e reguladoras. A partir deste momento, definições de gene ora incluem, ora excluem estas seqüências que são necessárias para a transcrição gênica.

Outra complicação para a definição do conceito de gene surgiu com a descoberta dos genes interrompidos (CHAMBON, 1981; JEFFREYS & FLAVEL, 1977a, 1977b). Estes favoreceram alguns dos principais argumentos em direção a uma nova conceitualização do gene molecular clássico (o gene como sendo uma fita de DNA, inicialmente não-interrompido, codificando uma simples cadeia polipeptídica). A "função" dos íntrons, seqüências de DNA não-codificantes, permanece até hoje no campo das especulações. O que de fato importa é a dificuldade crescente de se traduzir o conceito de gene, pois íntrons geram a possibilidade, além da simples divisão dos genes, de que uma mesma seqüência de DNA codifique mais de uma proteína. Segundo Griffiths (1999), o pesquisador Kenneth C. Waters

especula que o gene poderia ser identificado como a seqüência linear do produto gênico em algum estágio de expressão gênica.

Porém Epp (1997) descarta a necessidade de se considerar íntrons como pertencentes ao conceito de gene. Para o autor, uma boa definição de gene seria "a seqüência de nucleotídeos que armazena a informação a qual especifica a ordem de monômeros em um polipeptídeo funcional final ou molécula de RNA, ou conjunto de isoformas aparentadas" (EPP, 1997, p. 537). Segundo este mesmo autor, essa definição é simples e concisa, pois recusa os íntrons e as regiões reguladoras, porque os genes são sempre éxons. Novos genes poderiam ser criados pelo embaralhamento de éxons existentes em novas combinações.

Já para Reznik (1995), o gene deve ser reconhecido como "gene interacionista", que deve ser usado de acordo com o seu propósito.

Griffiths (1999) considera não ser mais possível aceitar a idéia metafórica de gene como responsável pela produção de um único produto gênico. Acredita, também, que aceitar o gene como uma seqüência de DNA linear só se torna possível ao se ignorar os processos subjacentes de expressão gênica. Desta forma, segundo ele, um conceito de gene deve reconhecer que uma seqüência de DNA corresponde a uma norma de reação. Desta forma, o conceito de gene deve ser vinculado a um processo molecular que levaria a uma expressão espacial e temporalmente regulada de um produto polipeptídico particular.

Newton (1987, p. 94) afirma que o gene seria uma "seqüência de DNA responsável pela síntese (não apenas codificação) de uma ou mais cadeias polipeptídicas, desde que não se atribuam a essa seqüência conotações rígidas restritas de complementação". Acentua que genes ditos interrompidos devem englobar, além de éxons, os seus íntrons. Coloca, ainda, que, como os genes sobrepostos produzem mais que uma cadeia polipeptídica, deve-se fazer a inversão no sentido de "uma cadeia polipeptídica – um gene".

Para Keller (2002), a primazia do gene como conceito explicativo central da estrutura e função biológica é uma característica mais próxima do século XX do que será para o XXI. As crescentes dificuldades enfrentadas pelo conceito de gene significam a superação do gene. A posição adotada aqui é a de que "o gene" tem uma "função", e que esta é mediada pelos processos de expressão gênica. Estes dois aspectos ("o que é gene" e "como a expressão gênica ocorre") estão interligados, mas um não é o outro, embora um só tenha sentido através do outro.

O gene, ou melhor, este fenômeno, para ser entendido em sua totalidade, deve ser percebido não meramente em termos de seqüências de DNA, ou seja, não deve ser entendido como uma entidade, mas como um processo molecular de desenvolvimento.

Compreendermos o gene como um processo molecular, dificulta uma definição de gene somente como seqüências definidas dentro do DNA ou baseada em grupos de complementação. Assim, logo após uma fase em que o gene parecia ganhar materialidade – a partir dos trabalhos de Watson & Crick –, ele parece agora voltar a uma fase similar àquela do seu nascimento – nos trabalhos de Mendel –, ou seja, parece estar sofrendo um processo de desmaterialização, no sentido de estar sendo cada vez mais relativizado diante destes complexos processos moleculares. Desta forma, o gene, só pode ser corretamente entendido como uma construção teórica e não mais como um objeto palpável.

Para compreender a realidade complexa e contraditória dos genes, é necessária uma visão mais ampla. Nestas situações, em que a lógica formal não consegue se sustentar parece melhor utilizarmos de uma lógica dialética. A lógica dialética fornece ferramentas para que se assuma com mais comodidade a complexidade dos eventos relacionados aos genes, pois dentro desta lógica compreende-se que os fenômenos estão em constante movimento e transformação. Esta lógica aceita a contradição e a totalidade como necessárias para entender o mundo. "A hierarquia das coisas é mais complexa do que a hierarquia dos homens" (BACHELARD, 1984, p. 38). Se o desejo é conhecer o fenômeno, acredita-se que o caminho mais indicado para seguir seja o dialético, "nada existe que possa ser conhecido; se pudesse ser conhecido, não poderia ser comunicado; se pudesse ser comunicado, não poderia ser compreendido".

> "(...) as noções em via de dialectização são delicadas, por vezes incertas. Correspondem aos germes mais frágeis: é no entanto nelas, é por elas, que progride o espírito humano.", *Gaston Bachelard,* A Filosofia do Não*: 1984, p. 48.*

CAPÍTULO 4
UMA NOVA PERCEPÇÃO AMBIENTAL ATRAVÉS DA COMPREENSÃO DO CONCEITO DE GENE

ALHO (2006), em seu livro "Ciência e Ética: Os grandes Desafios", comenta que a manipulação genética e celular caminha numa velocidade tão grande que não há formas nem tempo suficiente para que ocorra a alfabetização científica relacionada as novas descobertas da engenharia genética. A autora também acrescenta que não é somente a população que não consegue acompanhar a evolução desta nova tecnologia, que profissionais que estão atuando nestas áreas, também apresentam dificuldades, pois cada vez mais são bombardeados de informações e descobertas.

Esta falta de conhecimento por parte da população a respeito das tecnologias relacionadas ao avanço da genética pode comprometer o exercício da cidadania. Como a população poderá opinar sobre o consumo de alimentos transgênicos, se o mesmo desconhece conceitos científicos básicos relacionados a área da genética?

É dentro da perspectiva de uma boa formação científica da sociedade que enfatizamos o papel que a escola deve exercer na vida do cidadão, é de suma importância e é papel da escola, disponibilizar à sociedade condições essenciais para que esta possa compreender de forma consciente, temas relacionados ao avanço da genética, pois esta, por sua vez trás implicações no que se refere às questões éticas e sociais, causando mudanças na qualidade de vida e no comportamento das pessoas (MELLO, 2000 apud PAIVA & MARTINS, 2005).

Pessini e Barchifontaine (2005) em seu livro, "Problemas Atuais de Bioética", explanam sobre a preocupação oriunda de cientistas mais sensíveis, às questões sociais e humanas, com eventuais maus usos deste conhecimento, fruto dessa revolução científica.

Alho (2006) aponta que as conseqüências deste avanço genético acelerado e expandido é uma incerteza coletiva acompanhada de repercussões polêmicas que mesclam esperança e temor. Das situações mais conflituosas apontadas pela autora estão: 1. o seqüenciamento e uso dos dados do genoma humano; 2. a clonagem de mamíferos; 3. a regeneração tecidual pelo uso de células tronco; 4. o desenho e a terapia com drogas moleculares e 5. o uso de organismos geneticamente modificados e da transgenia para os alimentos e as indústrias.

É diante das situações conflituosas descritas por Alho (2006) que acreditamos que a população não pode mais ficar alienada diante dos acontecimentos que vem se desencadeando ao longo dos anos na genética.

É importante que a escola aborde sobre clonagem, seqüenciamento e uso do genoma humano, transgenia entre outros, de forma a compreender e motivar o estudante a buscar conhecimento sobre o assunto, buscando assim a formação de um cidadão crítico, para que, dentro da sociedade, este apresente conhecimentos científicos suficientes para que faça valer o respeito e o direito à vida em todas as formas existentes.

> Cotidianamente, a população, embora sujeita a toda sorte de propagandas e campanhas, e mesmo diante da variedade de informações e posicionamentos, sente-se pouco confiante para opinar sobre temas polêmicos e que podem interferir diretamente em suas condições de vida, como o uso de transgênicos, a clonagem, a reprodução assistida, entre outros assuntos. A lista de exemplos é interminável, e vai desde problemas domésticos até aqueles que atingem toda a população. (BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006, p. 17)[13]

É fundamental implementar ações que contribuam para que o educando compreenda os conceitos básicos relacionados à genética, pois somente este saber o capacitará para que faça uma leitura crítica de mundo. É importante que a escola forme alunos com noções científicas básicas para compreender e refletir sobre os últimos avanços biotecnológicos, criando condições para atribuir responsabilidades e perceber interesses no desenvolvimento desta técnica, além de avaliar sugestões daqueles profissionais que com esta técnologia trabalham.

Um dos temas possíveis de serem trabalhados na escola poderia ser sobre a produção e o consumo da soja transgênica, e os benefícios e conseqüências que estes grãos, cujo material genético foi modificado, poderão ocasionar no meio ambiente e em nosso organismo.

Questões éticas e sociais poderão ser discutidas uma vez que, quando a população começou a fazer uso comestível destes organismos geneticamente modificados, os consumidores desconheciam esta tecnologia. Diante deste desconhecimento, escrevemos que a sociedade não foi consultada se queria ou não consumir este tipo de produto. Será que estas atitudes não ferem os direitos de cidadão e consumidor?

Diante desses problemas produzidos pelo avanço da biologia molecular, temos nos preocupado com o desenvolvimento do conteúdo de genética na escola; é necessário que o aluno adquira noções da estrutura e funcionamento do material genético (DNA) e de sua interação com o meio ambiente, para que assim possa compreender os perigos produzidos por esta ciência em nosso ecossistema.

[13] BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Orientações curriculares para o ensino médio. V. 2, 135 p., 2006.

A fim de superarmos esta problemática e possibilitar a compreensão dos conceitos científicos relacionados ao ensino de genética, desenvolvemos materiais pedagógicos (jogos) com a intenção de fazer com que o estudante construa o conceito de gene e compreenda que o nosso organismo encontra-se em continua interação com o meio ambiente. O objetivo de levar o aluno a desenvolver estas noções é levá-lo a construir uma nova percepção ambiental.

Thomas Robert Malthus já falava da relação entre o crescimento da população e a produção dos alimentos: enquanto a população aumenta exponencialmente, os recursos naturais – alimentação - aumentam aritmeticamente. Logo então, a transgenia, preocupada em sanar este problema, desenvolveu Organismos Geneticamente Modificados, conhecidos por todos como (OGM).

É importante que o aluno compreenda o que é gene, para que ele possa entender que os organismos transgênicos são obtidos pela adição de um gene no material genético de uma outra espécie, diferente dos genes existentes em seu genoma original. Este novo gene passa a integrar o genoma do organismo onde ele foi inserido e esta modificação passa a ser transmitida aos descendentes do indivíduo. Essa técnica permite a manipulação do material genético do ser vivo e a transferência de genes entre espécies diferentes; desta forma, passaremos a ter um organismo mutado artificialmente, que poderá provocar a extinção de outras espécies ocasionando um desequilíbrio ambiental.

> O aluno deve compreender como as informações genéticas codificadas no DNA definem a estrutura e o funcionamento das células e determinam as características do DNA e saber que esse processo está sujeito a erros – mutações – que originam novas versões (alelos) do gene afetado e podem, ou não, ser causadores de problemas para os diferentes organismos. É preciso ressaltar que as mutações são a fonte primária da variabilidade e, portanto, permitiram a constituição da biodiversidade hoje existente. (ibid, p. 24)

Muitas reflexões a fim de encaminharmos os estudantes a uma reflexão mais profunda sobre a transgênia pode partir de discussões como: será que animais que sofrem transgenia, especificamente por questões antropocêntricas, não poderão no futuro pôr em risco a própria espécie, por apresentarem genes que não foram evolutivamente selecionados? Será que isto não poderá gerar um transtorno no que diz respeito a animais transgênicos, se estes escaparem e causarem danos a uma população selvagem pela introdução de genes estranhos via reprodução não-controlada? Se uma amostra desta escapar, causará que nível de impacto para a biodiversidade e manutenção do equilíbrio ecológico?

É comumente conhecido que esta técnica da transgênia nem sempre dá certo na primeira tentativa, e quando ocorre, causa desconforto e sofrimento animal. Além disso, os organismos modificados geneticamente podem apresentar doenças únicas e até desconhecidas, acarretando perigo aos animais além de proporcionar impacto ambiental e oportunizarem o surgimento de novas doenças na humanidade. Além do mais, outra preocupação que devemos ter é de onde e como este material modificado geneticamente é descartado.

Diante de todos estes problemas descritos, uma questão importante para nós professores e pesquisadores está relacionada à percepção que a população apresenta sobre ciência, tecnologia, transgênicos, evolução. As respostas a estes temas poderão direcionar metodologias em sala de aula, para que assim atividades de ensino se tornem mais eficientes visando uma nova postura ambiental da sociedade, trazendo também reflexões sobre as causas que contribuem para possíveis alterações do meio ambiente.

Tuan (1980), estudioso da percepção ambiental, afirma que embora nós, seres humanos, compartilhemos percepções comuns, um mundo comum, por possuirmos órgãos similares, duas pessoas não vêem a mesma realidade. Dentro deste pensamento, questionamos: Será que teremos um ecossistema semelhante ao de hoje, com todas as irregularidades acontecendo? Qual será a nossa percepção ambiental daqui a alguns anos?

Discutimos até o presente momento algumas das nossas inquietudes sobre a transgenia mas outros temas merecem destaque, entre eles a clonagem, importante assunto em pauta.

Hoje em dia a clonagem é entendida como qualquer agrupamento de células ou organismos produzidos assexuadamente de um único ancestral que foi produzido sexuadamente. É um processo de cópia genética. Na natureza, isto acontece naturalmente no processo de formação de gêmeos univitelinos (idênticos). Os organismos sexuados se desenvolvem a partir da união de gametas de diferentes sexos. Os animais clonados recebem seu material genético de um só indivíduo, passando a ser uma cópia genética idêntica do doador da célula que lhe deu origem.

O que devemos levar para a sala de aula, com relação ao tema “clonagem”, é o que está ocorrendo atualmente com esta técnica; por exemplo, quem defende a clonagem argumenta que a técnica irá solucionar, em um futuro próximo, a problemática da falta de doadores de órgãos.

É interessante que a sociedade aprenda a questionar as justificativas, a respeito da manipulação genética, atribuídas por pesquisadores e empresários, calcadas na argumentação de promoção e a proteção à vida, mas que na verdade está visando lucro o aumento de capital.

No ano 2000, a equipe que clonou a ovelha Dolly clonou cinco porcos, além de bezerro, macaco, camundongo e mula, e o mais interessante, foi a clonagem do bezerro Starbuck II, que foi feito a partir de células congeladas da pele de um touro premiado, esta foi a primeira clonagem de utilização com valor econômico. Uma outra atividade que visou lucro foi a clonagem de cães de raça e de animais de estimação que movimentará bilhões de dólares no futuro; aliás já começou, no dia 23 de dezembro de 2004 a empresa americana, Genetic Savings & Clone, recebeu o equivalente a US$50 mil dólares, para clonar um gatinho de estimação. É importante frisar que os proprietários dos animais de estimação estavam numa lista de espera dentre tantos outros que querem que seus "bichinhos" sejam clonados. A empresa também assumiu o compromisso de clonar mais de 50 felinos, animais de estimação. (ALHO, 2006)

Com relação aos transplantes de órgãos, Alho (2006) aborda uma discussão sobre o xenotransplante, que é a produção de órgãos humanos em animais (com transferência de genes humanos para o genoma dos animais de experimentação) para transplante em seres humanos. Este foi um dos avanços científicos mais brilhantes, pois passou a dar uma solução para quem já estava condenado a morte. Desta forma, hoje encontramos filas de espera por doadores humanos em relação à demanda de órgãos. Por outro lado, isso acabou desenvolvendo o tráfico de Órgãos, devido à super valorização de um órgão humano já formado.

Será que no futuro estas empresas não produzirão, com o domínio da técnica, animais em série? Não podemos esquecer que um animal que foi clonado, é um indivíduo que apresenta apenas um DNA igual a quem lhe originou, pois a forma como ele interagirá no meio ambiente, com certeza não será a mesma daquele animal que foi o doador destas células, o animal clonado é um outro indivíduo, com personalidade própria, construída de forma diferenciada junto ao ambiente em que se encontra. Se nós, seres humanos, apresentamos percepções de ambiente diferentes dentro da nossa própria espécie, estes animais também apresentam estas particularidades.

Em se tratando da clonagem em todos os níveis da vida, faz-se necessário refletir sobre as seguintes questões: Quais são os limites da ação humana na área científica, enfatizando a responsabilidade da definição do que queremos? Queremos reproduzir cópias de seres

humanos? Qual é o objetivo disso? Qual seria a utilidade, senão de âmbito capitalista - por que isto apresenta um alto custo, um alto risco ao feto, pois o mesmo pode vir a se desenvolver com anomalias, correndo o risco de ser abortado?

Uma discussão intrigante quanto ao futuro da humanidade diz:

> Num futuro não muito distante a Ciência pode ter condições tanto de alterar a essência do ser vivo quanto de determinar as espécies que deverão continuar vivendo e as que devem ser extintas. A questão não será mais aonde o ser humano, usando como ferramenta o conhecimento científico e tecnológico, poderá chegar e sim até que ponto ele, como humanidade, quer ir. (ALHO, 2006, p. 22)

São os genes os responsáveis pelo sucesso ou não da adaptação de uma espécie num determinado meio ambiente, são eles que através de inúmeras combinações genéticas, originam o que chamamos de biodiversidade. A luta ambiental hoje se concentra na proteção contra mutações, recombinações e deleções, oriundas não de um processo natural como o que ocorre no meio ambiente, mas de uma interferência estritamente humana sem um estudo responsável.

> Cabe estimular o aluno a avaliar as vantagens e desvantagens dos avanços das técnicas de clonagem e da manipulação do DNA, considerando valores éticos, morais, ecológicos e econômicos. Trata-se da evolução sob a intervenção humana. Sobre esse tema, podem-se gerar discussões, por exemplo, em relação à seleção artificial, ao surgimento e perda de espécies e ao aumento da expectativa de vida da população humana. (BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006, p. 24)

A preocupação em desenvolver metodologias de ensino refere-se principalmente ao desenvolvimento, nos estudantes, do conceito de gene e como ele atua na transmissão das características hereditárias, englobando, portanto, sua estrutura física, que carrega as informações genéticas que são transmitidas de seus genitores aos seus progenitores. Desta forma, eles são responsáveis pelo sucesso em nível de adaptação a uma determinada espécie em seus respectivos ambientes, e quando mutados podem provocar alterações no ecossistema atual. Compreender a estrutura do gene e sua relação com o meio ambiente são peças-chaves que devem ser trabalhadas com os estudantes para levantarmos as questões relacionadas à preservação do meio ambiente, pois o que estou realmente preservando é a vida em sua forma molecular.

Um dos problemas que fere o direito de preservar a vida em sua forma molecular, destruindo a biodiversidade, é a instalação de usinas. As usinas liberaram gases tóxicos na atmosfera (que por sua vez serão inalados por moradores da cidade local), contaminam os leitos dos rios, que geralmente abastecem as cidades a sua volta.

Estas ações (liberação de gases tóxicos, contaminação dos rios) geradas pelas usinas irregularidades, o objetivo da mobilização oriunda de órgãos defensores do meio ambiente, principalmente os ambientalistas, e fazer com que estas empresas cumpram suas obrigações agredindo o mínimo possível o meio ambiente. Mas, em contraposição, a população, geralmente de baixa renda e a maior prejudicada em termos de qualidade de vida, se posiciona muitas vezes a favor da empresa por conta dos empregos gerados.

Assim, as agressões ambientais trazidas pelas usinas em troca de emprego são questões delicadas, de cunho profundo, envolve renda familiar, sua subsistência, entre outros fatores; mas o que é fato, é que a percepção ambiental não é a mesma para diferentes classes sociais e pessoas. Uma "ação ambiental", importante para todos, não é vista assim por uma grande parcela da sociedade, ou seja, o que os ambientalistas dizem ser um problema, para eles (desempregados) é a solução.

Será que existe um jeito de tornarmos este conflito menos desafetuoso? Acreditamos que a escola, através de um ensino crítico, ou seja, através de um ensino a favor da população e não dos empresários, possa criar possibilidades de fazer com que a comunidade escolar reaja contra a imposição de uma classe dominante e as seduções fantasiosas imediatistas de emprego.

Para enfrentarmos um sistema econômico tão agressivo e discriminador, torna-se necessária a formação de uma sociedade pensante, Freire (1996) diz que o ato de ensinar é sempre um ato político, e Bachelard (1996) que a favor de alguém é sempre contra alguém.

A escola é responsável pela formação política do estudante, o ensino de biologia dentro da perspectiva de lutas sociais deve:

> (...) enfrentar alguns desafios: um deles seria possibilitar ao aluno a participação nos debates contemporâneos que exigem conhecimento biológico. O fato de o Brasil, por exemplo, ser considerado um país megadiverso, ostentando uma das maiores biodiversidades do planeta, nem sempre resulta em discussões na escola de forma a possibilitar ao aluno perceber a importância desse fato para a população de nosso país e o mundo, ou de forma a reconhecer como essa biodiversidade influencia a qualidade de vida humana, compreensão necessária para que se faça o melhor uso de seus produtos. (BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006, p. 17)

Podemos realizar trabalhos nas escolas demonstrando os altos índices de câncer, apresentados por homens e mulheres, tanto do campo quanto da cidade, e relacionar estes fatores com a poluição ambiental vinda de pesticidas e herbicidas que, quando jogados de forma indiscriminada no meio ambiente, contaminam rios e córregos que abastecem nossas casas, trazendo doenças devido a uma alteração no material genético (DNA).

O conceito de água limpa, água pura, que nossos alunos trazem de casa, deve ser questionado dentro deste modelo econômico, que privilegia de forma indiscriminada a alta produtividade. Desta forma, questões reflexivas devem ser discutidas em sala de aula com relação à água, tão "limpa" e "transparente"; seria interessante questionar até que ponto estas qualidades atribuídas pela sensação visual são compatíveis com a qualidade da água; devemos compreender o que nossos alunos entendem por água poluída e água suja, podemos ensinar a nova geração que é na transparência da água que os metais pesados se escondem, ameaçando assim, a integridade física das células do corpo humano. A transparência da água é um disfarce que seduz os olhos, um obstáculo epistemológico, e que engana uma mente que não sabe questionar.

Hoje, quantas pessoas não se banham com água contaminada, que lavam com água contaminada seus alimentos "limpos", e matam sua sede com uma água que aos poucos as adoecem? Atrevemos a escrever inspiradas nos dados oferecidos pelo Instituto Nacional do Câncer, (INCA), do Ministério da Saúde, que todos os dias nós somos um pouquinho envenenados, pois estes elementos químicos encontrados no ar e na água reagem com o nosso material genético, causando mutações, podendo originar várias modalidades de câncer.

É importante trabalharmos estas atividades de forma significativa com os nossos alunos, pois, como diz Paulo Freire, é importante salientar que o conhecimento popular deve ser ouvido, pois reflete o mundo do aluno, cabendo a nós professores termos noção dos elementos que constituem a vida do aluno, fazendo uma ponte, um elo, para que o futuro conhecimento tenha sentido, atribuindo dessa forma um significado para o aprendente.

O conhecimento adquirido, quando de forma significativa, pode provocar mudanças na percepção que temos de mundo, de vida, de natureza. Comumente ouvimos de parentes (tios ou avós) ou mesmo dos próprios pais, que as frutas e legumes quando colhidos, eram comidos ali na mesma hora. Hoje, esta gama de informações que temos sobre os produtos químicos utilizados em altas concentrações nos vegetais, para que seus frutos não sejam danificados por larvas de insetos, e para que desenvolvam e amadureçam rápidos, anula qualquer hipótese de

reproduzirmos as atitudes de nossos antepassados, pois seria no mínimo uma irresponsabilidade de nossa parte.

É desastroso escrever isso, mas o agrotóxico, o dinheiro e a educação, tornaram-se fatores de seleção natural entre nós seres humanos; aqueles que tiverem melhores condições financeiras e culturais poderão se alimentar de forma alternativa de produtos sem agrotóxicos, pagando mais caro, consciente de que é o melhor para o seu organismo, e desta forma terá mais chance de chegar à fase adulta e ter uma vida mais saudável.

Ao elaborar uma estratégia de ensino para que o aluno construa e compreenda o conceito de gene, estamos buscando construir meios alternativos para que estes alunos compreendam a complexidade de um ser vivo que através de uma mera mutação, uma simples troca de nucleotídeo, pode extinguir uma espécie, ou dar origem a outra completamente diferente, podendo provocar desequilíbrios ambientais desastrosos. No conteúdo relacionado à genética, o aluno deve aprender que as características físicas são combinações do material genético com o meio ambiente ao qual pertencemos, nós somos a natureza, a natureza pode existir sem o homem, o homem não existe sem ela.

CAPÍTULO 5
METODOLOGIA DA PESQUISA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O desenvolvimento da pesquisa, que é parte desta dissertação, visou a elaboração de dois jogos pedagógicos para a aprendizagem de genética com o foco voltado para à construção do conceito de gene. O levantamento desta problemática, teve início com minha experiência vivida em sala de aula com alunos do terceiro ano do Ensino Médio.

Através da prática pedagógica fui percebendo as dificuldades manifestadas pelos alunos para compreenderem os conceitos estruturantes relacionados à genética. As dificuldades em fazer com que o aluno compreenda o mecanismo da hereditariedade têm como agravante a abstração necessária para aprendizagem deste conteúdo. Como professora, percebi que outros fatores também podem colaborar para que esta abstração não ocorra em alguns estudantes como, por exemplo, a falta de pré-requisitos, ou seja, a não compreensão de conceitos de mitose, meiose, gametogênese, formação do tecido sanguíneo, conceitos que são ou deveriam ser trabalhados no primeiro ano do Ensino Médio e as pré-concepções que estudantes trazem para a sala de aula, sobre a hereditariedade, que lhes são ensinadas ao longo de sua vida e que são reforçadas muitas vezes pela cultura de diversas comunidades.

No intuito de levar meus alunos a compreensão dos conceitos relacionados à disciplina de genética, foi que busquei formas alternativas de ensino, uma vez, que minhas aulas seguiam um perfil tradicional, por meio de método valorizado pelos coordenadores pedagógicos, que sempre enfatizavam aos professores dos terceiros anos, que o objetivo desta série escolar era preparar os estudantes para a aprovação em concursos de vestibulares. Assim, deveríamos ser dinâmicos porque a ementa curricular era extensa. Desta forma, deveríamos nos inspirar nos professores de cursinhos preparatórios de vestibulares.

Fui percebendo, ao longo da minha experiência em sala de aula que este método de ensino, tão valorizado por alguns profissionais da educação, não correspondia às necessidades educacionais dos alunos, pois muitos reproduziam o que eu havia dito em sala de aula, mas não faziam qualquer relação com suas vidas, com seus cotidianos.

A falta de significado na vida do aluno entre as coisas aprendidas na escola e o seu cotidiano foi me inquietando como professora. No intuito de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem na sala de aula, que me motivei a desenvolver formas alternativas de ensino,

que fossem capazes de atribuir significados na vida do meu aluno com os conceitos aprendidos na escola. Pois, a função da escola é dar significados as coisas do mundo, e estes significados ocorrem quando abrimos a porta do conhecimento.

Foi assim que, os jogos, os poemas, os documentários, filmes, teatro e a música, passaram a fazer parte da minha prática pedagógica em sala de aula.

O fato de levar para sala de aula, recursos diferenciados de ensino, me possibilitou elaborar metodologias alternativas (jogos pedagógicos) como esta apresentada nesta dissertação.

5.2 ESPAÇO PESQUISADO

A pesquisa foi desenvolvida na Escola Estadual Presidente Vargas, na cidade de Dourados-MS. A escolha por este estabelecimento de Ensino ocorreu em primeiro lugar pela liberdade em se realizar a pesquisa dentro deste espaço escolar. Em segundo, pelo fato de ser a segunda maior escola do Estado de Mato Grosso do Sul, com cerca de três mil alunos oriundos de muitos bairros da cidade de Dourados, este fato enriquece a pesquisa devido ao número diversificado da amostra, referente ao meio cultural de cada aluno. O terceiro motivo está relacionado ao fato de que pertenço ao quadro efetivo de professores desta instituição, onde leciono nas turmas dos terceiros anos do Ensino Médio há seis anos. Estas foram às razões que me levaram a escolher a Escola Estadual. Pres. Vargas para o desenvolvimento da pesquisa.

5.3 A METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi uma pesquisa de campo, que de acordo com Günther (2006) é um dos métodos dentro da pesquisa qualitativa. Na pesquisa qualitativa, existe uma relação muito próxima entre a realidade e a subjetividade, possibitando apreender no cotidiano a vivência do sujeito, pois, como afirma Chizzoti (1998, p.79), ela parte do princípio de que "existe uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, uma interdependência viva entre o sujeito e o objeto, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito".

Günther (2006) argumenta que a pesquisa de campo é mais interessante pois permite diferentes abordagens e técnicas, qualitativas e quantitativas, dentro de um mesmo estudo. A coleta de dados para análise ocorreu através de questionários, das gravações (em vídeo e

aparelhos MP3) das aulas através de um experimento elaborado (jogos pedagógicos) e das entrevistas semi-estruturadas. As análises dos experimentos elaborados (jogos pedagógicos), em termos de aprendizagem e ludicidade, foram realizadas através das transcrições das gravações (filmes e MP3) e dos questionários aplicados aos alunos, antes de depois das atividades. As falas selecionadas dos estudantes, foram identificadas por letras maiúsculas e números subscritos.

A meta da pesquisa foi elaborar jogos pedagógicos que pudessem contribuir para a construção do conceito de gene. Sendo assim, o primeiro objetivo foi buscar elementos (obstáculos epistemológicos) que auxiliassem nas elaborações das questões para a construção dos jogos pedagógicos. O segundo objetivo foi analisar se os materiais desenvolvidos (jogos pedagógicos) eram lúdicos e se auxiliavam a construção do conceito de gene por parte dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio, ou seja, se os obstáculos epistemológicos presentes, eram abalados através desta atividade lúdica, e por isso que as os dados coletados foram analisados sob a ótica da Epistemologia de Gaston Bachelard.

A pesquisa foi dividida em duas fases, a primeira ocorreu de março a dezembro de 2007. A segunda fase se deu de março a dezembro de 2008.

5.4 A PRIMEIRA FASE DA PESQUISA

A primeira fase da pesquisa iniciou em março de 2007, o objetivo foi a elaboração de questões de genética que pudessem compor os jogos pedagógicos. Ressalto que, devido minha experiência em sala de aula no que se referia a metodologias alternativas de ensino, acabei identificado o perfil de jogo que estimularia o aluno a aprender jogando.

O primeiro passo foi elaborar e aplicar um questionário com 20 questões, composto de perguntas abertas, com o objetivo de levantar pré-concepções (ou impressões primeiras, os obstáculos epistemológicos conforme Bachelard as chama) dos estudantes com relação aos termos mais problemáticos do ponto de vista do ensino-aprendizagem de genética. As 10 primeiras questões estavam relacionadas ao conteúdo desenvolvido no primeiro ano do Ensino Médio: DNA, cromossomo, mitose, meiose, gametogênese e formação de tecido sanguíneo. O objetivo das 10 primeiras questões foi identificarmos o que o aluno do terceiro ano do Ensino Básico tinha de conhecimento e como este conhecimento se relacionava com o seu cotidiano.

As outras dez questões abordavam sobre o conteúdo do terceiro ano do Ensino Médio: gene, alelo, Primeira e Segunda Lei de Mendel e a relação do sangue com a transmissão da

hereditariedade. O objetivo destas questões, que permeavam do número 11 até o 20, foi investigar o que o aluno trazia de informação (primeiras impressões) sobre os temas relacionados a genética, já que este conteúdo ainda não havia sido lecionado.

O tempo de duração para os alunos responderem as questões foi de 2 aulas, de 50 minutos cada. Em seguida os questionários, foram recolhidos e analisados.

As análises objetivaram identificar o nível de dificuldade e as pré-concepções apresentadas pelos estudantes em relação aos conceitos abordados.

Depois das análises, foram realizadas algumas entrevistas com alunos que relacionavam o sangue ao mecanismo da transmissão, e com alunos que fizeram confusões conceituais.

O passo seguinte deu inicio à construção do jogo pedagógico com a elaboração das questões que iriam compor as cartas do jogo.

O primeiro protótipo do jogo – **Construindo o Conceito de Gene** - ficou pronto em novembro de 2007. E foi levado a campo afim de averiguar a adequação das perguntas para a construção de conceitos e tempo que os alunos levaram para jogar.

Depois do jogo o questionário contendo 20 questões foi aplicado aos estudantes novamente a fim de analisar se as perguntas auxiliaram na construção dos conceitos como: DNA, mitose, meiose, gametogênese, alelo, gene, Leis Mendelianas, e outros mecanismos de transmissão de características.

Participaram desta primeira fase da pesquisa um total de 157 estudantes que cursavam o terceiro ano do Ensino Médio.

5.5 A SEGUNDA FASE DA PESQUISA

A segunda fase da pesquisa teve início em março com término em dezembro de 2008. Esta fase teve 3 objetivos. Primeiro foi analisar se o jogo “Construindo o Conceito de Gene” auxiliava o aluno na construção do conceito de gene através de questionamentos que confrontassem com seus obstáculos epistemológicos.

O segundo objetivo foi analisar se o segundo jogo pedagógico, construído no segundo semestre de 2007 “Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas” auxiliava na construção de conceitos ligados à genética e na construção do conceito de gene.

O terceiro objetivo foi averiguar se os dois jogos de genética **"Construindo o Conceito de Gene"** & **"Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas"** apresentavam o caráter lúdico.

Em março de 2008 no primeiro dia de aula, os alunos responderam as 20 questões, elaboradas no ano de 2007, o tempo para que os estudantes respondessem as questões foram de duas aulas de 50 minutos cada.

A recapitulação dos conteúdos desenvolvidos no primeiro ano do Ensino Médio ocorreu com a utilização do jogo **"Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas"**. O tempo utilizado para a realização desta atividade foi de 4 aulas com duração de 50 minutos cada. Estas aulas foram filmadas e transcritas. Este jogo foi desenvolvido em duplas.

Após o jogo, na 5ª e na 6ª aula, passamos novamente o questionário com as 20 questões a fim de identificarmos o nível de evolução conceitual que o jogo provocou em cada participante.

Na 7ª aula passamos um questionário (um opiniário) com 9 questões afim de averiguar se o jogo apresentava o caráter lúdico. Entrevistas foram realizadas a fim de esclarecimento de algumas respostas.

Após um mês da última atividade, apresentamos aos alunos o segundo jogo "Construindo o Conceito de Gene".

Este jogo, foi executado por grupos composto com 4 estudantes. Este jogo, por sua vez, teve duração de uma aula de 50 minutos. As aulas foram filmadas e gravadas e depois transcritas. Em cada turma de terceiro ano, foram acompanhados por dois grupos de alunos. O acompanhamento foi realizado através da gravação das falas (respostas, questionamentos, argumentos) em relação às questões abordadas durante o jogo. Em um dos grupos foi posicionada a maquina filmadora, no segundo grupo foi gravada as suas respostas por meio do aparelho MP3.

Após o jogo o mesmo questionário contendo as 20 questões foi novamente aplicado aos estudantes, sendo destinadas duas aulas para responderem.

Na aula seguinte passamos um questionário (um opiniário) com 9 questões afim de identificarmos se o jogo apresentou aos participantes o caráter lúdico.

Participaram desta 2ª fase da pesquisa 159 estudantes que cursavam o último ano do Ensino Médio, sendo 43 eram estudantes do período noturno, 39 do vespertino e 77 do período matutino.

CAPÍTULO 6
ELABORAÇÃO DOS JOGOS PEDAGÓGICOS – POR QUE UM JOGO?

> O jogo é uma coisa nova feita de coisas velhas. Quem vai ao jogo leva, para jogar, as coisas que já possui, que pertencem ao seu campo de conhecimento, que foram aprendidas anteriormente em procedimentos de adaptação, de suprimento de necessidades objetivas. Os ingredientes do jogo, portanto, são as coisas velhas fechadas pela objetividade que marcou sua aprendizagem. (FREIRE, 2005)

Atividades lúdicas em geral e jogos, em particular, proporcionam construção de conhecimentos e produção ou exercício de muitas habilidades que poderão ser muito úteis para o dia-a-dia dos indivíduos. Como afirmam Campos, Bortoloto e Felício (2002), jogos são estímulos para o desenvolvimento do interesse de aprendizagem, estabelecendo-se em níveis diversos de experiência: o social e o pessoal. Além disso, segundo estes autores, o jogo ainda pode possibilitar uma aproximação da ciência com o cotidiano do aluno quando em seu contexto há problematizações parecidas com o dia-a-dia do mesmo.

O jogo pode oferecer muitas outras vantagens pedagógicas aos estudantes: cognição, afeição, socialização, motivação e criatividade (MIRANDA, 2002, *apud* CANDEIAS, HIROKI e CAMPOS, 2005), integração dos alunos em torno de um objetivo, desenvolvimento de responsabilidade junto a colegas, e tudo isso, de forma muito prazerosa (SANMARTI, 2002 *apud* CANDEIAS, HIROKI e CAMPOS, 2005). Como afirmam Martinez, Fujihara e Martins (2005): (...) o jogo é uma importante ferramenta educacional, com possibilidade de auxiliar os processos de ensino-aprendizagem em sala de aula, nos diferentes níveis de ensino e nas diversas áreas do conhecimento.

Já Pavan (2009) considera que o jogo faz parte de um processo fundamental quando se pensa em melhorar o ensino, minimizando até precárias condições de trabalho do professor.

Justiniano (2006) chama a atenção também para o senso de organização e o espírito crítico que deverão ser desenvolvidos ao jogar, além da fixação do conteúdo.

Complementando todas essas vantagens que jogos podem proporcionar aos alunos, Morais, Fontana e Calsa (2007) afirmam que:

> No decorrer de um jogo, competências como disciplina, concentração, perseverança e flexibilidade são desenvolvidas, acarretando o aprimoramento de seus esquemas de ação e operações mentais. Além disso, os jogos possibilitam a reflexão e o aperfeiçoamento de esquemas de pensamento, facilitando a tomada de decisões, o raciocínio lógico, enfim, podem tornar a aprendizagem mais significativa e duradoura. Por outro lado, os jogos revelam-se uma importante fonte de informação acerca dos valores (...), observados na reação ao jogar, nos gestos, nas palavras, nas

> hipóteses formuladas e na maneira como enfrentam os obstáculos. (MORAIS *et al*, 2007, p. 380)

Reis (2006) aborda por que devemos levar os jogos para dentro da sala de aula. De acordo com a autora, os jogos mobilizam o pensamento para um desenvolvimento ativo do ato de pensar, crítica, automática, criando estratégias próprias de pensar, desenvolvendo a flexibilidade do pensamento, fazendo com que o aluno descentralize e coordene diferentes pontos de vistas; o jogo estimula o raciocínio.

O jogo é um recurso pedagógico importante para utilização em sala de aula, pois favorece a ação do adolescente, exige dele uma coordenação de pontos de vistas diferentes, o jogo possibilita a observação e o reconhecimento do erro, propõe situações problemas, cria oportunidades para a reflexão, além do respeito às regras. O jogo na escola deve fazer parte do projeto político pedagógico do professor, considerando em seu planejamento como instrumento privilegiado para atingir seus objetivos pedagógicos.

> Os jogos e brincadeiras são elementos muito valiosos no processo de apropriação do conhecimento. Permitem o desenvolvimento de competências no âmbito da comunicação, das relações interpessoais, da liderança e do trabalho em equipe, utilizando a relação entre cooperação e competição em um contexto formativo. O jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica, prazerosa e participativa de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos. (BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006, p. 28)

Nesta dissertação, classificamos os dois jogos desenvolvidos, para uso nas aulas de genética, como jogos pedagógicos e não como um material didático. Mesmo os jogos pedagógicos e os materiais didáticos apresentando a mesma finalidade, que seria de trabalhar de forma educativa os conteúdos escolares, Reis (2006) os diferenciam dizendo que a característica do jogo pedagógico é de trabalhar os conteúdos escolares sem perder o caráter lúdico, já o material didático não apresenta a característica da ludicidade, ele trabalha somente os conteúdos escolares.

É importante salientar que o jogo trabalhado como com uma intenção pedagógica não pode perder seu caráter lúdico, senão perderá o *status* de jogo pedagógico passando assim para material didático.

> É necessário lembrar que, embora um jogo esteja sendo trabalhando com uma intenção pedagógica, ele não poderá perder o caráter lúdico que o caracteriza, senão

> deixará de ser jogo e passará a ser material didático: no entanto, se apenas o lúdico prevalecer, o jogo também deixará de ser uma estratégia para a construção e a fixação de conteúdos. (REIS, 2006, p. 78)

O jogo como material didático ou jogo pedagógico oferece ao professor a oportunidade de obter as primeiras impressões e obstáculos epistemológicos de seus alunos a determinados conceitos; é no ato de jogar que o estudante expõe as lacunas em seus conhecimentos, porque naquele momento ele participa, age, fala, erra e busca soluções.

É dentro da perspectiva de superarmos os obstáculos epistemológicos apresentado pelos estudantes, quanto a construção do conceito de gene e mecanismos transmissão da hereditariedade, que elaboramos os jogos pedagógicos, pois este instrumento elaborado busca proporcionar um questionamento ao conhecimento anterior que aluno traz para a sala de aula. Os jogos pedagógicos "Construindo o Conceito de Gene" e "Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas" elaborados para o desenvolvimento desta pesquisa, propõem uma ruptura quanto ao primeiro conhecimento, conhecimento ingênuo, elaborado em seu cotidiano por juízos de valor, de certeza e de autoridade.

Bachelard (2006) comenta que o erro é importante para dar o próximo passo em direção ao conhecimento estruturado, científico; a consciência do erro permite, ao aprendiz, corrigir o pensamento equivocado.

O que buscamos através dos jogos pedagógicos desenvolvimentos ao longo do mestrado é que o aluno construa conceitos científicos, e supere seus obstáculos epistemológicos.

Como argumenta Lara (2004):

> (...) devemos refletir sobre o que queremos alcançar com o jogo, pois, quando bem elaborados, eles podem ser vistos como uma estratégia de ensino que poderá atingir diferentes objetivos que variam desde o simples treinamento, até a construção de um determinado conhecimento. (LARA, 2004, p. 21)

6.1 DESENVOLVIMENTO DOS JOGOS PEDAGÓGICOS

Nós educadores, refletimos a mudança de mundo e de cultura, sobre avanços tecnológicos, e sobre o quanto é difícil fazermos da escola um local acolhedor e responsável pelos novos conhecimentos que vêem aflorando ao longo da vida. Os planos de ensino não contêm metodologias de ensino-aprendizagem que trabalhem com a emoção do educando, que se preocupam com o despertar do conhecimento no aluno, que instigam à curiosidade, à emoção como principal motivo para a cognição, para a aprendizagem do novo. O ato de se

emocionar, de se ver motivado dentro do processo educativo, pode se constituir no início da desejada satisfação escolar.

É devido a necessidade de manter a chama do conhecimento acesa que atribuímos à aprendizagem um conceito novo, além da cognição. Sem a emoção, é algo que não vale a pena. É fria demais para guardar após o ensino de um conceito, um pós-conceito (YAMAZAKI & YAMAZAKI, no prelo). E é com relação a este ponto, que sugerimos, junto a tantos outros pesquisadores da Área de Ensino de Ciências, a importância da aplicação de formas alternativas de se ensinar ciências.

Na expectativa de tornarmos as aulas de genéticas prazerosas e com seus fenômenos e conceitos compreendidos, nos motivamos a desenvolver dois jogos pedagógicos de Genética: Construindo o Conceito de Gene através das características humanas e Construindo o conceito de Gene.

O primeiro jogo pedagógico é constituído por 2 tabuleiros de 20 x 40 cm^2, 4 dados personalizados, com 64 letras (A, a, B, b, C, c) e 12 características humanas, entre elas: (cor do cabelo; tipo de cabelo; formato de rosto; cor dos olhos, formato e tipo de sobrancelha, tipo de nariz, tipo de boca, tipo de orelha. A proposta deste jogo é fazer uma simulação sobre o conceito de gene e a sua relação com a formação das características fenotípicas da espécie humana. De acordo com o PCN+ (2002), a simulação é uma estratégia de ensino sugerida para desenvolver e explorar o assunto, a fim de que venha desenvolver no aluno competências privilegiadas.

> Os alunos poderiam ser orientados na proposição e na realização de experimentos (...) ou à simulação de cruzamentos genéticos, a partir dos quais os alunos construiriam os conceitos básicos da transmissão das características hereditárias. (BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006, p. 29)

O segundo jogo pedagógico é constituído por 1 tabuleiro com 48 x 33 cm^2, 4 pinos, 2 dados, 41 cartas comuns e 22 cartas chamadas de cartas-bombas. Este jogo foi elaborado para reestruturar o conceito de gene e sua relação com outros termos da genética, no intuito de incorporar estes conceitos de forma abstrata.

Tanto no jogo *Construindo o conceito de Gene*, como em *Construindo o Conceito de Gene através das características humanas*, os obstáculos epistemológicos apresentados pelos estudantes, com relação ao conceito de gene, foram usados.

6.2 DESCRIÇÃO DO JOGO PEDAGÓGICO: CONSTRUINDO O CONCEITO DE GENE ATRAVÉS DAS CARACTERÍSTICAS HUMANAS

A elaboração deste jogo pedagógico – Construindo o Conceito de Gene através das características humanas -, se deu através das entrevistas realizadas com seis turmas de terceiros anos do Ensino Básico na Escola Estadual Presidente Vargas no ano de 2007 onde elaboramos um questionário com 20 questões. Logo após o recolhimento dos questionários respondidos, realizamos uma análise das respostas. A coleta de dados foi fundamental para a elaboração do jogo, pois através do questionário foi possível identificarmos melhor o significado que os alunos atribuem aos conceitos de mitose, meiose, cromossomo, DNA, lócus, alelo, gene com a Primeira e Segunda Lei de Mendel, clonagem e transgênico, mídia como transmissora de conceitos científicos, determinismo genético, interação do DNA com fatores externos.

Identificamos também através das falas dos estudantes, a falta de relação entre os conceitos relacionados à Genética, e certa predominância da idéia de que o sangue faz parte da transmissão das características hereditárias.

Diante destes dados, elaboramos dois jogos pedagógicos que tornassem possível a construção do conceito molecular clássico de gene.

Os jogos elaborados foram aplicados aos mesmos estudantes que responderam ao primeiro questionário constituído por 20 questões relacionadas a biologia celular e a genética;. Depois que os alunos jogaram os dois jogos pedagógicos, o mesmo questionário aplicado antes dos jogos, foi passado novamente, a fim de analisarmos a natureza das respostas dos alunos quanto à sua evolução ao primeiro questionário.

Como nosso objetivo foi a construção de um jogo, ou seja, de uma atividade lúdica, perguntamos ao estudante, se este gostava do conteúdo de genética, e o que mais lhe chamava a atenção nesta matéria. Nesta época participaram da entrevista 157 estudantes, dos quais 103 disseram não gostar da disciplina; e quando perguntamos o porquê, muitos disseram que não entendiam os cálculos, e que “isso era muito chato”, “que a única coisa legal era o estudo as doenças como: Síndrome de Down, Hemofilia, Ananismo (Acondoplasia), etc”, “como herdávamos algumas características de nossos pais” e a “Tipagem Sanguínea”.

Além das respostas ao questionário e as entrevistas, fizeram parte da elaboração do jogo pedagógico, pesquisas publicadas na área sobre ensino de genética. Este estudo da arte foi um quesito importante para elaboração e maturação do primeiro jogo pedagógico pois,

desta forma, buscávamos construir um jogo onde fosse possível motivar a participação do aluno no ato da atividade, sendo esta lúdica e educativa, a fim de que o jogador (estudante) se apropriasse do conceito de gene de forma divertida.

A razão de termos desenvolvido um jogo que explorasse o fenômeno da hereditariedade, utilizando a transmissão das características dos seres humanas, aquelas que são passadas dos pais aos filhos, vem da minha experiência em sala de aula, das respostas obtidas nos questionários e das entrevistas realizadas com os estudantes.

Cada *kit* do jogo pedagógico desenvolvido é constituído por 2 tabuleiros feitos com papel duplex, com 48 x 33 cm^2, 900 letras, sendo 150 de cada um dos símbolos (A, a, B, b, C, c), 4 dados (3 com símbolos (A,a) (B,b) (C,c) e um com as respectivas imagens que simboliza o sexo: masculino (♂) e feminino (♀). Foram abordadas 11características humanas: formato do cabelo (liso, ondulado e cacheado), cor de cabelo (loiro, castanho e preto), pigmentação dos olhos (azul-claro; azul-escuro, verde-claro, verde-escuro, mel, castanho-médio e castanho-escuro), espaço entre os olhos (junto, médio, separado), tipo de sobrancelha (grossa e fina), formato da sobrancelha (unida ou separada), formato do rosto (oval ou quadrado), queixo (com furinho ou sem), nariz (base larga, media ou estreita), lábios (grossos, médios e finos) orelhas (lóbulo preso ou solto), feitos com papel laminado frente e verso.

Dos 2 tabuleiros elaborados no jogo, o primeiro está relacionado às características humanas a fim de desenvolvermos junto ao aluno, um trabalho com conceitos voltados a dominância, recessividade, co-dominância e herança quantitativa. O segundo tabuleiro está representando o quadrado de Punnett, o objetivo deste segundo tabuleiro é trabalhar o conceito de meiose relacionando-o com separação dos alelos e formação de gametas, fecundação e probabilidade. O Quadrado de Punnett foi elaborado para poder trabalhar até oito tipos de gametas; desta forma, 8 tipos de gametas femininos vezes 8 tipos de gametas masculinos, possibilitando um perfil de 64 possibilidades. Desta forma, esperamos que o estudante construa conceitos de gametas, genes, alelo, segregação e segregação independente.

O quadrado de Punnett pode ser definido como “uma grade usada como representação gráfica dos zigotos da prole resultantes de diferentes fusões de gametas em um cruzamento específico” (GRIFFITHS, 1998, p. 823).

Figura 1. Tabuleiro Quadrado de Punnett

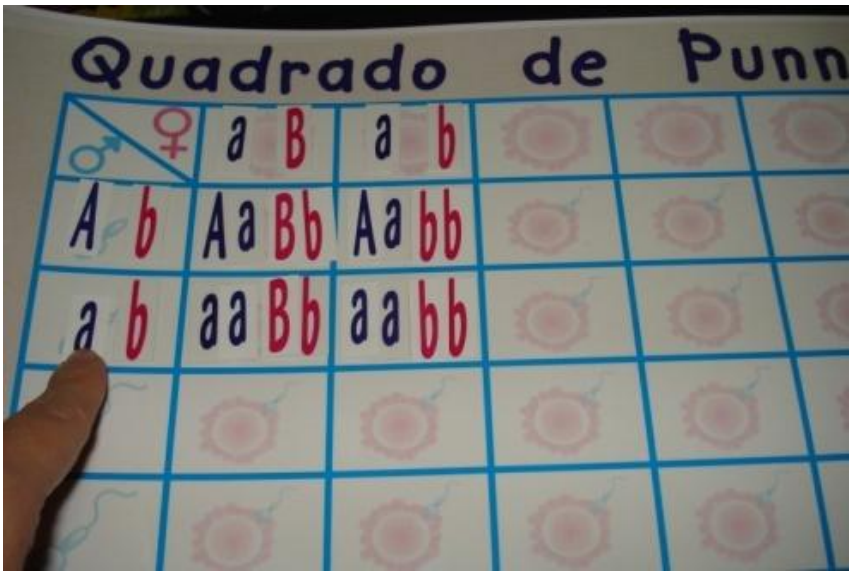


Figura 2. Tabuleiro Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas

Figura 3. Demonstração das Características Humanas Montadas

Para o desenvolvimento desta dinâmica utilizamos 4 aulas, cada uma com 50 minutos de duração: na primeira aula, cada aluno escolheu um companheiro para desenvolver esta atividade, cada dupla recebeu um *kit* do jogo pedagógico. O primeiro passo do jogo foi a escolha do sexo para montagem das características, para isso, fez-se o lançamento do dado que apresenta símbolos masculino (♂) e feminino (♀)**.** Uma vez estipulado o sexo do modelo que será desenvolvido, faz-se a escolha das características.

As características foram escolhidas de acordo com o lançamento de um segundo dado que apresenta letras (“A” e “a”); cada membro da dupla faz um lançamento, e a combinação dos dois lançamentos indica a característica abordada, que está presente no primeiro tabuleiro; assim, *AA* ou *Aa*, referem-se a um rosto oval e *aa*, a um rosto quadrado. A ordem para a escolha das características é: formato do rosto (oval ou quadrado); rosto com furo ou não no queixo; formato dos lábios; nariz; orelhas; distância entre os olhos; pigmentação dos olhos; formato do cabelo (liso, ondulado ou cacheado) e por último sua pigmentação (loiro, castanho, ou preto).

Todos os lançamentos dos dados, para a escolha de uma dada característica foram registrados no caderno de sala de cada dupla. O registro é importante para executarmos o segundo passo do jogo, que é a formação de gametas das características do modelo criado, trabalhando a idéia de segregação independente dos alelos.

Com relação às letras (A, a, B, b, C e c) Campos, Bortoloto e Felício (2002), relatam que a maioria dos professores de Biologia trabalha o ensino de genética através de combinações de letras que se referem aos genes, sem se ater ao fato de que os estudantes não

compreendem o que é gene. As aulas se transformam em atividades envolvendo cálculos (probabilidade) para verificação de possibilidades de obter determinados fenótipos.

Conscientes desta problemática no ensino de Genética houve a preocupação, neste trabalho, com a compreensão de que as letras existentes no jogo simbolizavam pequenos trechos da molécula de DNA, já que o objetivo do jogo é a construção do conceito gene, mostrando que o cálculo não é um fim em si mesmo, ou seja, há uma interpretação qualitativa quanto à herança e a expressão gênica de uma característica.

Na segunda aula, uma dupla que desenvolveu um modelo do sexo masculino escolheu outra dupla, mas que desenvolveu um modelo do sexo feminino; nesta etapa, cada dupla produziu os gametas de seus respectivos modelos, ou seja, a separação dos alelos de um gene, responsável pela expressão gênica de uma dada característica. É nesta fase que trabalhamos o segundo tabuleiro, que corresponde ao quadrado de Punnett; nele está a representação dos gametas femininos, masculinos e suas possíveis combinações. Neste tabuleiro trabalhamos o conceito de meiose, separação dos alelos de um gene, formação de gametas, fecundação e probabilidade de se herdar ou não características abordadas, com o olhar voltado ao *splicing alternativo*[14].

Na terceira aula, os alunos montaram as características de um suposto filho, que chamamos de terceiro modelo, fruto da união dos gametas dos dois modelos criados na primeira aula. Nesta aula, focalizamos a importância do meio ambiente como fator fundamental na expressão gênica.

O objetivo do jogo é trabalhar a construção do conceito de gene como um determinante de fenótipos ou diferenças fenotípicas.

Trata-se de um gene definido a partir do fenótipo, sem importar a seqüência de DNA à qual ele corresponde. Trata-se de um construto instrumental, de natureza clássica, que tem um papel importante em alguns procedimentos da genética, como, por exemplo, a análise de heredogramas, em que falamos de genes para cor do olho azul, para pele albina etc (SANTOS, 2009, p. 4)

Porém, não deixamos de abordar a idéia do determinismo gênico, da complexidade da expressão gênica, genes interrompidos, *splicing alternativo,* como fatores fundamentais para a reconstrução do novo conceito de gene, "que vem se tornando dominante na comunidade científica atual" (SANTOS, EL-HANI, 2007).

[14]*Splicing alternativo* pode ser definido como um evento que possibilita criar várias proteínas únicas por variações no *splicing* do mesmo RNA mensageiro. Por sua vez, *splicing* significa retirada dos introns do transcrito primário do RNA e união dos exons para formar o RNAm maduro.

Na quarta aula os alunos responderam aos mesmos questionários que haviam respondido no mês de março; através das respostas às questões e da fala dos estudantes durante a aplicação do jogo, buscamos analisar se o jogo pedagógico desenvolvido possibilitou a elaboração conceitual de gene como fator responsável pela transmissão das características humanas.

6.3. DESCRIÇÃO DO JOGO PEDAGÓGICO: CONSTRUINDO O CONCEITO DE GENE

De acordo com Reis (2006), jogos de tabuleiros são todos aqueles onde duas ou mais pessoas, com uma base - o tabuleiro, feito por qualquer material -, movimentam peças obedecendo a regras pré-estabelecidas.

Este jogo pode apresentar três categorias, aqueles que contam exclusivamente com a sorte (lançamento dos dados para se deslocar no tabuleiro), aqueles que contam com cautelas e inteligência do jogar (raciocínio lógico e/ou coerência), ou aqueles que contam com a sorte e a inteligência.

Em particular, este segundo jogo é constituído por um tabuleiro feito de papel duplex, com 48 x 33 cm^2, composto por 64 cartas - sendo que 22 delas se referem a cartas-bombas -, 4 pinos (azul, verde, amarelo e vermelho), dois dados. Das 64 cartas, 42 cartas são constituídas por perguntas curtas e conceituais; nestas mesmas cartas encontram-se duas questões, definidas como "A" e "B", com suas respectivas respostas. O fato de apresentarmos as respostas logo abaixo à sua pergunta, está relacionado ao fato de que, para Bacherlard, os alunos devem saber a resposta de forma imediata, porque acreditamos ser o momento do *instante*, onde toda sua atenção está voltada ao ato de compreender o que está sendo dito. Como já foi mencionado, este jogo é constituído de perguntas e respostas.

Com relação aos jogos voltados a perguntas e respostas, Lima, Barros e Terrazan (2004), afirmam que "neste grande e permanente diálogo entre perguntas e respostas é que se faz a Ciência e *também o Ensino de Ciências*" (p. 295).

Para Gonçalves e Marques (2006), uma atividade didática pode incluir questionamentos, "desde que ela, preferencialmente, transcenda a intenção de demonstrar um conhecimento 'verdadeiro' através da experimentação" (p. 226-227), porém alertam que "(...) apesar de acreditarmos que o processo de construção do conhecimento é favorecido por uma **indagação**, salientamos que esse não se reduz à dimensão experimental" (p. 227).

As perguntas contidas nas cartas estão relacionadas a temas que envolvem conceitos que os estudantes estudaram no primeiro ano do ensino básico (DNA, cromossomos, mitose, meiose, gametogênese e ovogênese), que são fundamentais para sua compreensão do fenômeno da hereditariedade. Passamos questionários aos estudantes sobre alguns tópicos sobre constituição da molécula de DNA, material genético, divisão celular, produção das células gaméticas. De acordo com as respostas atribuídas a cada pergunta, analisamos e elaboramos questões que compõem as cartas. Mas o jogo apresenta mais uma modalidade de Cartas, chamadas de Cartas-Bombas, que por sua vez, também apresentam as respostas logo abaixo da perguntas.

As cartas-bombas apresentam um diferencial, pois são nestas cartas que elaboramos as questões advindas do cotidiano do aluno. Os estudantes ao explicarem o fenômeno relacionado ao mecanismo de transmissão de características humanas, eles recorrem a explicações simplistas que foram construídas em seu cotidiano, desta forma, é através das cartas-bombas, que os estudantes irão confrontar com a *primeira experiência* (conhecimento não científico fruto das crenças, e da experiência compartilhada pelos mais velhos) buscando através do conhecimento construído ao longo do jogo e da reflexão e argumentação dos colegas durante a atividade proposta, superar seus obstáculos epistemológicos. Será através das cartas-bombas, que acreditamos que o estudante poderá *psicanalisar* o conhecimento anterior, retificando-o, como sugere Bachelard.

O jogo, "*Construindo o Conceito de gene"*, é um exercício para o caminho da abstração; pela imaginação, os alunos podem trabalhar e relacionar os conceitos abstratamente. Para Bachelard (1996), a abstração é primeiro princípio da educação científica. Ele nos ensina que imaginar é sublimar.

O jogo, por si só, não constrói conceito algum, é necessário a mediação do professor, pois o ato de imaginar é um ato de sublimação, só serve se o seu princípio for psicanalisado. Desta forma, torna-se necessário que o professor durante o jogo oriente seu aluno para esta sublimação – para a psicanálise do erro, pois, como diz Bachelard, sublimar é útil, mas pode enganar se não soubermos o que se sublima e como se sublima, ela só serve se o seu princípio for psicanalisado.

Este jogo pedagógico, por estimular a participação e a comunicação verbal, se torna um meio de sondar os variados obstáculos apresentados pelos alunos, tais como animista, verbal, da certeza, do juízo de valor, do substancialismo, quantitativo e qualitativo e da

generalização, no que se refere ao fenômeno da hereditariedade, para construção do conceito de gene.

O objetivo dos dois jogos pedagógicos é fazer com que o aluno forme o Espírito Científico (1996), vencendo os diversos obstáculos epistemológicos, se constituindo como um conjunto de erros retificados, pois aprender é superar obstáculos.

As questões constituintes das cartas-bombas são oriundas de: relatos de alunos durante as aulas que lecionava sobre o conteúdo de genética, nestes relatos os estudantes exemplificavam (os obstáculos epistemológico sobre a hereditariedade) o que sabiam sobre transmissão de características; através das análises gravações (filmes e mp3); questionários e das entrevistas semi-estruturadas.

Embora o jogo tenha sido construído baseado no conhecimento prévio dos estudantes, o objetivo não seria sua valorização, mas sim a sua desconstrução realizada através da psicanálise de acontecimentos que impedem o desenvolvimento do conhecimento de genética e conseqüentemente da formação do espírito científico. Pois para Bachelard, "formação implica essencialmente em desconstrução e reforma do sujeito que precisa ser exorcizado dos obstáculos e das ilusões que impedem o acesso ao conhecimento" (BARBOSA& BUCÃO, 2004, p. 14).

CAPÍTULO 7
ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta pesquisa parte do pressuposto bachelardiano de que aprender é superar obstáculos, e será com o olhar voltado aos obstáculos epistemológicos que analisaremos o nível de elaboração conceitual da compreensão sobre o fenômeno da hereditariedade e a construção do conceito de gene.

Discutiremos também possíveis razões que impossibilitam a superação de obstáculos epistemológicos para a construção do conhecimento em genética.

Bachelard contribuiu com muitos pesquisadores, ao proporcionar um novo olhar para a educação, e ao dizer que era mais um educador do que filósofo; contudo, ele não desenvolveu metodologias próprias de ensino, apenas sugeriu formas de concebê-las. Como Bachelard não propôs estratégias de ensino, recorremos a Santos (1991) que, fundamentando-se na epistemologia de Bachelard, delineia uma estratégia de ensino baseada na psicanálise do conhecimento e na reestruturação das pré-concepções dos indivíduos. Em seu método, ela decompõe o processo de ensino em três etapas seqüenciais, alertando que nem sempre é possível executá-las, sendo que, às vezes é preciso até mesmo invertê-las.

A primeira etapa de ensino na estratégia de Santos (1991) consiste em descobrir as impressões primeiras, os obstáculos epistemológicos dos alunos com relação ao objeto de estudo: é a fase da psicanálise do conhecimento; a segunda etapa trata de desestruturar o conteúdo levantado na primeira etapa, por conflitos cognitivos ou afetivos; e, por último, a terceira etapa visa a reconstrução de nova noção conceitual sobre o objeto, a visão científica - é a fase da psicossíntese.

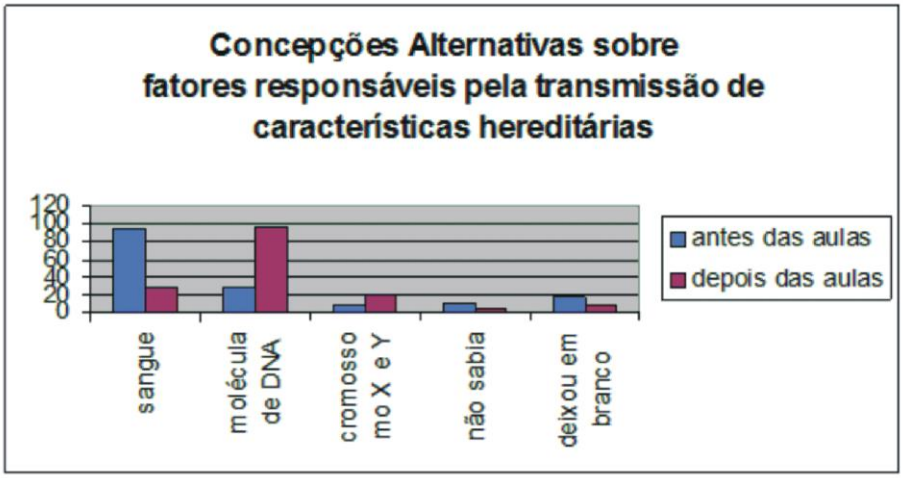
Os obstáculos epistemológicos, que analisamos estão relacionados com um dos maiores desafios para o ensino de genética, a idéia de que o sangue está relacionado à transmissão de características hereditárias.

A idéia de que o sangue é responsável pela transmissão de características hereditárias também foi investigada por Santos (2005), através de famílias que buscavam aconselhamento genético no Centro de Estudos do Genoma Humano, Instituto de Biociências da USP. Parte de suas entrevistas foram realizadas com mulheres casadas com primos. Entre vários relatos, uma nos chamou a atenção. Tratava-se de uma mulher cujos 2 filhos morreram de uma anomalia de herança recessiva – epidermólise bolhosa congênita (crianças nascem com seus corpos recobertos de bolhas e morrem alguns dias ou meses depois); ela relatou que a doença

não era genética porque a prima dela, que também era casada com um primo, só tiveram filhos perfeitos; assim, ela não teve porque a doença é do sangue, se fosse genética o filho nasceria sem perna, surdo, mudo.

A primeira questão feita aos estudantes foi: *como as características humanas são transmitidas de uma geração a outra?* Dos 159 estudantes, 93 apontaram o sangue como um dos fatores responsáveis pela transmissão das características humanas; 29 alunos disseram que o responsável era a molécula de DNA; 8 alunos atribuíram a transmissão das características aos cromossomos X e Y; 12 disseram que não sabiam responder; 17 deixaram a resposta em branco.

Figura 4. Concepções sobre a transmissão de características Hereditárias



Abaixo, citamos algumas afirmações dos estudantes, identificados como "E", que confirmam estes dados:

> O sangue é um interceptor de tudo que há em nosso corpo e como se fosse um caminho pelo qual tudo passa (E_1). Quando ocorre a formação das suas características, elas são passadas pelos cromossomos e chegam pelo sangue (E_2). No sangue tem DNA e no DNA tem nossa carga genética. Esse DNA pode ser transmitido para o filho através do sexo (E_3). Você vai ter o tipo de sangue ou do pai ou da mãe (E_4). Antes de nascer já temos ligações com nossos pais, o sangue é o principal, pois nós temos o tipo sangüíneo ou do pai ou da mãe. Ex: A^+ e O^- (E_5). O sangue carrega o DNA dos pais (E_6). No sangue tem células que podem definir nossas características (E_7). Um bebê, por exemplo, quando dentro de uma mulher, se alimenta também de sangue na hora em que o bebê está no útero da mãe. Todas as características podem ser transferidas pelo sangue, ele caminha pelo nosso corpo (E_8). O DNA e o sangue fazem parte de nós e constituem nossas características (E_9). Através do sangue podem-se adquirir até mesmo doenças, por que não herdamos e

> adquirirmos características? (E_{10}). Através do sangue são passados nutrientes e também o DNA (E_{11}). Sim por que o sangue carrega o DNA, o sangue carrega varias componentes que pode ajudar a formar nossas características, então ele pode carregar as nossas características por que ele pode formar (E_{12}). Porque ele é o único que leva as nossas características para o corpo inteiro não é professora, olha o sangue conhece todo o nosso corpo por que ele é móvel, anda por tudo ele carrega tudo(E_{13})

Freqüentemente, os alunos argumentam que o sangue, de alguma forma, poderia ser responsável pela transmissão dos traços hereditários. A associação do sangue a questões relacionadas à hereditariedade possivelmente contribuiu para as expressões, até hoje utilizadas, como: "sangue azul", "cavalo puro-sangue", "sangue do meu sangue", "meu filho tem meu sangue correndo em suas veias". Do mesmo modo, a criação de seres imaginários e míticos, como o nascimento de um ser metade homem, metade touro, não pode deixar de ser interpretada como uma busca de se entender a hereditariedade (JACOB, 1998).

Não é de hoje que são atribuídas ao sangue, funções que não lhe pertencem; a idéia de que o sangue forma, transforma e transporta (algo), é tão velha quanto nossos preconceitos.

Bachelard (1996) em sua obra a "A Formação do Espírito Científico", faz uma descrição sobre os devaneios que tomavam conta dos alquimistas quanto estes explicavam o processo de formação de uma pedra. Para os alquimistas as pedras se autofecundavam, engravidam-se, e que este mais novo suposto embrião (esta nova pedra) era fruto da dissolução e coagulação de uma substância, tornando-se assim, uma pedra novamente.

Os alquimistas fizeram uma analogia sobre a formação de um feto humano, que na época acreditava ser (o feto) fruto da coagulação do sangue menstrual, sobre o surgimento ou nascimento de uma pedra.

Observamos através da obra de Bachelard (1996) que os estudantes de hoje, assim como os alquimistas do século XVI, XII até XVIII atribuíam ao sangue a responsabilidade de formação e transporte de algo, como se o sangue fosse responsável pela formação de alguma coisa.

Reporto-me aos devaneios dos alquimistas para mostrar que este pensamento (a idéia do sangue como responsável pelo transporte e formação de algo) é tão intrínseco na mente dos seres humanos que tal imaginação chega a constituir devaneios sobre a geração de uma pedra.

Na descrição do tratado químico no que se refere à formação de uma pedra, os alquimistas chegaram a descrever que este evento ocorria através da união do ouro (macho) com o mercúrio (fêmea).

> A pedra casa consigo mesma; ela se engravida; nasce de si mesma; dissolve-se no próprio sangue, coagula-se de novo com ele e adquire uma consistência dura; torna-se branca torna-se vermelha por si só. (BACHELARD, 1996, p. 229)

A descrição acima se caracteriza como um obstáculo animista por atribuir a objetos inanimados características de pertencentes somente aos seres vivos. O relato sobre o surgimento de uma pedra é muito semelhante à forma como Hipócrates explicava o surgimento de um novo ser vivo.

Ao longo da História surgiram diversas explicações para os fenômenos da hereditariedade. Uma destas explicações se constituiu na doutrina pangenética de Hipócrates, que considerava que a vida começava com a mistura de fluidos masculinos e femininos. A quantidade de sêmem doada pelos progenitores era um fator que determinaria a maior ou menor semelhança com alguma parte do corpo. Desta forma, um filho seria mais semelhante ao seu pai quanto maior fosse a contribuição de seu sêmem. Este sêmem quando misturado à secreção vaginal se coagulava gradualmente durante a gravidez, gerando assim uma criança. (BIZZO, 1994)

Diante do levantamento que diz respeito às explicações atribuídas pelo estudante ao fenômeno da hereditariedade identificamos alguns obstáculos epistemológicos onde um deles está relacionado à noção de que o sangue é o fator responsável pela transmissão das características genéticas.

A atribuição de tal papel ao sangue, se constitui como a primeira apreciação quantitativa e grosseira oriunda da realidade do aluno, sendo a primeira contradição e o primeiro conhecimento. (BACHELARD, 1996, p. 13).

Como exemplo do obstáculo citado acima, construído a partir de observações grosseiras da realidade, citamos a fala de uma aluna explicando por que uma criança é mais parecida com o pai e não com a mãe:

> É por causa que é assim... tipo...o pai... a característica genética dele é mais forte do que da minha mãe, não sei muito bem, não sei se é isso mas é mais ou menos isso, o tipo sanguíneo dele é mais forte, o material genético dele é mais forte, e os meus antepassados também podem ter ajudado, porque o meu pai puxou meu avô e eu puxei ele. (E_5).

A explicação atribuída pela aluna E_5 pode ser representada por um dos obstáculos epistemológicos, chamado de obstáculo quantitativo. Este obstáculo epistemológico é simbolizado pelo apego ao realismo, pela crença cega na matematização, como se a quantidade de ocorrência de um determinado evento, trouxesse a confirmação lógica para a explicação de um fenômeno.

A confirmação de um determinado fenômeno explanado pela aluna E_5, busca a credibilidade de suas explicações através de confirmações baseadas na (quantidade) do número de componentes familiares que apresentam características ligadas ao fenótipo de seu avô. Este fator fica mais evidente quando a estudante busca recursos para confirmar sua idéia, pois quando questionada no momento em que estava jogando por mim, professora, a respeito da origem desta observação a aluna E_5 diz:

> Por que as mulheres, as minhas tias, casadas com meus tios irmãos do meu pai, os filhos delas meus primos, puxou tudo pra família do meu pai, então e o sangue deles que é mais forte (E_5).

Neste momento o jogo pedagógico possibilitou a verbalização de como a aluna enxerga a hereditariedade e o fato de apresentarem mais características fenotípicas com um membro da família. É neste momento que nós, professores podemos junto aos alunos, discutirmos sobre as origens das nossas explicações, é interessante, e foi o que fiz no ato do jogo, foi discutir as razões que levou a aluna E_5, a atribuir tal conceito de força ao sangue.

O professor junto ao aluno pode encaminhá-lo para o inicio da psicanálise do conhecimento, questionando a origem da idéia – sangue tem força. Como o aluno chegou a esta conclusão?

O próprio educando, através de suas reflexões, procura buscar as razões que o encaminhou para a afirmativa que o sangue é forte, que o sangue tem força. Então, justifica que suas explicações são oriundas de observações relacionadas ao número de eventos ocorridos em sua família.

Neste momento torna-se interessante o professor mostrar as falhas de suas observações, que a quantidade de eventos repetidos (os filhos puxando todos para a família do pai) não vem para comprovar e nem para negar um acontecimento. Que fenômenos acontecem despercebidos do nosso campo de visão. E este conceito de sangue forte, de

sangue fraco como fator responsável pela transmissão de características pode ser retificado pelo estudante através do novo conhecimento, a genética.

Não somente nas Ciências Biológicas, mas também na Química e na Física, todas buscaram explicar fenômenos e eventos através de observações e depois pela quantificação destes eventos. Em relação a este método tão racional (obstáculo quantitativo) Bachelard (1996) afirma:

> É preciso refletir para medir, em vez de medir para refletir (BACHELARD, 1996, p. 262).

Este obstáculo ainda é muito presente não somente nos aprendizes, mas professores e pesquisadores, esta metodologia de quantizarmos um fenômeno, é muito forte, e muito utilizada na ciência por pesquisadores, por estas razões torná-se de difícil psicanalização.

Embora o obstáculo quantitativo não seja fácil de psicanalisar, ainda assim, este se torna mais viável de uma reflexão do que o obstáculo qualitativo.

Já o obstáculo qualitativo surge através do conhecimento imediato, das impressões subjetivas, este obstáculo apresenta-se mais sólido e difícil de quebrar por este se constituir de razões emocionais.

Na pesquisa este obstáculo se tornou visível através das argumentações dos alunos a respeito de suas qualidades comportamentais (coragem, força, inteligência, atitude, braveza) com o algo herdado de seus pais. Observei durante as filmagens que muitos estudantes apresentaram a necessidade de apresentam estas características que eles admiram em seus pais. Neste sentido procuram argumentar esta suposta herança veio pelo fato de serem filhos de “sangue”, pois é o sangue que traz estas “qualidades”.

Neste ponto consideramos um obstáculo, porque os relatos mostram uma elevada valorização na fala dos estudantes, a respeito de “heranças qualitativas oriundas de seus pais”. Observamos através das gravações feitas durante o jogo “Construindo o Conceito de Gene” que estas características qualitativas, fazem com que alunos reforcem o que desejam ver, que seria sua semelhança com seus pais, ou antepassados.

Estes fatores qualitativos podem contribuir de forma negativa para a construção dos conceitos científicos relacionados a hereditariedade, uma vez, que se descarta a possibilidade do comportamento, assim como, o desenvolvimento da personalidade do ser humano, ser algo construído socialmente, e não necessariamente como algo herdado, principalmente através do sangue.

Fazer com que o aprendiz questione este conhecimento, não é tarefa fácil, devido o alto nível afetivo que o estudante constrói com este tipo de informação.

Os alunos quando percebem que os seus saberes, construídos no seio familiar, estão sendo questionados por estruturas científicas, buscam mecanismos para defender este saber, fruto do conhecimento imediato, atacando o novo conhecimento exposto na sala de aula. Observei através das filmagens, as rotas de fuga dos estudantes quando estes, através de suas argumentações, não conseguiam me convencer a respeito do que acreditavam. Notei que os estudantes que não tinham seus pensamentos contemplados (obstáculos epistemológicos) durante o jogo, adotaram diante da minha participação, comportamentos ora de descaso, em relação as informações científicas que lhes davam durante a atividade que estávamos desenvolvendo, ora de agressividade e ironias.

Todos estes comportamentos foram previstos por mim, através de trabalhos anteriores desenvolvidos. É importante que o educador compreenda este momento de conflito, ou de insatisfação do aluno durante o jogo, isso é natural. É essencial que o professor tenha uma formação de como trabalhar com este tipo de situação, neste momento o professor não deve usar de nenhuma agressividade ou ironia, nem mesmo brincadeirinhas que possam expor o estudante, assim como as idéias expostas por ele durante a atividade (o jogo). Acredito que a postura mais promissora que um professor pode estar adotando é ouvir com seriedade as argumentações de seus alunos, e com respeito questionar e discutir estes saberes, pois como afirma Bachelard (1978) a verdade (explicações científicas que vão contra o senso comum) é filha da discussão e não da simpatia.

No caso da aluna E_5 percebendo que suas argumentações não me convenciam, a aluna preferiu mudar de assunto, seguindo com o jogo, perguntando aos colegas quem seria o próximo a lançar os dados. Acredito que a estudante, neste primeiro momento em que jogamos, não rompeu com o conhecimento anterior, que o obstáculo voltado aos aspectos quantitativos e qualitativos não foram superados.

É interessante ressaltarmos que os obstáculos apresentados pela aluna E_5 é um obstáculo histórico; Mayr (1998) aponta que estas idéias foram defendidas da época de Aristóteles até Lineu, onde se acreditava que a contribuição paterna era, quantitativa e qualitativamente, bem diferente da contribuição da mãe. Na época entendia-se por quantitativos “a força da influência do pai” e quanto ao aspecto qualitativo “a herança de traços individuais”.

> Conceitos estritamente quantitativos (como "a força da influência do pai") eram sustentados a par de conceitos puramente qualitativos (a herança de traços individuais, como a eugenia de Platão. (MAYR, 1998, p. 707)

Embora muitos filósofos discordassem sobre explicações atribuídas à herança das características, havia um ponto em comum, "o princípio da hereditariedade", para o qual a qualidade heróica do pai era com certeza passada ao seu filho.

Bachelard, no que diz respeito ao caráter qualitativo, argumenta:

> Um conhecimento objetivo imediato, pelo fato de ser qualitativo, já é falseado. Traz um erro a ser retificado. Esse conhecimento marca fatalmente o objeto com impressões subjetivas que precisam ser expurgadas; o conhecimento objetivo precisa ser psicanalisado. Um conhecimento imediato é, por princípio, subjetivo. Ao considerar a realidade como um bem, ele oferece certezas prematuras que, em vez de ajudar, entreva o conhecimento objetivo. (BACHELARD, 1996 p. 259)

O pensamento de Bachelard supracitado vai ao encontro das argumentações de Mayr (1998), quando comenta que a explicação à existência de formação de tantas idéias e dogmas constituídos por explicações inequívocas e folclóricas relacionadas à hereditariedade, é dada possivelmente pelo fato deste ser um fenômeno notável, observável.

> (...) Admitia-se uma grande plasticidade do material genético; pensava-se, por exemplo, que qualquer acidente com a mãe, como o susto diante de uma cobra, podia afetar o feto. (MAYR, 1998, p. 706)

Após a aluna E_5 ter participado dos dois jogos pedagógicos pela segunda vez, foi possível, através das entrevistas, averiguarmos que o obstáculo com relação ao sangue como transmissor das características hereditárias foi superado.

A aluna através do jogo demonstrou ter compreendido que o sangue não transporta as características hereditárias, o que já representa um grande avanço obtido através dos jogos e das discussões ocorridas em grupo; mas, por outro lado, a aluna mostra a elaboração equivocada sobre o conceito de gene. Embora durante o jogo "Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas", houvesse a compreensão de que temos estruturas em nosso DNA, que são os gene, responsáveis pelo transporte das características de uma geração a outra, acreditamos que a falta dos mecanismos de expressão gênica fez a aluna E_5 elaborar idéias incorretas a respeito do gene, uma vez que esta atribui à expressão do gene, característica como força, como veremos no relato a seguir.

E_5 Não sei explicar muito bem... ô é mais ou menos assim, vou dar um exemplo: o **AA** dele é mais forte do que o **aa** da minha mãe.

Prof. Mas o que significa AA e aa?Quem são eles?

E_5 Há professora, você falou lá, que AA é responsável pelas nossas aparências as mais fortes, tem umas que não são fortes são de outro gene, aparecem juntas, a característica que cada um tá levando as coisa né, como é mesmo...a tá as características.

Prof. Mas onde fica esse AA ou aa, quem são eles?

E_5 Ai professora, olha é assim...o AA e o aa, eles estão no DNA, como eles formam alguma característica na gente então eles são genes entendeu? Oh professora, o DNA, dos animais, dos seres humanas, das plantas eles tem...ah ta...lembrei... é formado por AT, GU, há não errei é AU com GC, então ....são várias coisinhas dessas que forma gene, e o gene as nossas características.

Prof: Mas como o gene forma as nossas características?

E_5 Há não...o gene não forma nada, só manda o que deve ser formado, se é de um tipo, se vai se de outro tipo, essas coisas

Prof: Então se o gene tem a informação para formar uma característica, certo?

E_5 Certo.

Prof: Então como essas características são formadas? Como que uma característica que está registrada em um gene pode expressar?

E_5: Aí...preciso pensar...espera aí...o **A** é mais forte que o **a.** Aí professora, o A é mais forte que o a então, então as nossas aparências aparecem por que tem alelo como A que é mais forte que o a e através da força.

Professora: Quem disse que **A** é mais forte que o **a,** de onde você tirou isso?

E_5: Ué...naquele cruzamento Aa, que dá um AA, dois Aa e um aa aí oh da 3 dominantes e um recessivo, por que o A e mais forte que o a.

Prof: O que é força?

E_5: A força é a força da gravidade, a força do imã, ela não dá pra vê, a gente estudou isso em física é o que é mais forte.

Os dois jogos pedagógicos contribuíram com o processo de aquisição do conhecimento no que diz respeito ao fator responsável para transmissão das características, uma vez que numa primeira abordagem a estudante justificava que era parecida com seu pai devido à força do sangue dele, do lado paterno. Mas acreditamos que poderíamos ter caminhado mais longe em relação à elaboração conceitual de gene, pois a estudante compreendeu que estes genes fazem parte da molécula de DNA e que são construídos através de nucleotídeos; porém, acreditamos que o tabuleiro responsável pela separação dos alelos para a formação dos gametas, tenha contribuído de forma negativa, pelo fato de ter sido

abordado somente nos aspectos ligados a separação de alelos, formação de gametas e leitura das combinações dos alelos, deixando de abordar os mecanismos de expressão gênica. Acredito que este aspecto foi falho durante a execução da atividade.

No intuito de corrigir, o que acreditamos ser uma falha no jogo (Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas), optamos na realização de futuras intervenções, que seria, trabalhar com o aluno os mecanismos sobre expressão gênica através de aula expositiva dialógica, mas principalmente através de aulas áudio-visuais, uma vez que este conteúdo apresenta um alto grau de dificuldade para a compreensão dos estudantes.

Durante o jogo (Construindo o Conceito de Gene), observamos que muitos estudantes tinham em suas mentes o sangue como fator responsável pela transmissão das características.

Abaixo transcrevi o diálogo da aluna E_8, que no questionário pré-teste atribui ao sangue o papel da hereditariedade.

> Prof. Como as características genéticas são passadas ao longo da geração?
> E_8 através do DNA e do sangue, são 23 cromossomos do pai que vai somar com 23 cromossomos da minha mãe, e que vai, se der tudo certo é claro, nacer um bebe com 46 cromossomos, porque é importante a gente, como fala...a gente ficar com esse número da nossa espécie a nossa espécie tem 46 cromomossomo não é mesmo prof?
> Prof. Você disse que o DNA transmite as nossas características, mas se é o DNA que transmite nossas características, que são transportadas pelos gametas, então qual é o papel do sangue nesta história?
> E_8 Não...eles também levam as nossas características pro filho....Oh prof!!!...
> Prof. Então.... por isso que não estou entendendo que função tem o sangue na hora da transmissão!
> E_8 Ah tá entendi agora. É que o sangue tá dentro do espermatozóide ali junto com o núcleo é só uma gotinha, oh depois a célula, que o esperma do homem fecundou, então...que vai dar origem a um bebe, então ela se multiplica, não se multiplica? Aumenta de tamanho não aumenta? Então o sangue também aumenta e se esparrama pelo corpo, oh pra forma gameta se faz o quê? Uma divisão lá, meiose. Pra forma tecido sanguíneo é.....a mitose, não é a mitose que faz o tecido como é mesmo, há ta ta ta epitelial, do tecido do osso.
> Prof. Então você está dizendo que se o sangue não estiver dentro do espermatozóide nós não teremos veias?
> E_8 È. É por isso que o sangue tem que tá junto.
> Prof O ovócito também tem sangue?
> E_8 Tem professora, tem que te, é ali que o bebe vai se gerado, o bebe se nutre pelo sangue da mãe, as vezes, ele puxa até o sangue da mãe.

> Prof; mas...quando você foi ao laboratório ver a célula da bochecha, você viu sangue ali?
>
> $E_{8:}$ não reparei
>
> Prof. Em algum momento quando você estudou o citoplasma da célula, mitocôndrias, complexo de golgi, reticulo endoplasmático liso e rugoso
>
> E_7 Há ta ta lembro sim, fiquei de exame esse ano, primeiro ano num é?
>
> Prof; É conteúdo de primeiro ano
>
> E_8 não...!!!! acho que nunca falou nada disso!! É professora eu acho que não tem sangue!!!
>
> Prof . Então.
>
> E_8: Mas o espermatozóide tem.
>
> Prof. Por que só o espermatozóide ?
>
> E_8 Não no óvulo também.
>
> Prof. Tudo bem mas por que só essas duas células?
>
> E_8 Há...prof por que as outras células não forma criança né? Por que a célula da bochecha vai querer ter sangue, ela já ta num lugar onde tem sangue. Diferente de um bebe que tem que formar o sangue para depois formar as células. As células dependem do sangue pra sobreviver, até a gente depende do sangue.

Antes dos jogos pedagógicos, a estudante também atribui ao sangue à função da transmissão das características, mas depois dos jogos pedagógicos, compreendeu que o DNA era o material genético responsável por transmitir, de uma geração a outra, nossas características, e que estas eram transportadas por células haplóides, espermatozóide e ovócito. Porém, observamos também, junto a esta nova elaboração conceitual, que a aluna E_8 criou um mecanismo para não confrontar as idéias novas (DNA, como fator responsável pela transmissão dos caracteres) com a idéia antiga, o sangue como fator responsável de transmissão de caracteres. Para isso a aluna encaixa o sangue dentro das células (espermatozóides e ovócitosII) responsáveis pela transmissão das características.

A aluna E_8 incorporou o conceito de cromossomo, função dos gametas, mitose e meiose, mas os jogos por si não auxiliam na elaboração conceitual de gene. Para que os alunos elaborem os conceitos científicos propostos pelos jogos pedagógicos, é necessário que o professor se faça presente, participando das atividades junto aos alunos, dialogando e questionando suas respostas mesmo que aparentemente estejam corretas.

Através da execução dos jogos pedagógicos, pude perceber o quanto é importante a presença do professor como mediador do conhecimento, que nenhum material didático ou jogo pedagógico, substitui o papel do professor na aquisição do conhecimento.

A aluna $E_{8,}$ pode refletir sobre o papel do sangue na transmissão, porque foi questionada pela professora, estes questionamentos conduziram a estudante a psicanalisar a função do sangue, superando um de seus obstáculos epistemológicos.

Acredito que a dificuldade em percorrer a seqüência bachelardiana, psicanálise do conhecimento e desestruturação (SANTOS, 1991), relacionada ao sangue, como agente presente na constituição celular haplóide, possa ser resolvida quando a estudante conhecer o estágio de desenvolvimento embrionário, mórula, blástula, etc. Apresentamos estes como possíveis fatores que possam fazer com que a aluna supere este obstáculo epistemológico, uma vez que a estudante relata, não ter estudado, nos dois primeiros anos do ensino médio, eventos voltados à fecundação, reprodução humana e embriologia.

Desta forma, reflito que a aluna aprendeu sobre o papel do sangue em nosso organismo, que é transportar nutrientes e oxigênio a fim de realizar metabolismo celular necessário para o desenvolvimento e manutenção do nosso corpo. Podemos considerar um avanço no conhecimento cientifico de E_8, por ter compreendido o desvinculado a herança da hereditariedade como algo ligado ao sangue.

Porém torna-se necessário argumentar que o conceito de sangue é um conceito-obstáculo, usado como sinônimo de uma riqueza profunda, de uma riqueza íntima, de uma concentração dos valores. Torna-se, então, objeto de coisas fortes, de valorizações a que os mais diversos devaneios animistas dão livre expansão. O obstáculo bloqueia o conhecimento da construção de novo conceito.

Outro obstáculo que nós professores podemos observar durante as aulas de genética, está relacionada a Herditariedade de Caracteres Adquiridos.

Este obstáculo epistemológico é histórico, foi proposto pela primeira vez Hipócrates, considerado o pai da medicina, mas que de acordo com Moore (1986) poderia ser considerado também o pai da Genética, pois foi este filósofo que por volta de 410 a.C., propôs a Pangênese (a hereditariedade ocorria através de partículas produzidas por todo o corpo, e transmitidas no momento da concepção).

Esta conclusão foi construída através da observação, do conhecimento imediato, na prática não refletida, desta forma, é um obstáculo realista.

Bachelard (1996) caracteriza como obstáculo realista a compreensão dos conceitos científicos por meio do concreto sem chegar ao abstrato. Lopes (1992) aborda que os obstáculos realistas se apresentam a medida que o racionalismo é pouco desenvolvido. Os

realistas trabalham com o macro sem desenvolver o micro, que é totalmente abstrato, "escondendo" o verdadeiro conceito científico.

Hipócrates elaborou a hipótese da Pangênese a partir da existência dos macrocéfalos (cabeça muito longa), na população humana. Esta característica era vista na época, como sinal de nobreza, assim os pais moldavam os crânios dos recém-nascidos, ainda flácido, de acordo com a forma deseja.

Foi através da observação, Hipócrates escreveu que a cabeça alongada era adquirida inicialmente de modo artificial, mas que com o passar do tempo, esta característica (cabeça alongada) se tornou uma característica hereditária e a prática (moldagem dos crânios nos recém nascidos) não era mais necessária.

Desta forma, Hipócrates propôs o conceito de hereditariedade dos caracteres adquiridos, conceito este adotado por Lamarck.

A forma como a teoria da Pangênese e o conceito da hereditariedade das características adquiridas, foram desenvolvidas dentro do obstáculo realista neste tipo de obstáculo podemos observar a utilização de conceitos e descrições de fenômenos pela visão concreta sem a realização da devida abstração do processo.

Com o objetivo de se trabalhar com este obstáculo epistemológico, uma vez que este se faz presente na história da genética e na sala de aula, construímos uma questão no jogo pedagógico – Construindo o conceito de Gene -, onde pudéssemos trabalhar este obstáculo rumo a sua psicanálise.

A questão elaborada envolvendo esta problemática foi a seguinte: Um homem sofreu uma queda e como conseqüência ficou com um corte no queixo, gerando uma cicatriz. O seu filho, que nasceu alguns anos depois do acidente nasceu com um furinho no queixo. Eu posso atribuir este furinho no queixo do bebe, a queda do pai?

Abaixo transcrevi a resposta do aluno E_7:

> $E_{7:}$ Sim é possível, mas quero dizer que nem todos os casos vai acontecer se ele tiver um furinho.
>
> Pof: É possível, esse furo no queixo do pai, fruto de uma queda, ser transmitida para o filho? É isso que você quis dizer?
>
> E_7: Não tem a característica do furinho? Que na maioria das vezes, como a senhora falo é dominante?
>
> Pof: Mas este rapaz não nasceu com nenhum furinho no queixo, ele tem um furo agora, por que foi uma característica que surgiu depois de uma queda.

$E_{7:}$ Eu entendi professora, mas pode passa pra criança não pode? Pô professora é no mesmo lugar, a senhora não acha muita coincidência? Eu não to dizendo que é, eu to dizendo que pode ser.

Prof: Porque que você acha que pode ser passada para o filho?

E_7: Há...sei lá, experiência da vida, minha mãe tem uma mancha nas costas, eu tenho a mesma mancha na barriga.

Pof: Mas a mancha que a sua mãe tem nas costas ela nasceu com ela ou adquiriu depois?

E_7. Não, ela nasceu com isso

Guilherme: Só que esse furinho no queixo ai foi por acidente?

Prof: Foi através de um acidente!

Guilherme: Então esse furinho que nasceu pode ser uma característica dominante, não ser ligada diretamente aos pais.

$E_{7:}$ Há professora sei lá, ô a senhora já ouviu falar de um homem que tinha só a metade do braço, com dois dedos na ponta?

Prof: Eu conheço uma pessoa assim com estas características, ele tem duas crianças e elas tem braços normais, braço, ante-braço e na ponta tem cinco dedos.

E_7: Há!!!... probabilidade né professora, não é a senhora que vive dizendo por aí que tudo é probabilidade, nada é certeza... então tá vendo, a probabilidade deu certo.

Prof: Sim, e este homem nasceu assim, ele não teve o braço amputado, e nem por isso ele teve filho com a característica dele.

E_7: Agora a senhora que me convence que eu posso casa com uma mulher sem braço, e que não vai acontecer nada com meus filhos? Não...tá certo isso não!

E_7: oh.. só pra senhora vê...um cara aí oh...da orelha comida (...) comida assim...ele tem a ponta da orelha mastigada, aí ele engravido uma moça e disse que o filho não era dele.E não era? Não era o quê!!! A criança nasceu com a orelha mastigada, não tinha nem o que negar, nem teste de DNA preciso faze.

E_7: É professora e a senhora dá risada né! A minha vó e que ta certa, pimenta na rodela do olho dos otros é refresco. A senhora... há a senhora não tanto, mas oh os otros professores aí oh, agora deram pra defende índio, só direito dos índios, eles só tem direito, sem terra tem direito, bandido agora viro vítima, que bandido é excluído, ou ele é excluído primeiro pra depois vira bandido, há...vo vira vagabundo também né, vocês ai oh, professores precisa sair desse mundo aí oh, e vê o que acontece na vida real.

Ao longo do discurso do aluno $E_{7,}$ identificamos algumas frases que se apresentam como um verdadeiro obstáculo ao conhecimento científico, que é o obstáculo realista, ele aparece na fala do aluno E_7 quando concorda que uma característica adquirida acidentalmente pode ser transmitida ao filho, e esta conclusão o aluno retira, como ele mesmo diz, da sua

experiência de vida, ou seja, através da observação, sua mãe tem uma mancha na barriga e esta mesma mancha apareceu nele nas costas.

É possível se observar na fala do E_7 o apego pelo o que ele construiu através da visão.

O obstáculo realista se caracteriza pelo apelo por aquilo que acha que está vendo, pelo real, assim os realistas acreditam que o ato de ver implica numa interpretação do que é visto.

> O conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras. Nunca é imediato e pleno. As revelações do real são recorrentes. O real nunca é "o que se poderia achar" mas é sempre o que se deveria ter pensado. (BACHELARD, 1996, p. 17)

O conhecimento retirado da experiência de vida do aluno E_7, é um conhecimento que projeta sombras, e uma destas sombras é a interpretação arraigada de preconceito. Na fala do aluno E_7 que afirma, que um rapaz que apresenta a ponta de uma de suas orelhas não uniforme (orelha mastigada), tem um filho com as mesmas características, é uma leitura que não necessariamente compartilhada pelos alunos, pois cada um apresenta um histórico de vida único. Porém, este aluno aprendeu determinados conceitos, e usa este conhecimento para explicar as situações em seu cotidiano.

Fazer com que esse aluno "psicanalise" este conhecimento, negando suas primeiras impressões sobre a hereditariedade, fruto do obstáculo realista, é difícil de superar.

Essa ruptura com o real é fundamental, e é fruto do realismo ingênuo, constituído de forma oculta, onde suas formulações teóricas, que são experimentalmente testadas para se verificar a autenticidade entre a teoria e a realidade, paralisam o caminhar da aprendizagem, o sujeito torna-se, então, um escravo das sensações.

> As imagens virtuais que o realista forma desse modo, admirando as mil variações de suas impressões pessoais, são as mais difíceis de afugentar. (BACHELARD, 1996, p. 184)

O conhecimento que não se processa contra o conhecimento anterior, permanece podendo gerar, ou até mesmo alimentar novos obstáculos. No caso do aluno E_7, o obstáculo realista pode encaminhar novos obstáculos para a compreensão da ciência; entre os novos obstáculos encontramos o da generalização e da certeza.

O conhecimento geral é um obstáculo epistemológico, por imobilizar o pensamento. Esta imobilização do conhecimento ocorre devido ao conhecimento vago, falas generalizantes, de simples aplicabilidade a qualquer situação, elas se estruturam de forma que responde a qualquer pergunta, as respostas são sempre fixas, o conhecimento é imóvel. O fato

de E_7, apresentar conhecimento vago, uma opinião formada sobre o fenômeno da hereditariedade, atribui todos os caracteres adquiridos como sendo possível sua transmissão à próxima geração, ele generaliza todos os eventos, e esta generalização parte do fato dele apresentar a mesma mancha de sua mãe, embora a dele (E_7) seja na barriga e de sua mãe, nas costas. Este evento ganhou reforço com a história do rapaz que apresenta a orelha comida – como ele mesmo chamou. Estes dois fatores já foram suficientes para que, ao responder a questão se é possível transmitir à próxima geração uma característica que foi adquirida através de um acidente, pudéssemos perceber uma compreensão generalizada.

A generalização causa danos com relação à compreensão de conceitos científicos. Os estudantes generalizam conceitos e conclusões obtidas sobre uma realidade e migram para outras, levando consigo inclusive os detalhes, as especificidades da antiga realidade.

Quando um obstáculo ao conhecimento, não é psicanalisado, como ocorreu na fala do aluno E_7 em relação: as anomalias humanas; aos mecanismos de transmissão de uma geração a outro, e a valorização da experiência, este conhecimento permanece pobre, inativo, porque o conhecimento não foi questionado, não foi negado, desta forma não sofreu nenhuma ruptura. Bachelard (1996) afirma que um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento que não foi questionado.

Assim, como o obstáculo realista, compartilha espaço com o obstáculo da generalização, chega a ser natural que outros obstáculos também venham a fazer companhia. Neste caso o obstáculo da generalização, está acompanhado por outro obstáculo epistemológico, o da certeza.

O obstáculo da certeza é oriundo da dificuldade de mudança, (transformação da maneira como se vê o mundo, os fenômenos). A crença de que existe uma verdade definitiva gera o obstáculo da certeza. Sendo assim, se um novo conhecimento aparece questionando o conhecimento anterior, opta-se por ficar com o anterior por existir a idéia de que ele é válido, descartando assim, a necessidade de mudança.

Podemos analisar este evento através das colocações da fala do aluno E_7, quando seu conhecimento anterior é questionado. Quando a professora argumenta que é possível uma pessoa que apresenta braços curtos, ter filhos com braços normais, o aluno imediatamente refuta a idéia alegando que a professora quer convencê-lo do contrário, e o que a professora explicou não pode estar certo.

A próxima resistência a mudança vem em através do exemplo a respeito do nascimento de uma criança que apresenta um desnível na ponta da orelha (orelha comida), o

aluno E_7 alega que não é preciso a realização do teste de DNA; a orelha da criança é a maior prova de paternidade, é irrefutável.

Bachelard (1996) afirma:

> Chega o momento em que o espírito prefere o que confirma seu saber àquilo que o contradiz, em que gosta mais de respostas do que de perguntas.(BACHELARD, 1996, p. 19)

Estas certezas que os alunos trazem para a sala de aula é nutrido pelo conceito de verdade absoluta. Barbosa (1996) diz que quando o aluno tem um novo saber que questiona o saber anterior, ele fica com o conhecimento anterior por existir a idéia de que ele é o válido e não precisa haver mudança.

O obstáculo de juízo de valor, também se fez presente diante de uma fala (E_7) muito utilizada pela sociedade, ensinada pelos nossos avôs, "*pimenta na rodela do olho dos outros é refresco"*. Essa frase, diante do tema abordado – hereditariedade -, e sobre a perspectiva de um questionamento sobre o que achamos que sabemos, recebeu uma valorização exacerbada, pois o significado que a frase tem para aluno, é de que as idéias científicas não devem superar a experiência vivida. Esta frase, muito provavelmente, foi utilizada por E_7 para refutar e proteger o que até aquele momento, para ele, era um conhecimento inquestionável.

Bachelard (1996) relata que em uma das obras de Bacon, ele descreve que desde pequeno teve verrugas nos dedos, e que elas são curadas quando as matérias que eram esfregadas nelas fossem deixadas apodrecendo, porque apodrecendo a matéria, a verruga desaparece. Mas o que Bacon não relata, foi que, quem esfregou (a matéria) toucinho de porco em seu dedo, deixando depois esse toucinho de porco apodrecer, foi a Esposa do Embaixador da Inglaterra. Em relação a este episódio Bachelard comenta que os obstáculos e o preconceito são mantidos sob a proteção de um nome famoso.

Fazendo uma transposição com o episódio de Bacon, com a frase dita por E_7, a sensação que fica é que seus preconceitos e obstáculos ao conhecimento de genética estão protegidos não pelo nome de uma pessoa famosa, mas por uma frase famosa, frase que é um produto da sociedade, elaborada na experiência imediata, tão valorizada pelo estudante.

> Nada segura o realista que, sobre uma realidade, acumula perfeições. O valor é a quantidade oculta mais insidiosa. É a última a ser exorcizada porque é nela que o inconsciente fica ligado por mais tempo e com mais força. (BACHELARD, 1996, p. 180).

Embora o realismo seja o mais difícil de ser exorcizado, esta pode ser abalada quando fenômenos são dialogados dentro da sala de aula, dentro de argumentos orientados por raciocínios lógicos. O relato abaixo demonstra um possível abalo do conhecimento não cientifico.

O que descrevemos a seguir foi fruto das perguntas de uma das cartas-bombas relacionadas ao fenótipo furo no queixo. A pergunta permeava a possibilidade de um homem que, através de uma queda, passa a adquirir uma perfuração no queixo, e que ao longo dos anos, ao ter um filho, este também passou a apresentar o fenótipo "furinho no queixo". O que a aluna deveria responder se a procedência deste furo no queixo na criança teria alguma relação com a perfuração acidental no queixo de seu pai na juventude.

Com relação a pergunta exposta acima a aluna G_1 respondeu que poderia ser herdado geneticamente, por se tratar de uma característica dominante, mas que existiam também outras formas de se obter esta característica. Abaixo se encontra a fala da aluna G_1 transcrita.

> $G_{1:}$ Professora eu entendi o que a senhora quis dizer, mas a senhora sabia que o furo no queixo e as covinhas nas bochechas, elas também podem ser feitas pelas parteiras.
>
> Prof: Ah ..é???!!!!!!
>
> $G_{1:}$ Sim professora, só pra senhora ter uma noção, quando eu nasci, a minha mãe, pediu pra parteira fazer as covinhas nas minhas bochechas, olha, olha aqui, não são os furinhos da genética que a senhora tá falando? Pois as parteiras também fazem isso.
>
> $G_{1:}$ Olha a cara da professora. A senhora fica assim, por que a senhora faz parte da nova geração, não é do seu tempo professora! Mas antes, quando as mulheres ganhavam bebê em casa, a parteira perguntava, ali oh, na hora que o bebê tava nascendo, se a mãe queria que criança nascesse com furinho no queixo, ou covinhas nas bochechas, o que você quisesse elas faziam.
>
> Prof: Mas...como elas faziam estes furinhos na bochecha e no queixo, elas cortavam?
>
> $G_{1:}$ Não professora, elas tinham as unhas enormes, bem cumpridas, aí pegavam essa unha aqui ôh, apertava bem forte no queixo do bebê, porque a pele do bebê quando ela nasce é muita molinha, muito sensível, então uma apertadinha que dava, pronto já fica a marca, e seu filho tem um furinho no queixo, só que não sangrava viu professora.
>
> $G_{1:}$ A Gabriela nasceu em casa com parteira, quase morri, a parteira pergunto se eu queria que ela fizesse um furinho no queixo ou na bochecha, pra ficar parecida comigo (neste momento a filha interrompe)

$G_{2:}$ Credo mãe, ainda bem que a senhora não deixo.

$G_{1:}$ Há...não deixei mesmo! Falei pra não relarem a mão na minha filha. Veja professora, nem o furo na orelha pra ela colocar brinco a minha filha não tem.

Durante esta narrativa, a sala ficou em silêncio, ouvindo atentamente o testemunho da aluna G_1. Alguns alunos ficaram espantados com a história, disseram que não sabiam que as parteiras faziam isso. Nesta aula, estavam presentes 24 alunos, nenhum aluno questionou, ou duvidou do relato de $G_{1.}$

Prof: $G_{1,}$ você acredita mesmo, que um apertão com a unha, faça um furo no queixo da criança? Será que é simples assim?

$G_{1:}$ Professora, <u>são muitas evidências</u>, olha essa mancha que temos no braço da vacina BCG, mostra filha a sua! Olha aí professora no braço da senhora, quando vocês tomaram, vocês eram todos novinhos, a pele era muito sensível, e veja, ficou marca.

Prof: Mas o bebê toma outras vacinas, não é só a BCG, e elas não deixam marcas.

$G_{1:}$ Há ... professora, mas é diferente, essa vacina é muito agressiva, ela encurrala a pele, e não tem pra onde escapa, as outras vacinas não, a agulha entra na pela e faz um furinho pequeno.

Prof: Você já soube de algum caso onde a mãe pediu pra parteira fazer um furinho no queixo, e a parteira não conseguiu?

$G_{1:}$ Não professora, ninguém fica comentando essas coisas, isso não é importante, eu só to falando porque aqui no jogo, esta carta pergunta se o furinho é ou não uma característica genética, e eu estou dizendo para a senhora que pode ser uma característica herdada geneticamente, ou <u>pode ter sido feito pela parteira porque ela fez em mim.</u>

G_1: Aí professora (dando risada), a senhora faz um cara!!! A senhora deve está achando estranho né?

Prof: Estou.

$G_{1:}$ É que a senhora é muito novinha, a sua mãe e o pai da senhora deve ter nascido no hospital, não teve essa vivência que nós tivemos, e depois a gente entra na universidade, aí pronto, a nossa cabeça vira. O que a gente pensava que sabia, a gente descobre que a gente não sabia.

Prof: Mas $G_{1,}$ só você na sua família que tem furinho no queixo?

$G_{1:}$ Não professora, o meu filho também tem, só a Gabriela que não tem.

Prof: Mas e seus pais, avos, tios....

> $G_{1:}$ Professora eu não conheci meu pai, morreu quando eu era bebê, mas a minha família, e amigos muito próximos a minha família, dizia que eu era muito parecida com meu avô, na verdade diziam que eu era muito parecida com meu pai, e meu pai com o meu avô, e nós três temos o furinho queixo, precisa vê professora que barato.
> Prof: Você não acha que você herdou esta característica do seu pai, que por sua vez, herdou do seu avô?
> $G_{1:}$ Professora, eu nunca parei pra pensar nisso, agora e que eu estou aprendendo genética, o que é DNA, que são os gametas que levam nossas...como fala...nossos genes, eu nem sabia que isto existia professora, isso é novo pra mim, tudo é novidade...mas eu acho que a senhora pode ter razão, por quê não? Se meu avô tem, meu pai tinha, e eu tenho pode ser sim, pode ser genético.
> Prof: Mas G_1 por que que pode ser genético, por que que não é genético? O que está acontendo para você ainda fica na dúvida.
> $G_{1:}$ Não é professora, não estou na dúvida... senhora vai rir de mim...(a aluna dá risada)
> $G_{1:}$ Professora, e que a minha mãe disse que foi a parteira que fez o cortezinho no meu queixo, e o meu pai e o meu avô também tiveram parteiras (aluna dá risada)
> Gabriela filha da $G_{1:}$ Mãe só falta a senhora falar pra professora, que a parteira que fez o parto do meu bisavô, fez o seu também.
> $G_{1:}$ Professora a senhora está dando um nó na minha cabeça, eu não sei mais o que eu penso.
> $G_{1:}$ Antes eu tinha certeza que tinha sido a parteira, agora estou com dúvidas professora, me dá um tempo, vamos jogar porque agora vou te que pensar, agora a senhora arrumou um problema pra minha cabeça.

Depois desta reflexão alguns alunos começaram a questionar se realmente foi a parteira a responsável pelo furinho no queixo e pelas covinhas nas bochechas.

Perguntamos à sala porque eles não disseram que seria inviável apresentarmos tal fenótipo desta forma, através da unha de uma parteira, por que só depois da discussão eles começaram a duvidar a respeito da forma de herança do furinho no queixo.

As justificativas para uma possível regressão de um conhecimento que já havia dado alguns passos para o conhecimento científico, se basearam na credibilidade que os mais jovens dão aos mais velhos.

Abaixo se encontram relatos das justificativas apresentadas pelos estudantes que apresentaram um significativo avanço científico, e que depois do depoimento da aluna G_1 demonstraram certo retrocesso.

> $G_{14:}$ Se fossem um cara, ou uma garota novinha, eles não teriam acreditado de jeito nenhum, mas quem estava dizendo isso, e com muita seriedade, era a $G_{1,}$ e ela não é qualquer uma, é uma senhora, já tem filhos, é a melhor da sala, só tira notas boas, é uma pessoa vivida e experiente, e além do mais, ela não está dizendo que ela ouviu falar que isso acontecia, que um dia contaram pra ela, isso não é uma lenda prof a senhara tá entendendo? Isso aconteceu com ela, ela viu isso acontecer, isso eu acho demais.
>
> G_{12}: É professora não é história, isso aconteceu com ela, num é? Não aconteceu com você? (ela fez esta pergunta olhando para G_1)

A aluna G_1 argumentou que não gostaria de tomar partido e disse que esta foi uma explicação que a mãe e as tias deram para ela, mulheres simples e analfabetas, nunca freqüentaram uma escola, mas que não é por isso que ela estava duvidando, mas é que ela precisava pensar, que ao chegar em casa ela pegaria as fotografias estudaria o assunto com mais alma, e que hoje ela não tem tanta certeza que isso pode ter acontecido (aqui ela duvidou do poder da parteira).

Em outro momento do jogo, uma das perguntas estava relacionada ao fato de um casal ter sofrido um acidente, onde ambos saíram com muitas seqüelas, a problemática a resolver era: se caso tivessem um filho, este por sua vez poderia herdar uma destas seqüelas?

Nas narrativas abaixo podemos observar as explicações baseadas no que Bachelard chama de Opinião, opiniões estas que os estudantes constroem em seu seio familiar e em sociedade. Podemos identificar estas opiniões de acordo com as respectivas expressões: Eu acho; Eu acredito; Eu penso assim; Eu acho que é assim, entre outros.

Segundo Bachelard (1996), a ciência se opõe absolutamente à opinião e não se pode basear nada na opinião, porque a justificativa que será atribuída às causas de um fenômeno está baseada na experiência primeira, no conhecimento imediato que, aliás, precisa ser destruída, pois é o primeiro obstáculo que deve ser superado.

Opiniões e intuições contribuem para que os estudantes permaneçam com o conhecimento anterior, com respostas prontas em detrimento de instigantes perguntas. Os alunos preferem informações que confirmem seus saberes a àquelas que os contradizem. Abaixo temos um exemplo do que acabamos de discutir, o aluno discute a questão, explicando a má formação fetal de acordo com o que foi construído em sociedade.

> E_{20}: Eu acho que é asssim, que nem a senhora foi lá e cortou o braço, as células que estavam ali se partiram, elas se quebraram, então quando foi mandado a aparte do

> DNA da mãe lá pro negócio, lá tipo já foi com a falta desta parte da célula que foi cortada, se a criança nasceu daquele jeito é por causa da célula que foi cortada naquele local.

O aluno E_{14} contra argumenta dizendo:

> E_{14}: Eu não acho isso, ... eu discordo, eu nasci perfeito, perdi meu braço, sei lá num acidente, mas a informação que está no meu DNA não vai muda por conta disso, ele não fica mudando, o que aconteceu depois que você nasceu, não tem nada a ver, já foi.

A aluna E_{20} agora dá um exemplo, usando uma analogia:

> E_{20}: Por que é asssim... que nem as células ali, é que nem a senhora pega uma fruta lá e a senhora corta ela, as células que estavam naquele local antes de corta era inteira, mas quando cortou ficou metade, então foi mandada a mensagem daquela parte do braço que ficou, entendeu?
> E_{20}: E que nem você rasga uma prova, eu posso ter a prova inteira de novo, mas aí eu vou te que colar, sei lá fazer alguma coisa, mas não vai mais ficar como era antes, vai ficar com defeito.

Com relação às analogias de E_{20}, E_{14} disse:

> E_{14}: Quando você quer que nasça um pé de laranja, você planta a fruta ou a semente?
> E_{20}: A semente.
> E_{14}: Então você cortou a fruta, a semente ficou normal, porque a semente já estava formada.

As falas descritas acima, desenvolvidas durante o jogo, criaram no aluno E_{14} a transformação do aluno em professor. Bachelard (1996) aborda a importância da transformação do aluno em professor. Com referência a essa colocação, Lopes (1993) afirma que no exercício de transmissão e recepção de conhecimento, espíritos dinâmicos e autocríticos se formam, vitalizando o pensamento; nesse sentido, o conceito é adquirido por racionalização, e não por uma constatação empírica.

Para Bachelard (1996), um ensino recebido é psicologicamente um empirismo, mas um ensino ministrado é psicologicamente um racionalismo.

Esta frase de Bachelard contempla o comportamento argumentativo do aluno E_{14} quanto às pré-concepções da aluna E_{20}.

Durante todo o desenvolvimento do jogo pedagógico – Construindo o Conceito de Gene- a aluna E_{20} apresentou um comportamento diferente do que vinha praticando anteriormente. E abandonou o comportamento despojado, brincalhona por uma postura mais tensa e pensativa. Por algumas vezes demonstrou querer voltar ao assunto, voltar a discutir novamente o seu ponto de vista.

Na aula seguinte, a aluna E_{20} disse que comentou a respeito do jogo em casa, e disse à mãe que o fato de você perder uma parte do seu corpo e depois ficar com medo que a ausência desta parte seja passada para seu filho, não faz sentido. Então a mãe lhe questionou utilizando como exemplo os japoneses que foram que foram mutilados, e que até hoje sofrem de câncer, devido a bomba que caiu na cidade de Hiroshima e Nagasaki, pois mãe obteve esta informação através de um documentário, onde os depoimentos destas famílias, relatavam que as seqüelas e as marcas da guerra permanecem até hoje.

A mãe relatou a filha, aluna E_{20}, devido à guerra (bombas) pessoas que eram sadias e perfeitas, ficaram doentes e frágeis, começaram a ter filhos com problemas; pais que perderam pernas ou braços durante a guerra passaram a ter filhos deformados ou faltando algum membro do corpo como pernas e braços.

À primeira vista, a impressão que fica foi de que o documentário contribuiu para o surgimento de um obstáculo à compreensão dos conceitos científicos, a analogia que a aluna E_{20} fazia com a laranja cortada era um exemplo do que estava ocorrendo na sua vida. Seu avô por ser diabético, teve que amputar uma das pernas; o seu tio, irmão de sua mãe, recentemente, também teve que amputar uma de suas pernas, agora a mãe desta aluna também está fazendo tratamento médico, para que não venha a amputar a perna também.

Há um agravante familiar que reforça a crença na herança de caracteres adquiridos. Pois o avô teve um filho antes de amputar a perna, já o tio mais novo e a mãe da aluna E_{20} , nasceram depois desta amputação, o tio mais velho é saudável, o tio mais novo teve que amputar a perna, e agora a sua mãe também corre o risco de amputar a perna também.

Esse acontecimento familiar transferiu o conhecimento imediato, expondo o obstáculo realista, para o jogo. A situação que a aluna E_{20} faz da laranja cortada, dando origem a laranjas não saudáveis, ou seja, laranjas pela metade, foi um conclusão construída em seu cotidiano através da observação, sendo assim, é natural que a aluna utilize o seu cotidiano para explicar uma situação fictícia (um casal que teve partes do corpo afetada se questionando da possibilidade de transmitirem estas imperfeições aos seus futuros filhos).

As dúvidas e as certezas apresentadas pelos estudantes, sobre a questão que cumpunha a carta e as amputações ocorridas na família da aluna E_{20}, foram resolvidas quando expliquei que a doença, conhecida como diabete, poderia ter ou não um caráter hereditário, ou seja, ser transmitida de pai para filho, ou através ser desenvolvida por fatores externos como: consumo de bebida alcoólica, sedentarismo, estresse, etc.

A aluna E_{20} compreendeu os fenômenos, por que estabeleceu a lógica sobre os conceitos relacionados à genética, seu conhecimento anterior foi falseado, o conhecimento anterior não conseguiu permanecer diante da inquietude e questionamento do novo saber científico. Neste sentido Bachelard arguenta:

> (...) a evolução de um conhecimento particular caminha no sentido de uma coerência racional. A partir do momento em que se conhecem duas propriedades de um objeto, tenta-se constantemente relacioná-las. Um conhecimento mais profundo é sempre acompanhado de uma abundância de razões coordenadas. (BACHELARD, 1996, p.12)

Voltando a discutir a figura 4 – Concepções Alternativas sobre fatores responsáveis pela transmissão de Características Hereditárias – entre o questionamento sobre o mecanismo responsável pela transmissão da hereditariedade, dos 159 estudantes, 93 apontaram o sangue como responsável, através dos jogos pedagógicos e das discussões ocorridas, o número de alunos que permaneceram com esta concepção foram somente 27 estudantes. É um número muito reduzido, desta forma, acredito que atingimos o objetivo que era fazer com que o aluno relacionasse a molécula de DNA (e não o sangue) à transmissão de características hereditárias.

No primeiro questionário aplicado aos estudantes somente 29 estudantes do 159, escreveram como fator responsável pela transmissão das características hereditárias a molécula de DNA, depois da atividade os número de alunos que citaram a molécula de DNA, passou para 98 estudantes.

Mas não foi somente a noção de sangue, que se apresentou como um problema para o ensino de genética, a não compreensão da real constituição molecular do conceito cromossomo, também apareceu na pesquisa. Dos 159 participantes da pesquisa, 8 alunos, disseram que o cromossomo era o fator responsável pela transmissão das características, na verdade está correta, mas não as considerei como respostas certas, porque ao entrevistar estes 8 estudantes, todos disseram que DNA não é tem a mesma constituição genética do

cromossomo, são estruturas diferentes, e que o cromossomo, está presente nos espermatozóides e ovócitos, o DNA não.

Este equivoco foi corrigido durante as aulas, onde explanei que o cromossomo é a molécula de DNA enrolada em proteínas chamadas histonas. Depois das atividades desenvolvidas (os jogos pedagógicos), 20 alunos citaram com clareza, pois constatei nas entrevistas, que são os 46 cromossomos, que são moléculas de DNA enrolada, e não somente os cromossomos X e Y, os responsáveis pela transmissão da hereditariedade.

Nem todos os estudantes responderam esta questão, 17 estudantes deixou a resposta em branco, e 12 escreveram – não sei.

Mesmo assim, fui atrás destes 29 estudantes investigar – o não sei – e a resposta em branco.

Durante a entrevista, dos 29 estudantes, 14 alunos disseram que a transmissão das características ocorre porque o homem deposita na mulher o esperma. Os outros 7 alunos disseram que sabem como é feita a transmissão das características mas que na hora de responder o questionário deu branco, porém mesmo durante a entrevista, os estudantes não conseguiram responder. Dos 8 alunos restantes, incluindo 5 meninas e 3 meninos, não aceitaram fazer a entrevista.

Depois da aplicação dos jogos dos 12 alunos que escreveram, agora permaneceu somente 5, e dos 17 alunos que deixou a pergunta em branco, reduziu para 9.

Abaixo fiz a transcrição das entrevistas que realizei com os alunos 29 estudantes que não responderam a pergunta: Qual é o fator responsável pela transmissão das características hereditárias?

> $H_{6:}$ Ah professora sei lá, não é o esperma?
> G_5: Acho que é o esperma.
> G_{14}: Quem passa característica para a mulher engravidar é o semem.

Quando os questionei sobre os componentes do esperma, do sêmem, e como estes engravidam suas parceiras, o aluno G_{14} disse:

> G_{14}: Há tipo assim, o rapaz quando tem relação com uma garota, ele deixa dentro dela o esperma, e é isso... lá tem DNA, por que o que importa é o DNA, senão como é que vai prova que o filho é meu, não tem que fazer aquele teste lá de paternidade? Pro filho ser meu o DNA dele tem que ser que nem o meu, ah o esperma tem que ser branco e é isso. Isso é tudo o que eu sei.

Quando o aluno G_{14} disse que o DNA deveria ser branco, perguntamos a razão disso, por que não de outra cor? Então, respondeu:

> G_{14}: prá mim não é importante se tem cor ou não professora, ô loco nunca imaginei isso, ta tirando professora, sai fora.
> Prof.: Mas você sempre pensou que o DNA fosse branco?
> G_{14} :Não.
> Prof.: A partir de que momento, o que aconteceu para você concluir que o DNA é branco?
> G_{14}: Ah professora, foi uma aula aí...há naquela aula que a gente fez fora da sala,...que vê... naquela aula que a senhora disse pra trazer banana, morango, cebola detergente que a gente ia tirar o DNA deles então, qual é a cor do DNA da cebola e da banana que foi o que deu pra ver melhor, num foi branco? E o que é que tinha lá não era DNA, aquela sei lá, gosminha, lembra que a gente pego na mão, então por causa disso que pensei que o esperma fosse branco, por causa dessa parada aí.

Gomes e Oliveira (2007) abordam o quanto é natural o professor adotar estratégias de ensino a fim de facilitar a aprendizagem do educando porém, muitas delas, com analogias, metáforas, imagens, modelos e entre outras propostas pedagógicas deveriam ser fontes de reflexão sobre suas implicações.

Bachelard (1996) argumenta que estas atividades quando não muito bem trabalhadas podem contribuir para que o aluno produza noções inadequadas podendo acarretar a constituição de obstáculos epistemológicos.

Sendo assim, as aulas de laboratório devem ser administradas com muita cautela, pois quando mal lecionada, a mesma assume um papel que vai contra a formação do espírito cientifico.

Tudo indica que a aula prática de Extração da Molécula de DNA dos Vegetais, desenvolvida no laboratório da Escola, ao invés de fazer com que o aluno rompesse com a idéia de que sangue não é responsável pelas características hereditárias uma vez que os vegetais não apresentam sangue e nem por isso deixam de transmitir suas características às gerações seguintes, não só impediu ao aluno, psicanalisar o conhecimento empírico, como impossibilitou questionamentos sobre o conhecimento anterior, talvez até fortalecendo o obstáculo epistemológico.

Um destes obstáculos epistemológicos está relacionado à experiência primeira que se caracteriza pelo apego a beleza do experimento e não a explicação científica. A sedução de

um experimento pode ser tão intensa, que o aluno se apega ao experimento e não à explicação científica; o espírito quer ligar seus conhecimentos à imagem central e primeira, neste caso, à imagem primeira de molécula de DNA.

Bachelard (1996), com relação à prática da experimentação, afirma que esta deve ser utilizada como um recurso que vai auxiliar em uma determinada situação em estudo e não como um resumo a uma seqüência de eventos de resultados visualmente interessantes.

Para que o objetivo nas aulas de laboratório contribua para a formação do Espírito Científico, o professor pode minimizar condições desfavoráveis por meio do que Bachelard enunciou como "trazer a bancada do laboratório para o quadro-negro" para impedir que aconteçam apenas satisfações e admirações por imagens, preocupando-se com os fundamentos explicativos dos fenômenos presentes nas atividades experimentais.

Com relação às explicações do aluno ao objeto (DNA), Bachelard enfatiza que o estudante precisa compreender o que ele está estudando, porque só se consegue guardar o que se compreende; se o aluno apresentar um conhecimento vago, ele compreenderá o fenômeno do seu jeito, já que não lhe deram razões pessoais para evoluir.

> (...) Se não for explicada a linha de produção espiritual que levou ao resultado, pode se ter a certeza de que o aluno vai associar o resultado a suas imagens mais conhecidas. É preciso "que ele compreenda". (BACHELARD, 1996, p. 289)

O trabalho didático no âmbito experimental, embora tenha seu valor e seja aparentemente indiscutível, nos traz alguns alertas para os perigos de reforçar impressões constituintes de inúmeros obstáculos ao conhecimento complexo. Partindo da premissa de que "toda observação (recepção) é orientada por uma hipótese" (GRECA & SANTOS, 2005), se faz necessário todo o cuidado tanto com relação ao planejamento como com a execução de aulas experimentais, sejam elas feitas em laboratório ou em sala de aula. A visão de que uma simples demonstração experimental é suficiente para que os fenômenos sejam vistos na ótica científica, é no mínimo ingênua, simplista, e no seu extremo, equivocada (YAMAZAKI & YAMAZAKI, no prelo).

Não somos contrárias ao Laboratório Didático, mas ele deve ultrapassar a "intenção de demonstrar um conhecimento 'verdadeiro' através da experimentação" (GONÇALVES & MARQUES, 2006).

Pois, como afirmam Souza e Bastos (2006) recorrendo ao pensamento de Bachelard: é fácil recorrer ao encantamento, ao lúdico, fazendo experiências que divertem, mas não instruem.

Quando elaborei os jogos pedagógicos refleti muito sobre esta frase de Bacherlard, pois em nenhum momento, acreditei que os jogos elaborados pudessem diminuir o nível de abstração necessária para a aprendizagem do conceito de gene, e entre outros termos importantes da genética.

Sendo assim, busquei verificar através das falas dos estudantes, se a atividade que estava sendo desenvolvida era divertida e instrutiva, pois se não fosse divertida não poderia ser uma atividade lúdica, mas se somente o lúdico prevalecesse, não estaria de acordo com os objetivos da proposta na elaboração jogo, que é instruir os alunos à aprendizagem de conceitos científicos.

Os resultados sobre estes questionamentos serão discutidos no capítulo seguinte.

Abordaremos agora um tema bastante problemático dentro do ensino de genética, que é a relação da meiose com a formação de gametas na espécie humana.

A investigação a respeito deste tema, formação de gametas (meiose), ocorreu através do seguinte questionamento: *qual a relação da meiose com a formação de gametas?*

Diante desta pergunta, obtivemos diversificadas respostas, dos 159 estudantes, somente 19 alunos fizeram relação da meiose com a formação de gametas; 24 atribuíram à meiose funções pertencentes à mitose; 7 desenharam as fases da meiose e 109 alunos deixaram a resposta em branco.

Estes resultados, embora seja desanimador, quando investigado suas causas os resultados acima se tornam bastante plausíveis.

Um dos fatores que contribuem para que o aluno não estabeleça relação entre a formação de gametas com a meiose, está relacionada com a metodologia utilizada pelo professor. Muitas vezes, a metodologia utilizada é de transmissão-recepção; a ausência de articulação entre os conceitos estudados (a fragmentação do conteúdo) que não são estabelecidos pelo professor.

Observei durante minha prática docente e do desenvolvimento da pesquisa, que é comum o professor ensinar o conteúdo de divisão celular, sem fazer nenhuma relação entre a mitose e a meiose, e ao lecionarem sobre a gametogênese, que é um conteúdo que vem logo após o conteúdo de meiose, o professor não faz nenhuma relação da importância da meiose para a formação de gametas – gametogênese. Tenho a impressão que os professores acham tão óbvio as relações entre estes termos, que não precisam ser ditos aos alunos.

Outro problema que dificulta para que o aluno do terceiro ano estabeleça relação entre: mitose e meiose, e relação da meiose com a formação de gametas, está relacionada com a distância (tempo) que ele estudou o conteúdo.

O aluno estuda mitose, meiose e formação de gametas no primeiro ano do Ensino Básico, depois, só no terceiro ano do Ensino Básico, quando o professor vai lecionar sobre as Leis Mendelianas, mecanismos de transmissão, que estes conceitos aparecem novamente.

Neste momento o professor sente dificuldade em ensinar genética, em decorrência da ausência de conhecimento que o estudante apresenta. Porém, esta dificuldade poderia ser atenuada, se o professor preparasse uma aula (não um revisão) sobre mitose, meiose e gametogênese, para os estudantes do terceiros anos, o objetivo desta aula seria de ensinar os alunos e não de lembrá-los ou revisarmos conteúdo. Pois que lembranças temos de algo que desconhecemos? Que não aprendemos?

É no sentido de construirmos conceitos relacionados a divisão celular e a gametogênese e a Hereditariedade, que os jogos desenvolvidos tem contribuído.

A figura 5 demonstra os níveis de desempenho dos alunos participantes da pesquisa.

Depois da atividade lúdica, o número de alunos que passaram a relacionar a meiose com a formação de gametas passou de 29 para 88 alunos.

Já a confusão conceitual entre mitose e meiose diminuiu de 24 alunos para 17.

Muitos alunos não disseram não saber escrever sobre a relação da meiose com a formação de gametas, então no primeiro questionário, 7 alunos desenharam as fases da meiose representado no final da meiose a formação de gametas, após a aplicação dos jogos pedagógicos este número subiu para 36 alunos.

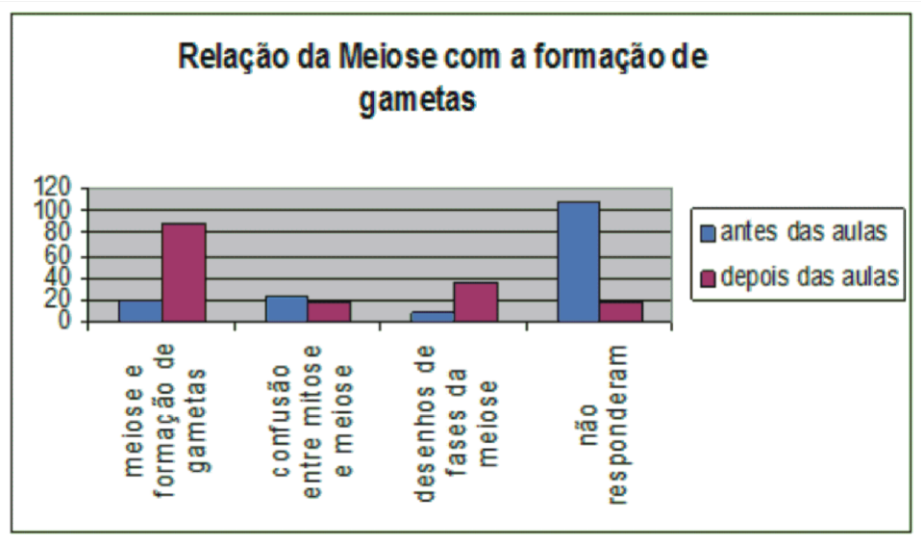
No total 109 alunos não responderam a relação da meiose com a formação de gametas, depois dos jogos este numero abaixou para 18 estudantes.

Procurei estes 18 estudantes que deixaram a resposta em branco no primeiro e no segundo momento em que passei os mesmo questionário, e 12 alunos não quiseram dar entrevista os outros 5 alunos, dividiram respostas como: sei lá; por que sim.

Somente um aluno que durante a entrevista, disse que sabia a relação, e relatou dizendo que sem a meiose não haveria a redução dos cromossomos, e que esta redução importante para formação de gametas, para formar um bebe com 46 cromossomos, porém resolveu deixar a resposta em branco, porque a biologia tem muitas palavras esquisitas, e ele não sabe escrever muito bem.

Abaixo encontra-se a figura que representa os resultados obtidos antes e depois da aplicação dos jogos pedagógicos.

Figura 5. Relação da Meiose com a formação de gametas



Um conceito que é central nesta dissertação, esta relacionada a aprendizagem do conceito de Gene. Todos os conceitos abordados ao longo desta pesquisa são conceitos estruturantes desta ciência – Genética. Porém priorizei como tema central a formação conceitual de Gene.

A verificação que aponta se o aluno construiu o conceito de gene através dos jogos pedagógicos ocorreu através do seguinte questionamento: *O que é Gene?*

No primeiro questionário que aplicamos em sala de aula 16 alunos escreveram que o gene é uma proteína celular; 8 responderam que gene é um tipo de célula; 25 escreveram que é uma enzima; 32 alunos escreveram que é um componente responsável pela transmissão das características; 12 definiram como átomo e 66 alunos deixaram a resposta em branco.

Após a leitura dos questionários, procurei os alunos que responderam que o gene é uma proteína celular, uma célula e enzima e os questionei, a fim de saber as razões que os levaram a responder isso.

Abaixo as resposta dos alunos que apontam o gene como uma proteína:

> Gene é um tipo de proteína, ela é fabricada nas células (E_1). O gene é feito por aminoácidos, são as proteínas (E_2). O gene é um aminoácido, vários genes formam uma proteína. (E_3). Gene são comandos, e quem comando nosso corpo são células

> (E_5). O gene é uma enzima que codifica o DNA (E_{12}). Só sei que gene é enzima (E_{12})

Em relação as respostas onde gene foi relacionado, pelos estudantes, com proteína celular, e como enzima, o que observarmos durante as entrevistas, foi uma confusão conceitual, a ausência de conhecimento do que é uma proteína e do que é uma enzima.

Muitos alunos disseram ter chutado a resposta, e eles lembraram que quando estudaram DNA, parecia que eles tinham visto alguma coisa sobre proteína e enzima, talvez por isso, a razão de terem colocado proteína e enzima como resposta.

Realmente estes estudantes estudaram o conteúdo sobre proteína; enzima e DNA no primeiro ano do Ensino Básico, e acredito que esta tenha sido um fator considerável, que encaminhou os estudantes a estas respostas.

Já outros estudantes disseram ter chutado a resposta, os que não chutaram dissertam que escreveram proteína celular, por que a proteína existe dentro da célula, por isso do nome proteína celular. Outros justificaram alegando o teste de paternidade, onde se retira o fio do cabelo que é proteína para ver o gene da pessoa.

Em relação aos alunos que responderam que um tipo de célula, 3 estudantes não quiseram participar da entrevista, os demais que disseram que fazem muita confusão com célula, e DNA e que responderam célula por que a biologia estuda a célula.

Abaixo estão algumas das respostas onde os alunos relacionam o gene como sendo uma célula.

> Só sei que gene é um tipo de célula (E_4). Gene é um tipo de célula responsável pelo aparecimento de células cancerígenas, se tomarmos água com metais pesados (E_6). O gene é um tipo de célula que se for agredido pode gerar câncer de pele (E_7).

Questionei os cinco estudantes o que era então uma célula, e dois disseram que era uma espécie de átomo; 1 estudante disse que são tijolos que constrói as coisas que estão vivas, plantas, o ar, as pessoas e os animais, os outros dois disseram que eles achavam que são genes.

Já dos 32 alunos que responderam que o gene é responsável por transmitir as características hereditárias, 19 alunos responderam que está relação é devido as reportagens que eles vêem em revistas e jornais, por quando estes veículos informativos apresentam alguma matéria a respeito do gene, eles percebem que ali se faz presente a molécula de DNA. Os outros 4 alunos fizeram relação devido os casos de câncer que tiveram na família, e por os

médicos dizerem que determinado câncer pode ser genético, 2 alunos atribuíram o gene ao caráter hereditário por apresentarem polidactilia (dedos extras nos pés e nas mãos), os outros 7 estudantes disseram ter visto este conteúdo, uma vez que estão fazendo o terceiro ano pela segunda vez.

Dos 12 alunos que definiram o gene como sendo átomos, 6 alunos fizeram relação com o mundo microscópio, alegando que tudo que é pequeno é feito por átomos, 2 alunos não quiseram responder, 1 aluno disse que o gene é feito por átomos porque os cientistas conseguem mexer no gene, os outros 2 estudantes fizeram relação com as organelas celulares, e 1 aluno não quis participar da pesquisa.

Abaixo encontra algumas relações que os alunos atribuíram ao gene como ele sendo um átomo.

> O gene é um amontoado de átomos (E_{13}) Gene são estruturas atômicas (E_{14}) Só sei que gene é um tipo de átomo, que quando mutado, trocado por outro átomo, dá câncer (E_{15}) Gene é um informação, atomo, de como se constrói outro ser vivo (E_8). Gene é um conjunto de átomos responsáveis pela transição de características do meu pai até à mim (G_{12})

Após a aplicação dos jogos pedagógicos, 10 alunos escreveram que o gene é uma proteína celular, quando questionados sobre suas respostas, muitos fizeram relação ao gene como um componente responsável pela produção de proteínas, uma vez que durante o jogo abordamos que a diversidade das cores dos olhos, dos cabelos e pele e devido a produção de uma proteína chamada melanina.

Já os alunos que responderam que o gene é um tipo de célula, foram os mesmos alunos que anteriormente haviam respondido no primeiro questionário que o gene era uma célula. Estes 3 alunos foram aqueles que não aceitaram participar da primeira entrevista, porém aceitaram participar da segunda entrevista, disseram ter cometido o mesmo engano porquê não entenderam muito bem o jogo, e que o excesso de informação os confundiram.

Os 12 alunos que escrevem que o gene é uma enzima, ou seja, 8 deles permaneceram com a mesma idéia exposta no primeiro questionário. Quando entrevistados disseram não saber a razão por terem permanecido com a mesma idéia, e que talvez não houvesse prestado tanta atenção no jogo como deveriam, porque no dia em que foram jogar eles estavam estudando para a prova, e talvez isso tenha desviado um pouco a sua atenção. O interessante foi que 5 alunos dos 8 entrevistas, ficaram assustados, desconfiados, quando disse que eles deram a mesma resposta, gene como enzima, no primeiro questionário.

Os outros 4 estudantes que responderam que o gene era uma enzima, fizeram uma confusão com a síntese protéica, mas que foi só na hora, depois que responderam e entregaram o questionário lembraram que a resposta correta estaria relacionada a herança das características que eles haviam acabado de jogado.

Embora muitos estudantes tenham feito confusões conceituais, 103 alunos escreveram que o gene é um componente responsável pela transmissão das características e que eles são formados pelos alelos, e que os alelos são trechos da molécula de DNA.

Dos 7 alunos que permaneceram com a idéia de que gene é um átomo, 3 responderam que o professor de química, disse que tudo que imaginarmos é feito por átomo, por este motivo escreveram que são átomos. Então os questionei dizendo se a função do átomo era a mesma do gene? A resposta foi que sim, porque as cores dos olhos, o tipo de cabelo e tudo feito de átomo. Então perguntei se um átomo era capaz de transmitir uma característica. E a resposto foi sim, porque o átomo constrói a característica, então o átomo transmite sim a característica, porque ele sabe construir.

Observamos através das falas destes estudantes, a presença do obstáculo animista, isso pode ser verificado quando o aluno alega que o átomo sabe construir, os estudantes atribuem características dos seres vivos a matéria inanimada.

Os outros quatro alunos que também disseram que o gene é um átomo, 1 não quis participar da entrevista, os outros 3 disseram que não sabem responder nada sobre gene e nem sobre o que é um átomo.

Após do jogo 24 alunos deixaram a resposta em branco, durante a entrevista 9 estudantes disseram que ficaram com medo de escrever coisas que não tinha haver com gene, e com isso passarem vergonha, 5 outros disseram que foi tanta informação que ficaram perdidos, 10 alunos disseram que não sabem o que é gene.

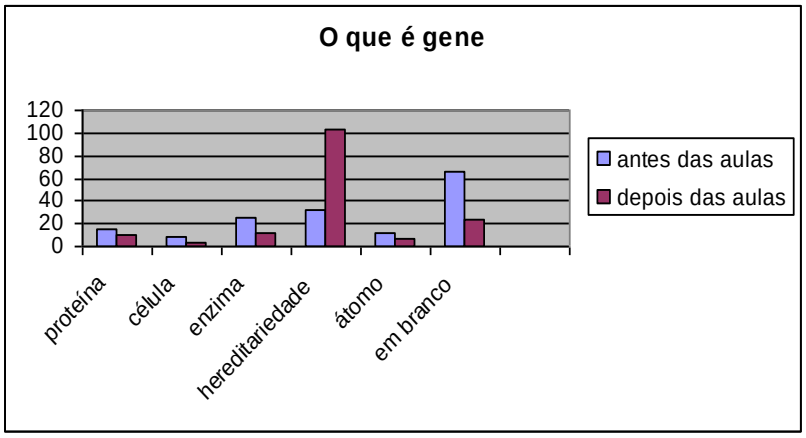
Abaixo foi transcrito algumas respostas consideradas como corretas, a respeito do que é gene para os alunos.

> Gene é um tipo de DNA (E_9). É no gene que estão as nossas características, então ele está no DNA (E_{10}). Gene é uma parte do DNA. (E_{11}). Um par de alelos (E_{16}) é o cromossomo que carrega as características genéticas. (E_{17}) um par de alelos e onde no cruzamento com outros darão origem as nossas características. (E_{18}) Os alelos são aquilo que separamos para formar os gametas, aquelas coisas expressam nossas características e enzimas (E_{19}). São pedaços de DNA, que nos separamos no tabuleiro para formação de gametas ex: aa é gene, são dois pedaços de DNA, um herdei do meu pai e o outro pedaço herdei de minha mãe, eu vou chamar de alelo

> cada pedaço desse DNA, que tem a competência de formar alguma coisa em mim, que seja eu acho funcional (G_3) São substâncias químicas, formadas por duas substâncias químicas, que eu aprendi que chamam alelo, um alelo vem em um cromossomo do meu pai e o outro do cromossomo da minha mãe, para quando se juntarem formarem meu fígado, rim, intestino, enzimas, proteínas, estas coisas, que são importantes para formar meu corpo (G_5) É um par de alelos, que a gente encontra na molécula de DNA, eu sou o resultado dos alelos do meu pai, dois alelos recebe o nome de gene. (G_{11}) é uma parte do cromossomo que está carregando informações para manter meu corpo funcionando e de como ele é (G_{13}) É o que diferencia as características das pessoas (G_{16}) e um conjunto de alelos que se separam para formar gametas, e que depois se unem para formar você, e depois quando você for formar alguém, ele se separaram de novo e assim por diante, não tem fim (G_{18}) é o que vai definir as características das pessoas, mas o ambiente também vai definir, então eles entram em um acordo ex; se fosse tem um gene para ser magrinha, você será magrinha, agora se você ficar com depressão e tiver que tomar .... aí você pode engordar (G_{19}) são pares de cromossomos presentes no DNA que carregam nossas características (F_4) os alelos se separam, formam gene, gene e um par de alelos, que se separam de novo e formam gametas (H_9) são genes que carregam nossas características.

Abaixo o gráfico que representa a evolução conceitual dos alunos em relação ao conceito de gene.

Figura 6. O que é Gene



Para se trabalhar o conceito de gene, alelo e meiose, é necessário saber o que o aluno entende por DNA e qual é a sua constituição; é possível percebermos que o aluno apresenta noção das bases nitrogenadas e sempre sabem alguma coisa a respeito do DNA, muito provavelmente isso se deve à popularização da molécula, já que é tão discutida na mídia.

Esta molécula é vista por grande parte dos estudantes entrevistados, como a molécula da vida, o material mais precioso da célula. Quanto a essa visão, Giordan & Vecchi (1996) descrevem que um terço dos estudantes relacionam a molecula de DNA como fator responsável pela transmissão das características genéticas, se referindo ao DNA sempre com um palavra significativamente forte para qualificar esta molécula, mas ao tentar exemplicar seu conhecimento deixam transparecer a confusão conceitual entre os conceitos de átomo, molécula, proteína e celula. Ex: O DNA contém "*células vivas constituídas por aminoácidos que permitem o intercâmbio entre as células*", ou "*É uma molécula básica que serve de suporte às enzimas*".

A pesquisa desenvolvida por Giordan & Vecchi é bastante atual; foi desenvolvida com alunos do último ano do ensino médio e também faz relação com o caracter hereditário da molécula de DNA, mas reflete confusões conceituais quanto a sua constituição molecular.

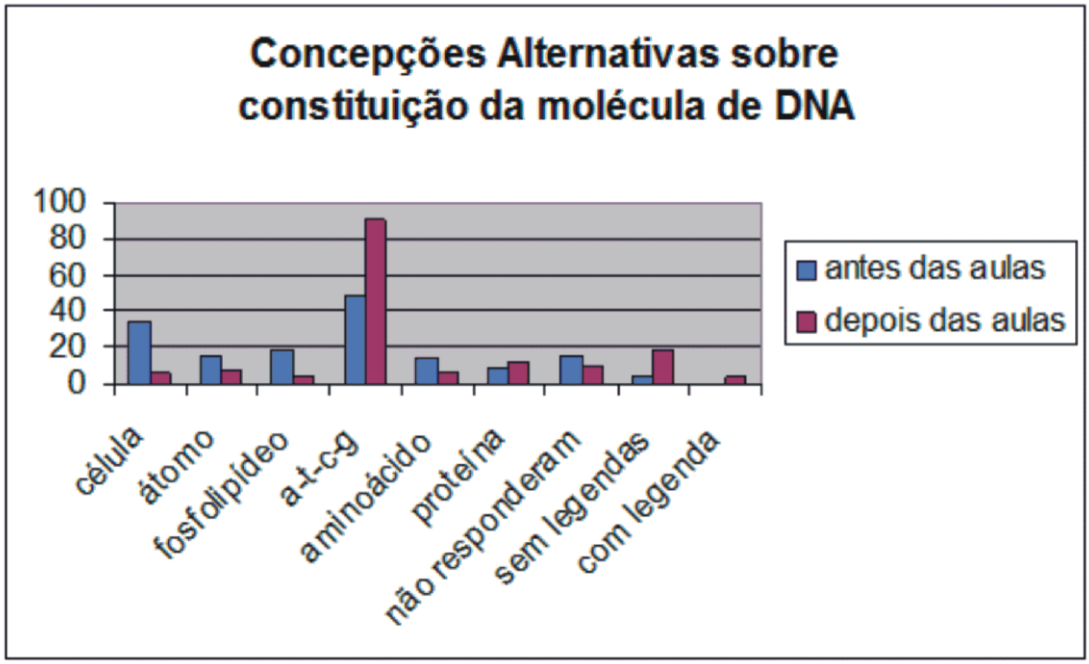
Quanto à constituição da molécula de DNA, 34 responderam que o DNA é feito de células; 15, que é feito de átomos; 19, que é feito de fosfolipídeos; 49 alunos afirmaram que é feito de bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina e timina (alguns alunos acrescentaram uracila, adeneosina, tirosina, e outros utilizaram símbolos como: A, T, C, G); 14 afirmaram que é feito de aminoácidos e 8 estudantes, de proteínas; por último, 11 alunos escreveram que não sabiam, 5 deixaram em branco e 4 estudantes fizeram desenhos, mas não especificaram os seus componentes.

Entre os 49 estudantes que responderam que a molécula era constituída de nucleotídeos, somente 8 alunos fizeram relação com a capacidade da fita de DNA ser semi-conservativa. Quando questionados sobre o que seriam as letras A, T, C, G, 21 alunos disseram que eram nucleotídeos, 5 disseram que eram átomos, 4 lipídeos, 5 proteínas, 2 célula, 6 disseram que não sabiam, os outros 6 alunos disseram que eram estruturas moléculas que recebiam o nome de nucleotídeos.

Após as atividades, o resultado foi o seguinte: 6 alunos escrevam que o DNA é feito de células; 7 que é feito de átomos; 4 que é feito de fosfolipídeos; 91 alunos afirmaram que é feito de bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina e timina; 6 afirmaram que é feito de aminoácidos e 12 estudantes, de proteínas; por último, 8 alunos escreveram que não sabiam, 2 deixaram em branco e 19 estudantes fizeram desenhos, mas não especificaram os seus componentes. Além disso, surge uma nova forma de expressão (não existente antes da aplicação do jogo), assinalada por 4 alunos: desenhos com legendas. As legendas indicavam nucleotídeos com as seguintes partes: fósforo, pentose e uma base nitrogenada.

A figura abaixo ilustra os resultados da pergunta relacionada sobre a constituição da molécula de DNA.

Figura 7. Concepções Alternativas sobre a Constituição da Molécula de DNA



É comum alguns estudantes em suas falas, se expresarem de uma maneira bastante confusa, a ponto do professor não conseguir compreender o que o aluno quer dizer.

A confusão verbal e escrita, que muitas vezes acometem nossos alunos em sala de aula, quando tentam expressar uma idéia ou um pensamento, pode ser fruto de um conjunto de fatores como: falta de articulação entre os conceitos aprendidos; limitação que o aluno apresenta em utilizar tais conhecimentos para explicar determinados fenômenos e avanços científicos e tecnológicos; impressões vagas sobre o que se está estudando, uma vez que estas impressões, que o aluno apresenta a respeito de um determinado assunto, não são compartilhadas com seus professores.

Bachelard (1996) chama a atenção de nós professores alegando que se os estudantes não compreendem direito um conceito para a explicação de um fenômeno, ele explicará o fenômeno, utilizando explicações de valores subjetivos construídos por ele através da sua própria percepção

Bachelard a respeito das confusões registradas pelos alunos através da fala e da escrita demonstra a falta de domínio do que estamos pensando.

> Se transcrevermos um trecho tão confuso, é porque revela um amontoado de impressões vagas e impuras. Em vez de racionalizar e de classificar as provas, o autor soma valores. (BACHELARD, 1996 p. 175)

Durante a realização do jogo, os estudantes pareciam demonstrar certos conflitos cognitivos, como propõe Santos (1991). Por exemplo, os alunos que acreditavam que o sangue era transmissor de caracteres questionaram: mas, onde está o sangue na transmissão [aqui no jogo]? O sangue não está junto com o gameta? Não é o sangue que transporta o DNA? Desta forma, observando estes questionamentos, foram feitas as perguntas a fim de que estes refletissem sobre o fenômeno da hereditariedade. O conflito foi observado através de outros comportamentos como "um balançar da cabeça" – querendo dizer "não" – ou palavras em baixo tom, como "que estranho!".

A palavra *transmitir* pode se constituir como um obstáculo epistemológico. Durante a atividade, perguntamos a uma dupla o que significava a palavra transmitir e por que eles achavam que o sangue estava envolvido neste fenômeno. Uma aluna responde:

> (...) transmitir é você passar alguma coisa, a alguma outra pessoa, por exemplo, a AIDS é transmitida através do quê? Não é do Sangue? Então! São partículas que estão no sangue. As características, as nossas, também são partículas e elas estão no sangue. Quantas coisas a gente não pega pelo sangue!

Observamos na fala acima, uma generalização quanto aos meios de contágios referentes às doenças e, portanto, ela pode ser vista como um obstáculo epistemológico, pois ela pode encaminhar os estudantes a generalizarem conceitos e conclusões obtidas sobre outra realidade. Nesse sentido, nas análises das filmagens, levantamos algumas falas dos estudantes, como:

> "professora, se a AIDS é transmitida através do sangue, por que as características não podem ser também?"

Neste momento é necessário que o educador aborde os perigos da generalização de um conceito científico, buscando junto aos alunos, a formação do espírito científico, o espírito crítico, questionador, fazendo-os perceber que as generalizações devem ser realizadas com cuidado, para não perder os detalhes e riqueza do particular. Bachelard (1996) alega que a generalização levou à crença numa "natureza homogênea", harmônica, tutelar, apagando assim, todas as singularidades, todas as contradições, todas as hostilidades da experiência.

Nas análises das aulas gravadas, observamos que o teste de paternidade também contribui para uma má interpretação sobre o fenômeno da hereditariedade, muitos atribuem à coleta de sangue para o teste de paternidade um indicativo de que este sangue é igual ao do filho; é importante ressaltar que muitos alunos demonstraram não compreender qual é a constituição sanguínea.

Quando são informados de que o teste de paternidade pode ser feito através dos fios de cabelo, muitos alunos regridem, desconversam, ficam na dúvida, e depois voltam ao pensamento original, há um conflito ou a fuga dele.

Para Bachelard, o conhecimento deve ser construído contra algo estabelecido e, neste caso, tentamos promovê-lo através de questionamentos, que também são sugeridos por Bachelard, uma vez que este afirma que a ciência se constrói através de problematizações.

O jogo pedagógico (Construindo o Conceito e Gene) é uma dinâmica que causa conflitos na estrutura do pensamento do aluno. O conflito de idéias é importante para a busca de um novo saber, o novo saber científico.

No final da atividade lúdica, efetuado através dos jogos pedagógicos, fizeram com que os alunos passassem a questionar, aquele conhecimento nascido da experiência primeira, do realismo ingênuo.

O conhecimento ingênuo construído de forma deliberada ao longo da infância pode ser abandonado em detrimento do conhecimento científico; na ótica de Bachelard, esta mudança, que pode ser analisada através do desenvolvimento argumentativo do aluno durante os jogos pedagógicos, é caracterizada por Bachelard, como aspecto importante para a reconstrução de um conceito.

Observamos que depois dos jogos pedagógicos as respostas evasivas (não sabiam ou em branco) diminuíram significativamente, mas não deixaram de existir.

A presença de respostas evasivas, a não compreensão dos conceitos trabalhados nos jogos pedagógicos, as perguntas não respondidas nos questionários aplicados aos alunos, nos faz compreender que nenhuma estratégia de ensino pode contemplar a todos, por mais que aperfeiçoamos as metodologias de ensino, ainda assim, ela pode apresenta alguma falha.

Nesse sentido, segundo Bachelard, há muitos motivos para que as pessoas continuem com suas convicções, pois foram criadas em momentos de puro devaneio, desde a infância até a vida adulta. Foram momentos alegres que se realizaram com freqüência durante fases felizes da vida e, portanto, são fortemente enraizadas.

Esta é a noção do conteúdo que Bachelard chama de *impressão primeira*, e que, para ele, deve ser contemplada no início de todo método de ensino: a *psicanálise do conhecimento*.

Com relação às *primeiras impressões* referentes à construção do conceito de molecular clássico de gene, o jogo provocou uma inquietação (conflito) com as novas concepções que foram sendo inseridas no contexto da atividade lúdica. Esse conflito pôde ser observado na análise das gravações. Com relação a este ponto, reproduzimos algumas das falas dos alunos.

> Então o gene não tem só a função de gerar câncer, ele também é responsável por transmitir as nossas aparências (F_1). Olha só, o sangue não tem nada a ver com transmissão destes fenótipos, então é o gene (F_2). Quer dizer que o meu sangue, eu herdei dos genes do meu pai e da minha mãe, e não do sangue deles (F_3).

Na fala do aluno F_2, é possível notarmos que já há uma incorporação de termos científicos, termos científicos que o aluno não apresentava. Foi através dos jogos pedagógicos que o estudante incorporou conceitos como fenótipo e gene.

Durante o jogo, percebemos que outros conceitos científicos, na medida em que foram sendo abordados ao longo da aplicação dos jogos pedagógicos, eram, pouco a pouco, incorporados nas suas falas dos estudantes, permitindo a elaboração de frases com conotações mais próximas daquelas aceitas cientificamente.

Desta forma, Bachelard afirma que só ocorre aprendizagem quando há uma mudança na constituição psíquica do sujeito, ou seja, quando ocorre uma transformação nas estruturas internas da pessoa que aprende. É possível percebermos a evolução conceitual através da fala do estudante F_2, quando este realiza uma explicação do fenômeno da hereditariedade, articulando seu pensamento ao conceito de gene.

Acreditamos, através dos resultados da pesquisa, que os jogos pedagógicos, criaram possibilidades para o aluno psicanalisar o que trouxe como primeiras impressões, como obstáculos epistemológicos.

É através da psicanálise do conhecimento, que ocorre no momento do jogo através de discussões, que o aluno pode romper com as estruturas que possui passando a superar seus obstáculos epistemológicos.

Estas discussões e debates que ocorre durante a execução dos jogos pedagógicos, é um aspecto crucial no processo de ensino-aprendizagem, pois são nestes momentos que os estudantes expõem as lacunas de seus pensamentos, assim é possível observamos a fragmentação do conhecimento do aluno e a existência de hipóteses fracamente sustentadas.

Para Bachelard, a fragmentação de conteúdo, hipóteses frágeis construídas e utilizadas pelos alunos podem existir, porque muitas vezes os conceitos ensinados na escola, não são contextualizados historicamente.

Contudo, as estratégias que contemplam a ludicidade podem reverter esse quadro, e o desenvolvimento dessa pesquisa foi uma aposta que parece indicar um futuro promissor, uma vez que os jogos pedagógicos colocam o aluno no centro do conhecimento.

Na metodologia desenvolvida (utilização dos jogos pedagógicos) o maior envolvimento passa a ser o do aluno, ficando o professor como mediador para que o estudante possa aprender a criar possibilidades de se libertar do conhecimento imediato, da autoridade e dos juízos de valor.

É interessante, que o professor ensine ao aluno que o conhecimento é sempre aberto, que o conhecimento sempre estará em construção, em relação ao conhecimento que nunca se fecha, Freire (1996) diz, quanto mais você explora um objeto, mais este objeto tem algo a te mostrar.

Este pensamento de Paulo Freire, vai ao encontro do pensamento bachelardiano no que se refere ao paradoxo pedagógico, onde o filósofo aborda que tudo que é fácil de ensinar é inexato.

Desta forma, para que o aluno apresente a visão da ciência, como uma construção histórica, torna-se necessário que ele desenvolva o princípio da *cultura contínua*, base da construção científica.

> Na obra da ciência só se pode amar o que se destrói, pode-se continuar o passado negando-o, pode se venerar o mestre contradizendo-o. Aí, sim, a Escola prossegue ao longo da vida. (...) Só há ciência se a Escola for permanente. É essa escola que a ciência deve fundar. Então os interesses sociais estarão completamente invertidos: a Sociedade será feita para a Escola e não a Escola para a sociedade. (BACHELARD, 1996, p. 309)

CAPÍTULO 8
AVALIAÇÃO DOS JOGOS PEDAGÓGICOS

8.1 AVALIAÇÃO DO JOGO PEDAGÓGICO: CONSTRUINDO O CONCEITO DE GENE ATRAVÉS DAS CARACTERÍSTICAS HUMANAS.

> (...) o ensino não pode ser aborrecido e enfadonho o *fastidium* é um grande obstáculo para a aprendizagem. (LAUAND, 2002)

A avaliação dos jogos pedagógicos torna-se importante em dois aspectos: no caráter lúdico e na aprendizagem. No sentido de averiguarmos a potencialidade do jogo nestes dois aspectos, elaboramos um questionário composto por 9 questões.

O objetivo deste instrumento foi avaliar o nível de ludicidade proporcionado pelo jogo e a aprendizagem dos conceitos envolvidos no mesmo, principalmente com relação à compreensão do conceito de gene. O questionário foi aplicado a todos os alunos que participaram desta atividade.

O jogo "*Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas"*, mobilizou todos os alunos e houve grande receptividade, pois esta nova proposta de ensino de genética, através de material pedagógico lúdico, tornou-se estimulante também porque foi de encontro com um assunto que normalmente os alunos se interessam bastante dentro do conteúdo de genética – qual a razão de serem parecidos com seus pais, avós, o que são tipagens sanguíneas e doenças genéticas etc.

Este jogo foi o primeiro a ser trabalhado dentro da disciplina de biologia da Escola Estadual Presidente Vargas, com alunos de terceiro ano do Ensino Médio. Foi possível percebermos durante toda a atividade o envolvimento de todos os alunos quanto estavam escolhendo, através do lançamento de dados personalizados, as características genótípicas e fenotípicas do modelo a ser construído pela dupla.

Um dos aspectos positivos do jogo envolveu a integração da turma através da comunicação no jogo. Em muitas situações, nas salas de aula, grupos se formam, mas a integração não é fácil; ao contrário, neste jogo, foi possível observamos que esta falta de integração entre os grupos acabaram sendo superadas.

A superação ocorreu devido à própria proposta do jogo. O jogo determina que cada dupla forme seu "filho" e que depois o exiba para toda a sala, então cada dupla deve discorrer

sobre as qualidades de seu boneco. O foco desta etapa está voltada para o desenvolvimento da segunda parte do jogo, que está relacionada à escola de uma parceira ou parceiro para cada boneco, formado entre as duplas das salas de aula.

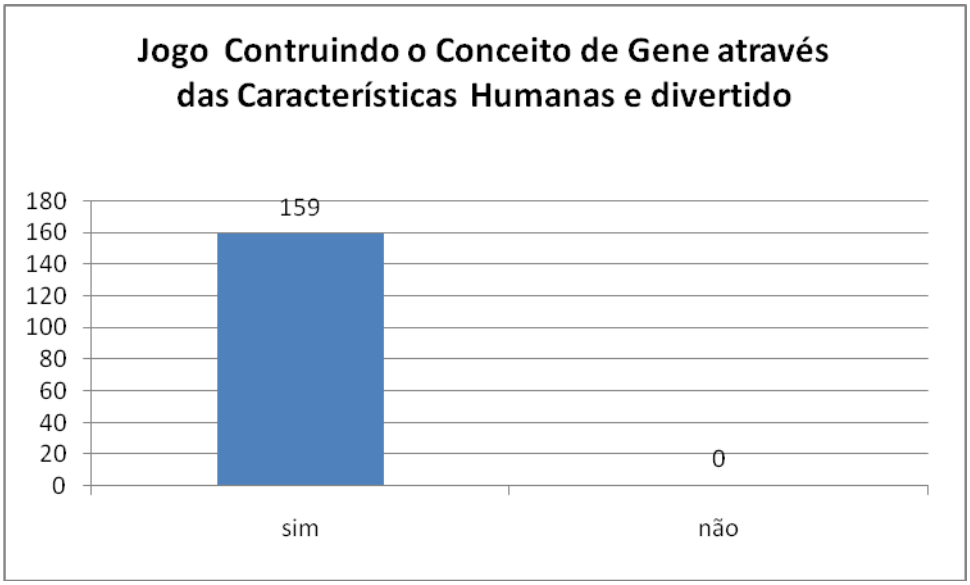
Uma vez escolhidos os parceiros (formação de um casal de bonecos), as duplas se uniam para cada um formar agora os gametas do casal e construir um segundo modelo, filho de seus filhos (os primeiros modelos formados).

Depois, eles ainda apresentavam seus "netos" novamente para toda turma. Este foi um dos fatores mais motivantes do jogo, todos os alunos riram e brincaram muito uns com os outros.

Dentro desta perspectiva, questionámos aos alunos se o jogo pedagógico era divertido. Na análise das respostas não tivemos nenhum registro por escrito de que o material apresentado não foi divertido, muito pelo contrário, muitos queriam continuar jogando e formando novos modelos e assim novas combinações de características. Com relação a este aspecto, abaixo estão alguns relatos escritos dos alunos quanto ao jogo:

> O jogo é ótimo por ser colorido motiva nossa forma de aprendizado $C_{9.}$ Tudo do jogo valeu a pena tudo é Dez $C_{11.}$ Prof a senhora poderia ter colocado a cor da pele, o furo da bochecha, e crianças com síndromes: Down, Turner seriam interessantes, dos resto você merece Dez $C_{14.}$ Professora o jogo foi ótimo para mim ele está perfeito D_2. Está ótimo assim $D_{3.}$ É uma aprendizagem educativa e divertida (D_5). O jogo é muito divertido $D_{4.}$ Esteticamente ele é muito fofinho. É legal formar os nossos filhos e netos e poder ver a carinha deles. Fiquei meio perdida no começo, pois minha filha no lançamento de dados, só pegou gene de características, como posso me expressar,... exóticas, mas como mãe aprendi a amá-la, fiquei meio confusa mas e que ser mãe de primeira viagem assim com uma filha feia, e com uma sala preconceituosa não é fácil, dificulta um pouco, bom o que eu posso dizer é que a genética explica como que através de uma filha feia e um genro horroroso, pode ter dado origem ao meu neto Evaristo Costa do Jornal Hoje (D_{15}).

Figura 8. Análise do Jogo CCGCH como material pedagógico divertido



Quanto ao caráter educativo do jogo, 11 alunos disseram não compreender algumas partes da atividade proposta. Isso pode ter ocorrido pelo fato de trabalharmos, num mesmo jogo, heranças genéticas: dominantes, recessivas, codominantes e quantitativas.

Durante o jogo, os alunos apresentaram uma certa dificuldade na leitura sobre a herança quantitava, em relação aos aspectos relacionados à herança de dominância e recessividade.

Percebemos que, quando ensinamos sobre as características que são dominantes e outras recessivas, muitos alunos, automaticamente estabelecem este critério à herança da cor dos olhos. Eles imaginam que cor escura dos olhos eram dominantes em relação as cores claras, e que e a pigmentação escura da pele era uma característica dominante em relação as peles claras.

A dificuldade apresentada por alguns alunos no momento de estipularmos as cores dos olhos dos bonecos, pode ter ocorrido devido à idéia de expandir à herença quantitativa, o que aprenderam sobre o mecanismo de herança de características dominantes e recessivas.

Quando o aluno generaliza um conceito, incluindo diferentes fenômenos dentro de uma única explicação, pode gerar uma resistência muito grande em fazer com que o aluno, reelabore o que aprendeu.

A generalização dos fenômenos é um obstáculo epistemológico para o conhecimento, porque o aluno leva um tempo considerável para desconstruir um conhecimento e reconstruir um novo saber.

Através das filmagens e durante a execução dos jogos pedagógicos, observamos que quando o aluno compreende um conceito e o relaciona a um fenômeno, ele se estabiliza intelectualmente e busca aplicar este novo conhecimento a todos os outros fenômenos.

Uma das situações observadas foi do aluno C_8, ele compreendeu o conceito de dominância e recessividade, e começou a trabalhar na correspondência de um gene para uma característica, dentro dos conceitos de dominância e de recessividade, ele escolhia, o formato do rosto, da sobrancelha, da orelha. Mas quando o aluno C_8 foi trabalhar com a herança da coloração dos olhos, ele demonstrou tanta dificuldade em compreender o fenômeno da herança quantitativa, que teve um momento, que ele queria desistir de montar o boneco. Disse que deveríamos continuar construindo o boneco da mesma forma como construiu, todas as outras características - no modelo de dominância e recessividade.

A situação ocorrida com o aluno C_8, entre outras eventualidades que ocorrem na sala de aula, nos leva a refletir sobre os meios de como o ensino de genética deve ser desenvolvido dentro da escola.

É possível perceber que durante as aulas e não somente durante os jogos, que o aluno busca sempre uma generalização do que está aprendendo, o aluno pode generalizar a herança da característica dominantes e recessivas como se todas as características herdadas correspondem somente a este mecanismo de expressão.

O professor precisa ficar atento quando explana em sala de aula os mecanismos de expressão e de herança das características dos seres vivos, pois os estudantes podem relacionar as características dominantes como sendo as de maior número de pessoas que apresentam as características, por exemplo; a característica do rosto oval é dominante em relação a característica do rosto quadrado, devido o maior número de pessoas que apresentam esta característica.

Este tipo de observação, que origina uma generalização pode ocorrer pela necessidade que o aluno apresenta de comprovar, de validar, a teoria na prática, é como se a prática e a observação, representassem o veredito final de um saber.

É diante destas armadilhas que o professor deve estar sempre atento no momento de ensinar conceitos tão delicados quantos os da genética.

É interessante termos em mente que não existe metodologias infalíveis, todas apresentam aspectos positivos e negativos na aprendizaem, e este cuidado se torna bastante viável uma vez que sabemos que as metodologias de ensino interagem com diferentes tipos de saberes.

Entrevistamos um dos onze estudantes que disseram não ter aprendido os conceitos de genética durante o jogo, e verificamos que o jogo provocou um conflito nestes estudantes, uma vez que o jogo pedagógico questinou, no momento da construção do boneco, um conhecimento anterior que o aluno construiu numa experiência imediata. Em entrevista o aluno disse:

> G_{11}: Eu e os meus irmãos temos furo no queixo, porque herdamos do meu pai, a minha mãe não tem este furo aqui, mais o meu pai tem olhos claros, a cor do olho do meu pai é esta cor aqui (coloca o dedo no tabuleiro indicando a cor dos olhos de seu pai) e a minha mãe tem olhos assim (coloca o dedo no tabuleiro indicando a cor castanho claro para os olhos da mãe), e eu e meus irmãos temos olhos todos castanhos, ninguém puxou pros olhos do meu pai, porque é recessivo.

Muito provavelmente, na primeira explicação sobre dominância e recessividade de determinadas características o aluno se remeteu ao fenótipo de sua família, encontrando conforto intelectual, expandindo assim a idéia de que a herança da cor dos olhos seguia o padrão de dominância e recessividada; é a velha idéia de que toda teoria deve ser comprovada na prática. Mas a idéia que o aluno apresentava sobre a herança da cor dos olhos relacionando este ao fator de dominância e recessividade das cores, foi questionada, pertubada, quando houve discussão sobre herança quantitativa e a influência do meio ambiente para a formação das características – cores dos olhos. Esta nova informação, buscou invalidar o conhecimento que o aluno havia solidificado anteriormente, gerando um conflito; este conflito, no primeiro momento do jogo, não foi solucionado. Este fator foi suficiente para o estudante escrever no questionário que o jogo não foi educativo.

Abaixo estão alguns registros a respeito do jogo ser ou não educativo para o aluno.

> Professora descobri que tenho mais facilidade de aprender essas coisas difíceis jogando, recortando, colando ou qualquer coisa desse tipo, eu aprendo de outra forma, quando o professor trás alguma coisa diferente pra gente fazer, uma coisa onde a gente tem que se mexer pra aprender (C_1). Aprendi muito mais assim jogando do que na teoria, falei para minha professora do cursinho ir atrás de você, por que você tem uma formula mágica de ensinar genética (D_{16}). Continuar a

> desenvolver maneiras educativas e práticas e alternativas, porque a gente relaciona melhor com nosso mundo, desperta ainda mais nosso interesse (D_{17}).É uma aprendizagem educativa e divertida (C_6). Achei ótimo este jogo, porque a gente não ficou na monotonia, e que facilita o aprendizado pois interagimos com o conteúdo, que era difícil passou ser mais fácil, mais não muito fácil, mais muito divertido (C_{13}). Prof A gente aprende melhor jogando do que com o prof aí na frente explicando, não estou falando que você explica mal prof, mas é que eu não consigo fazer o que você fala para gente fazer, abstrair não é comigo, não é que não é comigo e que eu não consigo, eu tenho muita dificuldade de trabalhar com as idéias pregadas no ar (D_{13}). Eu acho que consigo aprender mas ficar só uma aula para formar os espermatozóides, para mim foi muito pouco, por isso que digo que não aprendi (C_{17}). Acho que não aprendi, por que não consegui separar os alelos do gene e mandar eles para os espermatozóides e para os ovócitos (C_{18}). Acho que não aprendi tudo que era para aprender porque eu vi que quando comecei a trabalhar com muitos alelos me perdi (C_{19}). Só aprendi a separar alelos de um gene, separa três alelos de um gene e depois sair combinando ele para formar o espermatozóide não consegui, meu filho e meu neto ficou com a cor do olho toda esquisita (C_{20}). Preciso de mais tempo para compreender o jogo, não consegui entender como pais de olhos castanhos podem ter filhos de olhos azuis (C_9).

Machado e Santos (2004) abordam a busca do Ensino de Ciências em propostas (metodologias) que visam a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. A concretização se dá em atividades nas quais o conhecimento pode ser construído. Para que isso ocorra é necessário que a atividade focalize o aluno, solicitando-lhe articulação e utilização do seu raciocínio em um conjunto de exercícios estruturados e freqüentemente propostos para serem realizados em grupo.

Embora nossa pesquisa se refere a adolescentes, as conclusões de Cunha (1994) com relação a jogos na educação infantil, são bastante pertinentes. Ele diz que o pensamento de uma criança no ato do jogo evolui a partir de suas ações e que elas são importantes para o desenvolvimento do pensamento infantil. Observamos durante o jogo que o adolescente evolui tal como a criança "de Cunha", porém, em um outro nível de elaboração conceitual; mesmo que o aluno conheça determinados objetos ou já tenha vivido determinada situações, a compreensão das experiências fica mais clara quando se usa da imaginação – faz de conta. A formação de modelos (bonecos) e a representação da formação de gametas são atividades de faz de conta.

Cunha (1994) afirma que este tipo de brincadeira propicia diversificadas formas de expressão e de elaboração de formas simbólicas, desejos, conflitos e frustrações.

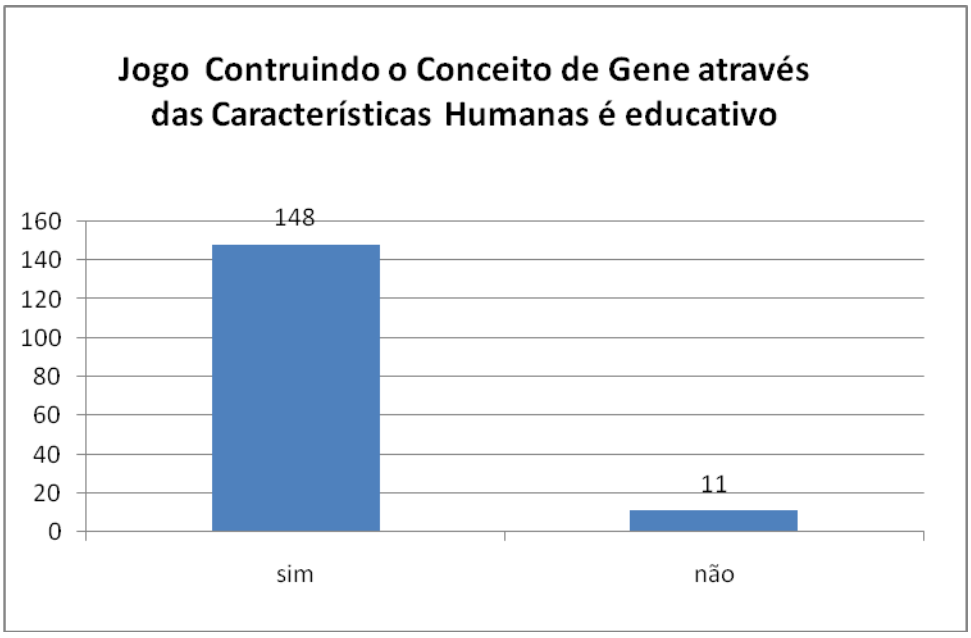
> Quando existe representação de uma determinada situação, (especialmente se houver verbalização), a imaginação é desafiada pela busca de soluções para os problemas criados pela vivência dos papéis assumidos. As situações imaginárias estimulam a inteligência e desenvolvem a criatividade. (CUNHA, 1994, p. 23-24)

Este é um fato que pode ser observado na fala do aluno C_1, quando alega a importância do jogo, argumentando que a atividade o fez "se mexer". Quando indagado a respeito do verbo mexer, C_1 disse que ele se sentiu desafiado a entender o que estava desenvolvendo, então ele teve que pensar e organizar o seu pensamento, dessa forma o jogo didático o fez se mexer intelectualmente.

Já os alunos que sentiram dificuldades na hora de separar os alelos de um gene para formar os gametas, obtiveram a sensação do jogo pedagógico não ter atingido o caráter educativo.

A figura abaixo expõe o resultado do material referente ao seu carater educativo.

Figura 9. Análise do Jogo CCGCH como material pedagógico educativo



O objetivo deste jogo pedagógico é produzir conhecimento de maneira lúdica. Já sabemos que o jogo é um material lúdico, e que na questão anterior 148 alunos responderam que o jogo é educativo. Nosso objetivo, então, na terceira pergunta, foi averiguar se os

estudantes construiram o conceito de gene. Dos 159 estudantes que participaram desta atividade lúdica, 128 disseram que aprenderam o que é gene. Eis as respostas apresentadas:

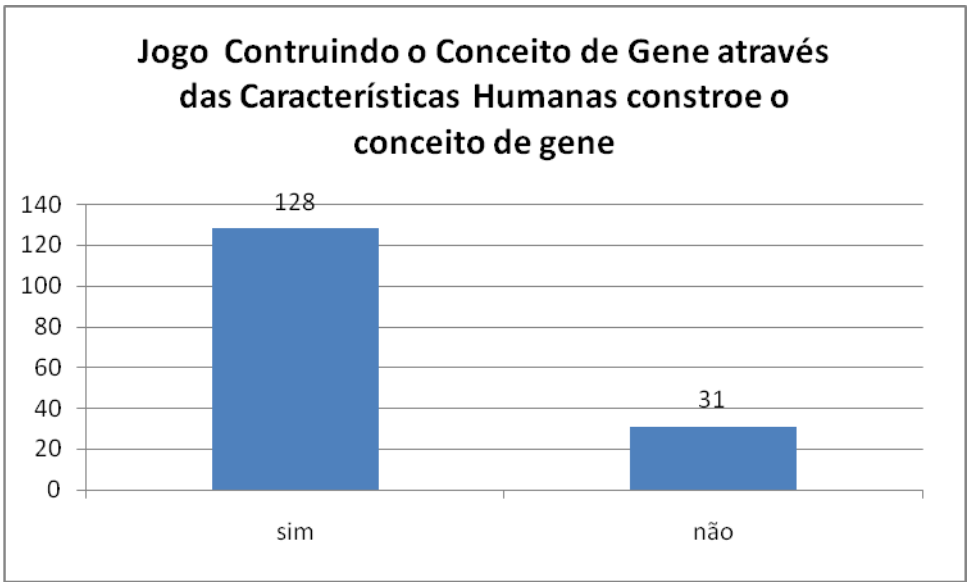
> O gene é um trechinho do nosso DNA que são os responsáveis para carregar as nossas características genéticas (C_{16}). Os genes definem as características de todos os seres vivos como: altura, cor do cabelo, da pele e dos olhos e de coisas dentro do corpo que não enxergamos (C_{20}). Os alelos de um gene, se separam e formam espermatozóides e forma os ovócitos da meiose e assim podem carregar nossas características aos nossos descendentes (C_{17}). Eu poderia escrever que seria expressar as características em nossos filhos, mas sei também que ele expressa outras proteínas, enzimas, e que também tem a função de descobrir criminosos e é muito utilizado para teste de paternidade (C_{18}). Serve para distinguir o sexo do indivíduo, por que dependendo do que acontecer em um gene do cromossomo Y um menino pode virar uma menina (D_3) Os genes fabricam nossas características, eles são feitos de nucleotídeos(D_{13}). Os genes são trechos do DNA (D_4). Os genes estão DNA e expressam nossas características, orelha, olho, boca, nariz (D_{14}). O gene são estruturas do DNA que tem a responsabilidade de fabricar características da minha família em mim (D_{18}). Os genes são feitos de nucleotídeos que podem ser mutados e gerar muito problema como um câncer, por exemplo, por isso quando a gente sai no sol, a gente tem que usar protetor solar para proteger o nosso DNA (D_{22}). O gene é uma parte do nosso DNA que expressa uma proteína, a melanina é um tipo de proteína, que foi produzida por um gene (D_{24}).

Dos 31 estudante que disseram não terem aprendido o conceito de gene, só 6 justificaram suas respostas, os outros 25, só escreveram a palavra não. Os seis que justificaram alegaram que o jogo trouxe muita informação e isto acabou os confundindo um pouco. Porém, ao analisar as justificativas é possível perceber que os alunos que justificam compreenderam que o gene é responsável por expressar nossas características, sendo que alguns ainda apontam que o gene está no DNA. Como mostram as respostas abaixo:

> Acho que não consegui entender o que é gene tinha muita coisa (C_3). Foi tanta coisa falada sobre os genes mas o que entendi de gene é que carregam características só isso (D_1). Só sei que gene está em nosso DNA, tem um trecho lá, responsável por formar um tipo de cabelo, e esse trecho é o gene (D_{10}). O gene esta na molécula (D_{23}). Tinha muita informação então não sei o que é direito um gene, mas sei que transmite aí nossas características, olho, braço, perna, sangue (C_4). Não sei falar tudo sobre gene, mas sei que expressa as característica e que está no DNA (C_6)

A figura abaixo demonstra os resultados.

Figura 10. Análise do Jogo CCGCH como material pedagógico que auxilia na construção do conceito de Gene



Um dos quesitos importantes no jogo diz respeito às regras, pois elas orientam toda a dinâmica do jogo. Assim, se o estudante não compreende as regras do jogo o desenvolvimento da atividade fica comprometido.

Dieleman e Huisingh (2006) relatam que o homem tem necessidade de desenvolver um determinado relacionamento emocional com o assunto a ser aprendido. O jogo cria realidades com as regras, papéis, circunstâncias e suposições mutuamente aceitas, o que obriga os participantes a terem comunicação e colaboração com os outros, auxiliando-os a experimentarem relacionamento emocional com os pares e com o objeto.

As regras deste jogo pedagógico, possibilitou um desenvolvimento afetivo entre os alunos e o objeto elaborado, que no caso, foi a construção dos bonecos.

Esta afetividade desenvolvida proporcionada pelas regras durante o jogo pedagógico pode ser visualizado através do registro fotográfico anexado no final da dissertação.

Os alunos que disseram não compreenderam as regras justificaram:

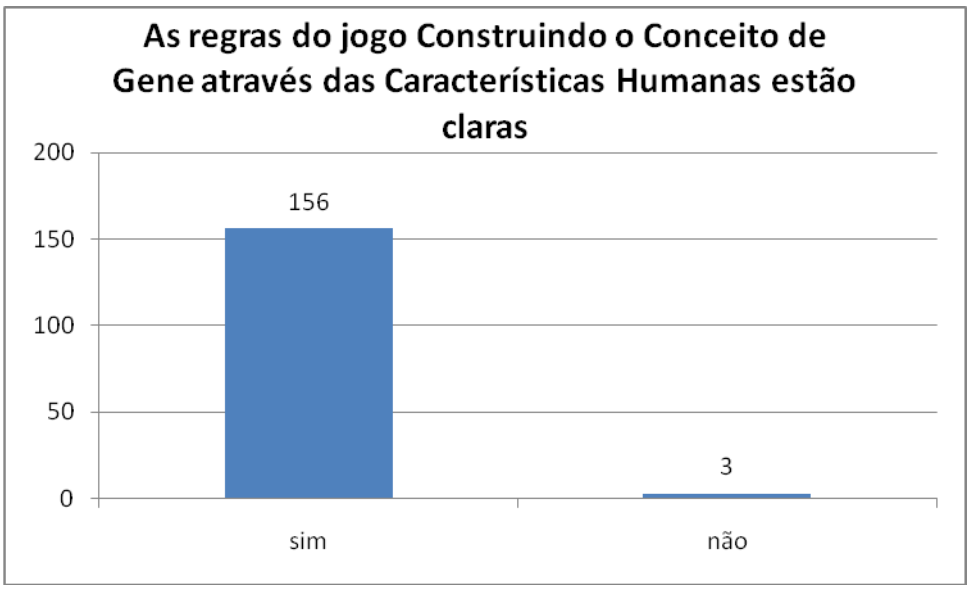
> O jogo é muito bom, os materiais são bem bonitos. Só as regras deveriam ser mais explicitas e mais tempo (C_{18}). As regras deveriam ser mais claras não entendi como trabalhar as letras para formar os gametas (C_{20}). Não achei que as regras estão claras, fiz confusão não entendi como faço a escolha das cores dos olhos (D_{14}).

Os demais estudantes escreveram que as regras são claras, e que possíveis dificuldades no desenvolvimento do jogo estão relacionadas à complexidade dos conceitos ligados à genética.

> As regras estão claras, o jogo que é um pouco complicado mesmo (D_4) Entendi as regras do jogo, está perfeito (C_1). As regras estão boas, o jogo que exige muita atenção, se não a gente se perde (D_1). Para mim as regras não tem problema, meu problema e entender o significado dos termos em genética (C_{12}). Tá tudo certo com as regras (D_8). Eu entendi como se jogo, não estou entendendo e como formar os gametas, isso é complicado demais (C_6). Sim. O trabalho que foi realizado por nós para mim ele está bom, conseguimos concretizá-los com perfeição (C_{10}).

A figura abaixo demonstra os resultados relacionados às regras do jogo.

Figura 11. Análise das regras do jogo CCGCH

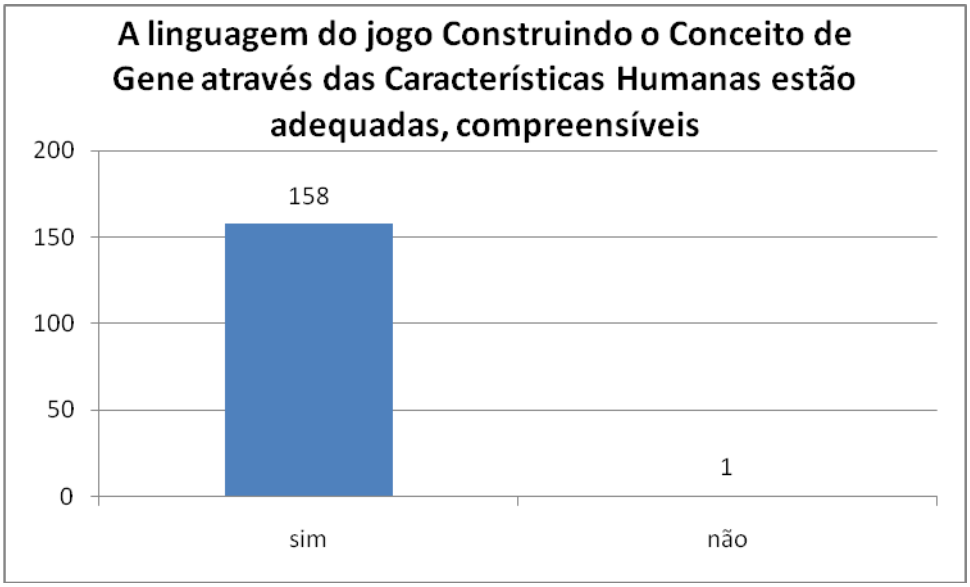


A linguagem do jogo é outro fator importante que devemos avaliar, pois a linguagem deve ser apropriada para cada fase de desenvolvimento cognitivo do aluno. A linguagem não deve ser tão simples a ponto de não motivá-lo a jogar, e nem difícil a ponto de desestimulá-lo. Sendo assim, averiguamos se havia a necessidade de realizarmos uma alteração na forma escrita do jogo.

Dos 159 estudantes que responderam ao questionário, apenas um aluno respondeu que a linguagem do jogo não está adequada; o aluno respondeu que não compreendeu o que é

genética quantitativa e como escolheria as cores dos olhos. Averiguamos, então, que a dificuldade apresentada pelo educando está relacionada à não aprendizagem de conceito e não a incompreensão do texto. Abaixo está a figura que representa a questão abordada.

Figura 12. Análise da linguagem escrita do jogo CCGCH

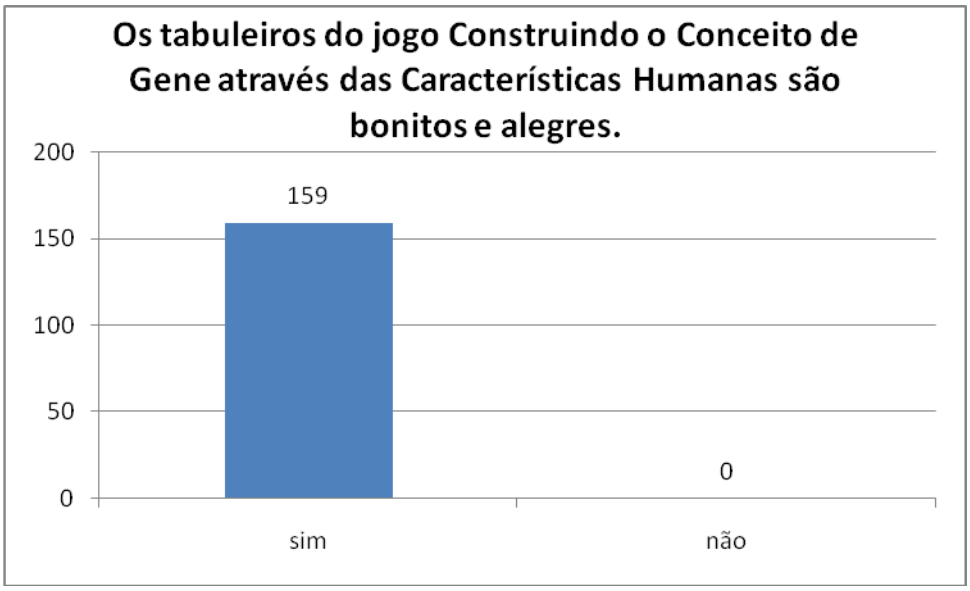


O próximo item está relacionado à parte estética do jogo, buscar saber se a beleza do material gerou uma motivação inicial para o envolvimento dos estudantes no ato de jogar.

Como resultado, obtivemos uma aprovação de 100% dos estudantes. Abaixo estão alguns registros e figura.

> Professora o jogo foi ótimo para mim ele está perfeito (C_4) Está ótimo assim (C_5) O jogo é ótimo por ser colorido motiva nossa forma de aprendizado (D_7) O jogo é muito divertido, não precisa melhorar nada (D_8) O jogo é excelente, e muito engraçado (C_1) O jogo é maravilhoso, não precisa mudar nada prof (D_{16}) Na minha opinião o jogo está jóia, muito bom (D_{18}) O jogo e um sarro professora, deixa ele assim (C_9).

Figura 13. Análise do Tabuleiro CCGCH sobre a beleza da arte



A próxima questão refere-se ao tempo gasto para o cumprimento das atividades do jogo em sala de aula. Atualmente, as aulas do ensino médio apresentam uma duração de 50 minutos, sendo assim, o material pedagógico deve cumprir cada fase do jogo no tempo estipulado.

Em relação ao tempo que os estudantes levaram para jogar, 141 conseguiram executar as atividades propostas em 50 minutos, porém 18 alunos escreveram que o tempo foi insuficiente.

Abaixo encontramos algumas falas dos alunos que reclamaram sobre o tempo estipulado para a execução da atividade.

> Eu acho que a gente devia aumentar mais uma aula para a gente terminar os bonecos (C_1). Não gostei do tempo, fiquei afobada professora, a gente podia fazer este jogo em mais uma aula (C_3). O tempo é insuficiente (C_9). Prof o tempo podia ser maior só naquela hora que a gente tem que formar espermatozóide e óvulo (C_6). Não consegui pensar, o tempo foi muito curto, o tempo tem que ser maior. As aulas foram poucas para a gente fazer os bonecos, temos que fazer com mais calma (C_{19}). Tudo no jogo está bom só o tempo mesmo que ficou um pouco curto (C_5). Eu acho que o tempo deve ser aumentado, o tempo é muito curto (D_{10}). Professora você precisa melhor o tempo ele está muito curto, principalmente quando eu formei os gametas (D_{14}).

Na elaboração do jogo pedagógico, uma de nossas preocupações foi elaborarmos um material que não ocupasse muitas aulas do professor do Ensino Básico, já que este educador apresenta uma ementa muito extensa a ser cumprida durante o ano letivo.

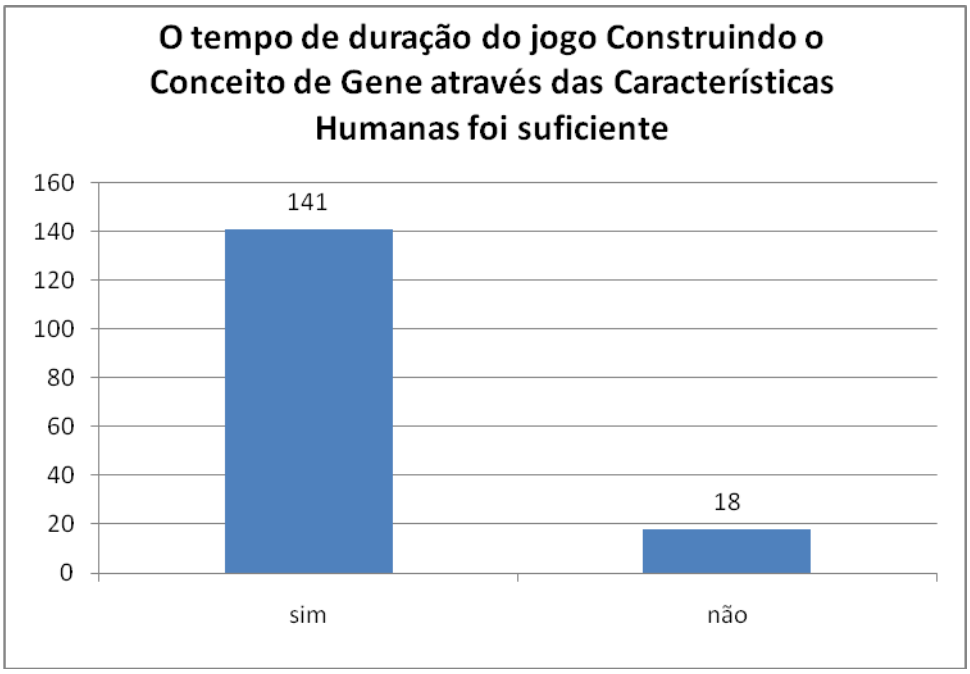
Observamos durante o desenvolvimento e execução deste jogo na escola, que os educadores em geral têm certa resistência em levar jogos para a sala de aula. Percebemos que alguns professores da Escola Presidente Vargas têm preconceitos com relação à visão de que jogos didático-pedagógicos podem se constituir em metodologias de ensino; muitos acreditam que este recurso é uma forma de "enrolar a aula"; outros afirmam que joguinhos são para alunos do primário, para criancinhas; que nossos alunos, principalmente os dos terceiros anos, devem ter aulas mesmo, expositivas, ali na lousa, com conteúdo de vestibular e ENEM.

Acreditamos que esta rejeição não é exclusiva dos jogos pedagógicos, mas das metodologias de ensino alternativas em geral. Os professores são resistentes à mudança, eles elaboram um conhecimento sobre a prática desenvolvida em sala de aula e dificilmente param para refletir sobre suas aulas, o trabalho torna-se mecânico.

Devido a estes fatores, que nos preocupamos em realizar uma atividade onde o professor não pudesse justificar o não uso de jogos pedagógicos pelo excesso de tempo necessário para aplicação dos mesmos.

Abaixo, demonstramos o índice de aprovação dos estudantes quanto ao tempo do jogo.

Figura 14. Análise do tempo gasto do jogo CCGCH



Como já definimos no início deste relatório de qualificação, o objetivo deste material pedagógico, é fazer com que o aluno do terceiro ano do Ensino Básico, construa o conceito de gene, porém observamos que os estudantes têm uma grande dificuldade em estabelecer uma conexão entre a divisão celular – meiose – com a formação de gametas – e as leis Mendelianas. Diante da não compreensão do conceito sobre divisão celular e formação de gametas, resolvemos incluir no jogo uma atividade em que os alunos estariam aprendendo ou revendo estes conceitos e os relacionando com as Leis Mendelianas.

No jogo, abordamos o assunto sobre a formação de gametas trabalhando o conceito de divisão celular – meiose. Trabalhamos o conceito de alelos, gene e sua expressão. Em seguida, uma vez que todos os participantes do jogo, já haviam formado seus bonecos, os ensinamos a formar seus gametas, separação e recombinação dos alelos e a leitura do quadrado de Punnett.

Como o objetivo do jogo pedagógico é ensinar conceito, procuramos assim investigarmos através dos estudantes, se para eles, este instrumento de aprendizagem, contribuiu para compreensão dos conceitos e fenômenos relacionados a hereditariedade.

Esta investigação ocorreu através da elaboração da respectiva questão: Como as características de seus bonecos poderiam ser transmitidas para a próxima geração?

Abaixo estão os relatos de alguns alunos sobre esta etapa do jogo.

> O jogo é muito bom e ajuda a esclarecer dúvidas a respeito da separação de alelos para formar gametas (C_8). O jogo é difícil, por que o trabalho é diversificado ele é bom e divertido. Porém é necessário que haja uma maior atenção, principalmente quando a gente tem que separar os alelos para formar o gameta no quadrado do punneet, só, por que pra lê o quadrado de punneett aí ficou fácil (C_9). Este jogo é um excelente modo de ensino (C_{12}). O jogo é muito bom e ajuda a esclarecer dúvidas a respeito da separação de alelos para formar gametas (D_6). Eu já sabia o que era gene, mas o jogo me fez pensar melhor sobre este conceito. O que eu não sabia era formar gameta, mas agora eu também já sei (D_{12}).

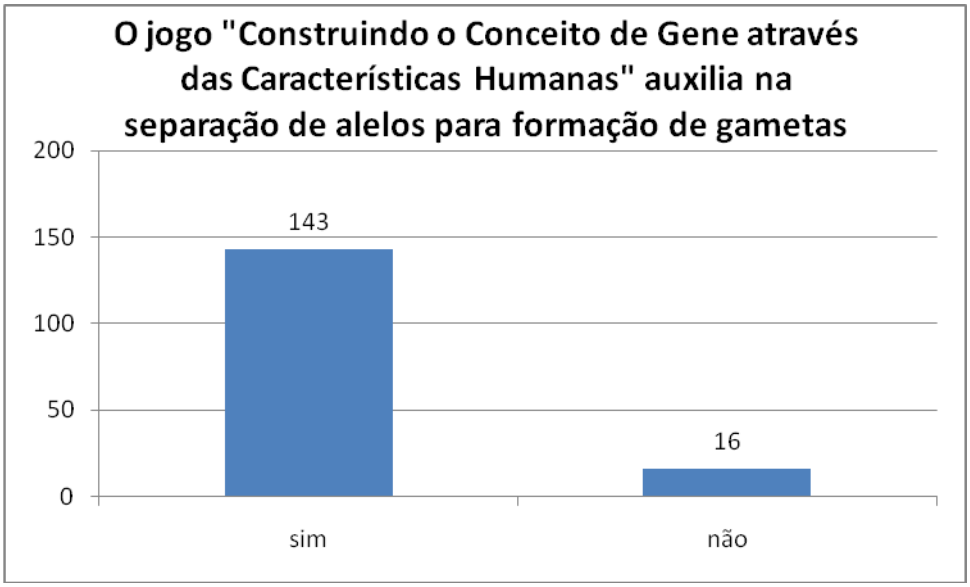
Concluímos através das justificativas apresentadas no questionário que a maioria dos alunos compreendeu, considera o jogo elaborado como um instrumento pedagógico.

Nos relatos dos estudantes exemplificados assim, podemos observar, a clareza com que os estudantes trabalham com os conceitos de: formação de gametas e sua relação com a meiose; como ocorre a transmissão da informação genética de uma geração a outra, além de

explanarem utilizando conceitos científicos cada característica hereditária dos bonecos que eles construíram em sala de aula.

Abaixo encontramos o resultado desta atividade.

Figura 15. Jogo CCGCH auxilia na separação dos alelos e a formação de gametas



8.2 AVALIAÇÃO DO JOGO PEDAGÓGICO: "*CONSTRUINDO O CONCEITO DE GENE*"

Este segundo jogo pedagógico apresenta como objetivo fazer com que o estudante trabalhe de forma abstrata, (através de problemas propostos), os conceitos aprendidos no jogo anterior, psicanalisando seus erros conceituais, e os retificando.

Este segundo jogo, propõem que os alunos, que participaram do primeiro jogo e que supostamente tenham aprendido conceitos relacionados a genética, que estes relacionem os conceitos aprendidos com os eventos que ocorrem em seu cotidiano.

É neste jogo pedagógico, que teremos a oportunidade de problematizarmos os eventos que ocorrem na vida do aluno. A problematizarão está relacionada ao senso comum (as primeiras impressões), aos obstáculos epistemológicos, que o estudante apresenta e que são difíceis de serem superados. Estas questões problematizadoras, estão presentes, em um conjunto de cartas especiais, chamadas de Cartas-Bombas.

Este material é um jogo composto por cartas com perguntas sobre os conceitos relacionados à Genética; 1 tabuleiro, 4 pinos e 2 dados.

Como estamos avaliando a eficácia do material elaborado – jogo pedagógico Construindo o Conceito Gene – seguiremos as mesmas questões avaliativas do jogo anterior. Desta forma, iniciamos a avaliação deste jogo pedagógico perguntando aos alunos, através de questionários, se ele é divertido.

Dos 159 estudantes que participaram deste segundo jogo pedagógico, 11 alunos escreveram que não foi divertido. Dentre estes 11 alunos, 9 justificaram suas respostas.

> O jogo deveria ter perguntas menos complicado, ser mais dinâmico, assim o jogo se tornará mais interessante (B_1) O jogo tinha que ter mais casas diferentes, não só "A" "B" e "BOMBA" (C_{10}) O jogo de ter perguntas mais difíceis (B_9) O jogo foi muito demorado, os alunos demoram demais pra responder um pergunta isso foi cansativo (B_{10}) O tempo do jogo deveria ser cronometrado para perguntas e respostas (B_{20}). Professora, não gostei do jogo, porque odiei jogar com a minha turma (C_{12}). Não gostei muito desse jogo, os caras são muito besta, são chatos (D_{20}). Não gostei do jogo, não consigo vê o que as cartas bombas tem de relação com minha vida (B_{18}). O jogo foi muito lento, deve ser aumentado o numero de dados (C_{15}).

Pude perceber que para estes 9 estudantes, o caráter lúdico do jogo não ocorreu. E estas reclamações são pertinentes dos alunos são pertinentes pelo fato de mostram que um jogo pedagógico, pode ser lúdico e pedagógico para um grupo de estudantes, mas para o outro grupo este mesmo instrumento se apresenta como um material pedagógico.

É importante que o professor perceba que ao levarmos um jogo para a sala de aula, não podemos ter certeza se esta atividade será lúdica para o aluno, a ludicidade é muito pessoal e sofre interferência de vários fatores como: a relação que o estudante tem com a matéria, com o professor da disciplina, e com os colegas de sala de aula.

Saber se o aluno está se divertindo durante a atividade que está sendo desenvolvida é primordial para que a proposta metodológica não perca seu sentido, que é oferecer de forma lúdica metodologias alternativas de ensino-aprendizagem ao aluno.

Percebemos que os estudantes B_1, B_9, C_{10}, B_{20} e C_{15} reclamaram sobre a dinâmica e o tempo que levamos para jogar. As reclamações destes estudantes, foram cabíveis, pois a primeira vez que jogamos, tinhamos somente um dado, isso deixou o jogo lento.

Diante da lentidão da primeira partida, busquei levar para a próxima turma 2 dados, e resolvemos este problema.

Os alunos (C_{12}), (D_{20}), (B_{18}) reclamaram quanto a postura de seus colegas durante o jogo. Isso ocorreu devido à demora com que os alunos (C_{12}), (D_{20}), (B_{18}) apresentaram para responder as perguntas, desta forma, os colegas que caminhavam bem no jogo, faziam "brincadeiras" desconfortáveis em relação aos estudantes que não tinham o mesma rapidez.

Os alunos mais dinâmicos ficavam irritados, com o tempo que seus colegas levavam para responder perguntas que para alguns eram muito fáceis.

Este acontecimento apresentou um aspecto negativo, uma vez, por que cada aluno tem um tempo de elaboração conceitual. Este tempo é importante, é um momento de reflexão, é o evento mais rico durante o jogo, por isso, é importante que o professor oriente a turma em relação a esta diferença, que é o tempo de elaboração que um colega leva em relação ao outro companheiro.

Para estes participantes, o caráter lúdico do jogo não aconteceu, pelo contrário, gerou ansiedade, inibido alguns colegas.

Este tipo de situação pode ser contornada por nós, professores, orientando os alunos a se comportarem de ética e respeitosa diante de seus colegas, para que todos tenham prazer em participar das atividades desenvolvidas com a turma.

Depois desta orientação em sala de aula, não obtive em nenhum outro momento, reclamações desta natureza nas outras turmas de terceiros anos.

Ao todo, acredito que atigimos nosso objetivo quanto ao caráter lúdico do jogo, uma vez que a maioria dos alunos registrou ter se divertido muito durante durante a execução desta atividade.

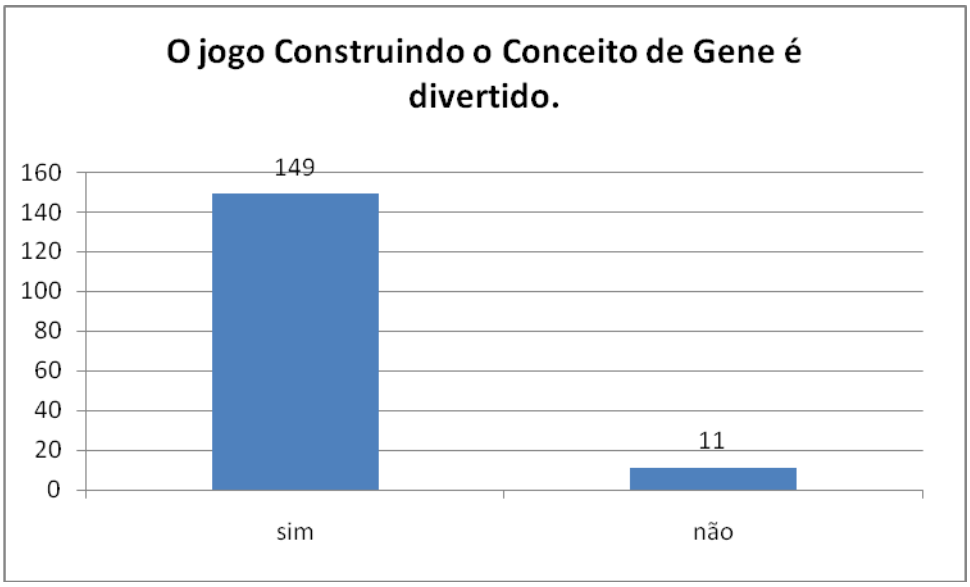
Abaixo apresentamos os registros destes estudantes.

> O jogo foi feito com bastante criatividade (B2). Há... para mim está completamente excelente (B4). Não há necessidade de mudanças pois foi uma aula aproveitosa e divertida em fim nós adoramos (B5). Eu gostei do jogo construindo o conceito de gene pois me ajudou a entender melhor os conceitos da genética, é um jogo divertido, com este jogo fica muito mais fácil da gente entender a genética (C3). Eu adorei o jogo, aprendi bastante e também me diverti muito acho que para melhorar deveria englobar materiais do 1º e 2º anos pois assim os terceiros anos se prepariam melhor para o vestibular (C8). Gostei de mais do jogo é divertido a gente aprende genética brincando, faz isso sempre professora, aprendo melhor assim (D6). Não tenho a dizer nada a aula jogando com meus colegas foi divertida, gostosa e aprendi o que é gene brincando só acho que o tabuleiro deve ser colorido (D15). O jogo é legal e divertido (D_{17}) O jogo é muito bom para aprofundar o conhecimento

> nosso em gene, com o jogo os alunos aprendem de forma divertida (D_{10}). O jogo é muito interessante, desperta em nós a vontade de estudar, brincando é muito legal (G_3)

Abaixo apresentamos a figura correspondente aos dados discutidos.

Figura 16. O jogo CCG é divertido



A próxima pergunta solicitada aos alunos, apresentou como objetivo, averiguar se na concepção dos estudantes, o jogo contribuiu para a compreensão do conteúdo de genética.

A maioria escreveu que sim, entretanto, 17 estudantes escreveram que não. Entre as justificativas apresentamos:

> Eu acho que foi muita informação, não sei se realmente sei, por isso que escrevo não (B_1). Eu não aprendi porque errei todas as cartas-bombas (D_{17}). Eu acho que não aprendi eu errei muito no jogo, perdi duas vezes (C_{10}). Não aprendi, genética não é pra mim (B_9). Professora, se eu escrever para a senhora que aprendi, a senhora vai passar uma avaliação e vai vê que não aprendi, então vou escrever que não aprendi, se a senhora passar a avaliação e se eu aceitar alguma coisa, aí eu tô no lucro (B_{14}). Pô, acho que me diverti mais do aprendi (D_9). É dificil dizer se aprendi ou não, quem vê isso é a senhora prof., mas vai lá...com mais errei do que acertei então penso que não aprendi muito (D_{11}). Não sei dizer se aprendi (D_{12}).

Diante das justificativas apresentadas, buscamos entender a perceção do aluno sobre sua aprendizagem, seu desempenho intelectual; e descobrimos quais foram as razões

utilizadas para concluírem que não aprenderam, uma vez que, observamos em vídeo uma grande participação destes estudantes os jogos, com respostas muito coerentes.

Chamei os alunos para conversarmos a respeito do motivo que os levam a acreditar, sobre o baixo rendimento no jogo.

O que os alunos disseram foi: não aprendemos nossas respostas eram diferentes das respostas dos melhores alunos da sala.

O melhor aluno da sala, de acordo com os estudantes entrevistados, foi o parâmetro utilizado pelos estudantes para medirem seus níveis de aprendizagem. Perguntei como eles identificam o melhor aluno da sala e todos disseram que são pelas novas altas que tiram nas avaliações.

O jogo apontou para um obstáculo, não digo epistemológico, mas cultural, de que o bom aluno é aquele que tira notas altas, o que não é verdade, existe sim, bons alunos que tiram boas notas, mas não podemos generalizar.

Mas o pior de tudo isso, é que o próprio professor contribuiu, acredito que até inconscientemente, pela permancencia desta falsa idéia, talvez isso se deva ao fato do professor não questionar o instrumento avaliador, do qual aponta o aluno ser bom ou não. Se nós professores, passassemos a refletir sobre as falhas existentes dentro de uma avaliação, talvez este mito viria abaixo.

Um bom professor, aquele que teve uma boa formação, ele não se atenta e critica somente os resultados de uma avaliação, este professor critica os meios avaliativos, ele passa a desconfiar e buscar uma melhora no instrumento avaliador, e não somente no resultado que é fruto deste instrumento.

Como professora das turmas que participaram dos jogos, e como pesquisadora, observei que os estudantes que acharam não ter aprendido, foram aqueles que relacionaram de forma muito coesa os conceitos de genética com seu cotidiano.

Já os estudantes que disseram que aprenderam buscaram deixar registros nos questionários:

> Eu aprendi genética, que vê prof. eu sou A+, meu namorado é O -, eu e ele podemos ter filhos tanto do tipo A quanto do tipo O, se eu for heterozigota, se eu for homozigota, ai não, vai ser tudo A (F_5). Achei legal saber que se a gente sofre um acidente de carro, e tiver que cortar um braço, uma perna, a gente não passa isso para o filho da gente, eu achava que passava (F_9). Eu e a Bruna somos gêmeas, só que ela e magra e eu não, e minha familia, meus primos dizem que se somos gemeas porque a gente então é diferente, agora eu aprendi que não é porque somos gêmeas

> que a gente vai ser igual a outra, porque o meu DNA interagem diferente com o meio ambiente ($G_{9)}$. Na minha família todos os meus irmãos e a família do meu pai tem pernas bem cumpridas, e minha mãe achava que era porque não enfaixavam as pernas deles quando eram recem nacidos, mas pô, nada vê, é uma herança genética (E_{13}). Eu gostei muito do jogo, bem interessante e fácil de aprender (E_4). Me ajudou a entender mais sobre a genética, até na vez da brincadeira entre amigos, ajudou em uma melhor compreensão da matéria, tornando mais interessante do que explicado como teoria (F_{15}). O jogo foi ótimo educativo e divertido (E_{11}) eu achei o jogo divertido e uma forma diferente de aprender talvez o jogo deveria ter algo a mais, não só naquela de A e B", é... mais jogatilidade (G_8). As perguntas são ótimas, as explicações que eu dava errada, tipo... o sangue tem DNA, então aprendi que isso não é verdade (G_{19}).

O objetivo é possibilitar ao estudante a construção e compreensão do conceito de gene, e outros termos relacionados a genética.

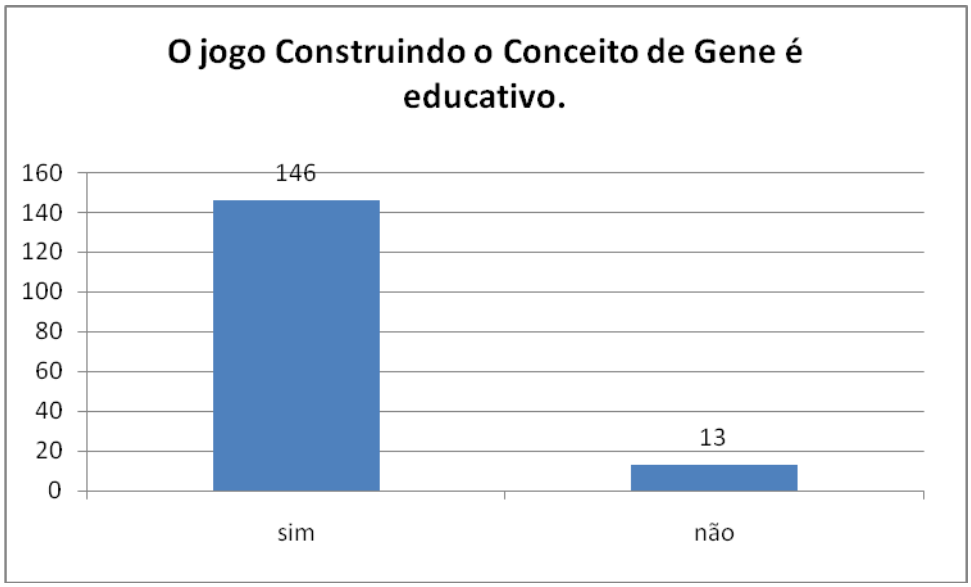
Busquei investigar através da entrevista, como a estudante F_5 compreendeu o processo de herança do sistema ABO. A aluna, com muita tranquilidade disse:

> Há...eu só tipo A, porque herdei esse gene do meu pai e da minha mãe (...) no espermatozóide do meu pai ele veio trazendo o alelo A, não é bem assim porque tem aquele I, lembra né prof? Então...e no ovulo da minha mãe veio o **i**, porque minha mãe é **O**. Ai eles se encontraram e formaram um gene, e esse gene faz eu ser A. O tipo **A** dominado o **O** (F_5).

Embora a estudante F_5 tenha apresentado uma descrição verbalmente confusa, o seu raciocínio está correto. Ela apresenta a tipagem sanguínea A, porque herdou de seus pais alelos $\mathbf{I^A}$ e **i**, formando assim o gene $\mathbf{I^A\,i}$, responsável pela produção de aglutinogênio A.

Os resultados colhidos dos alunos idicam que o jogo é educativo.Abaixo está a figura correspondente a esta discussão.

Figura 17. O jogo CCG é educativo



Embora o jogo faça uma abordagem de conteúdos do primeiro ano do Ensino Médio (divisão celular - mitose e meiose; formação de gametas) e de conteúdos do terceiro do ano do Ensino Médio, envolvendo nas duas primeiras Leis de Mendel, nosso objetivo foi verificar se o jogo auxilia na elaboração conceitual de gene. Assim, buscamos registros e falas que indicassem, por parte do estudante, a construção deste conceito.

Dos 159 alunos, 142 estudantes disseram que o jogo auxilia na compreensão do qe é gene, abaixo estão algumas justificativas.

> O gene, vai ser um trecho ativo do DNA, que pode produzir uma proteina, ou enzima (E_8). O Gene são informações que vai produzir alguma característica em mim, e herdei eles dos meus pais, e meus pais dos meus avos e assim em diante (E_{17}). O gene pode estar ligado ou pode estar ligado em uma pessoa, mas ele tem função de expressar alguma coisa, por exemplo proteína (E_{18}). O gene é uma pedaço do DNA, então ele é feito de nucleotideos, e ele tem função de fazer várias coisas,tipo ver que cor de pele vai ser a minha, e produzir melanina, ou ate gerar um doença(F_5). O gene é um trecho do DNA que pode expressar algo, pode ser um cancer, se ele for mutado (F_{20}). Gene é um trecho ativo do DNA (G_3). O Gene é feito de muitos nucleotídeos então o Gene e uma parte do DNA (G_6). Quando juntam dois alelos para imprimir alguma coisa como cor do olho, tipo de nariz, como ele tá imprimindo alguma coisa então é um gene (F_{14}).

O jogo pedagógico possibilitou a construção do conceito de gene, e isso é notório porque o aluno relaciona o que foi discutido no jogo com seu cotidiano. A forma como ele

observa determinadas situações foi modificada em detrimento do novo conhecimento, a existência do gene.

Na concepção de Freire (2005), o jogo auxilia na compreensão do conceito de gene porque ele não deixa esquecer o que foi aprendido, pois uma de suas características é fazer com que o aluno supere suas dificuldades, ou como argumenta Bachelar (1996), supere seus obstáculos.

> Quando uma pessoa supera a dificuldade que se impõe, caracterizando uma aprendizagem, o fim desse processo registra o prazer da conquista. (FREIRE, 2005, p. 82)

O jogo, de acordo com Freire (2005), faz a manutenção do que foi aprendido, porque o aluno joga com as coisas que já incorporou, assim, quando joga, faz repetir de forma circular, as formas que conhecemos em outro plano, mesmo que isso remeta para outros conhecimentos.

O jogo aperfeiçoa o que foi aprendido. Sempre que o conteúdo de um jogo se referir a coisas que aprendemos numa determinada situação, sua repetição sistemática inevitavelmente aperfeiçoará as habilidades adquiridas e envolvidas nela, porque essa circularidade facilita o exercício. E assim se passa com todas as coisas que repetirmos. (FREIRE, 2005, p. 82).

Se, durante o jogo, as habilidades podem ser aperfeiçoadas pela repetição, isso certamente vai fazer com que o jogador se prepare para novos desafios, isto é, para assimiliar conhecimentos de nível superior. (FREIRE, 2005, p. 83)

Os alunos que escreveram não ter compreenderam o conceito de gene, justificaram:

> Confudi gene com Alelo (D_3) não lembro muito o que é gene (F_{13}) me perdi foi muita coisa dita, e me perdi (F_{21}) gene é uma coisa que tá dentro do DNA, que é protegido do DNA, mas não é só isso, tem mais coisa, mas não sei (G_{12}) Escrever o que é gene não sei, mas sim que deve ser cuidado se não ele mata gente, e que ele responde pelas nossas características. Ex: tipo de boca, de olho. (H_3) Gene é uma coisa difícil da gente ficar entendendo mas a gente sabe o que todo mundo sabe que o gene pode dizer quando uma pessoa é homossexual, que se a gente se parece com o pai ou com a mãe é por causa dele (F_7). Através do jogo dá para aprender muito, tipo ...há eu posso ficar despreocupado por que se eu for atropelado por um carro e perde braço, perna e ficar cego, isso não vai afeta meu espermatozóide, ele será saudável (G_4).

Mesmo em alguns estudantes que escreveram que não sabem o que é gene, foi possível verificarmos nas justificativas indícios de que a compreensão estava a caminho. Que a elaboração conceitual ainda estava percorrendo os seus altos e baixos.

Em relação ao aluno (F_7) que escreveu sobre o gene como um fator determinante da homossexualidade, em entrevista disse que este conhecimento foi adquirido através de uma reportagem exibida na televisão.

Nesta situação, descrita pelo aluno (F_7), é interressante o desenvolvimento de uma discussão em sala, uma vez que este tipo de visão pode vir a gerar preconceitos. É importante que o professor fique atento a certas falas determinísticas sobre gene em relação a homossexualidade, agressividade (distúrbios de comportamento) entre outros.

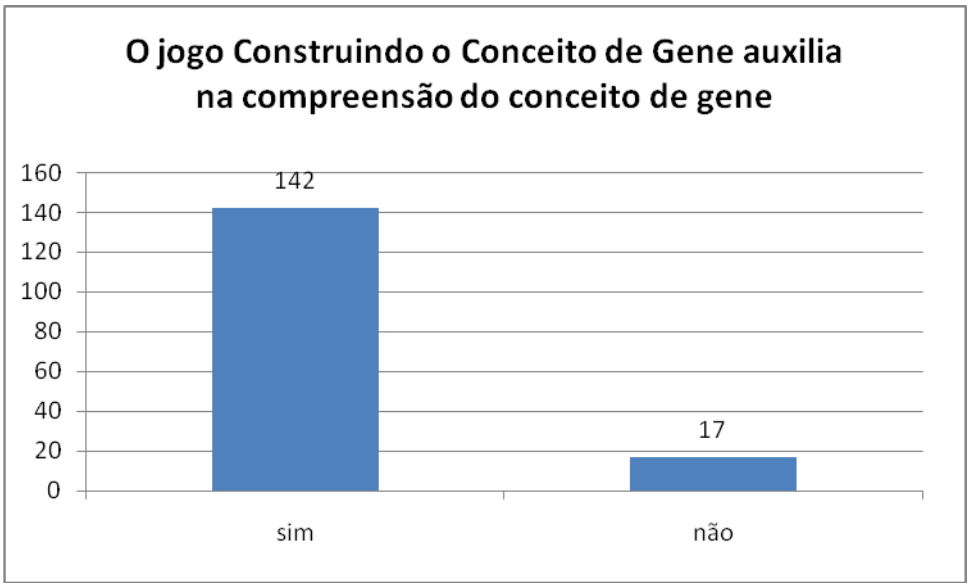
O professor precisa realizar ponderações com relação a pontos de vista que abordem casos de opção sexual (homossexualidade), excluídos da sociedade (bandidos, assassinos) entre outros, como algo exclusivamente genético.

O professor pode trabalhar com pesquisas que apontam o gene como um fator responsável por determinar comportamento e pesquisas que contrariam este posicionamento, apontando a importância do papel social, que vem a ser o direito de todos à educação de qualidade, moradia, boa alimentação, emprego digno, lazer, a um bom atendimento médico.

O professor pode explanar: Será que se todos nós tivéssemos boa qualidade de vida os indices de criminalidade não diminuiriam? Ou será que um indivíduo infrator estará condenado a ser um excluído da sociedade em função de um gene que o domina?

A seguir apresentamos a figura (F18) com o resultado dos alunos sobre o jogo como auxílio para compreensão do conceito de gene.

Figura 18. O jogo CCG auxilia na compreensão do Conceito de Gene



O tema que abordaremos agora, são as regras do jogo "Construindo o Conceito de Gene".

Como já discutimos na exposição do jogo anterior, as regras são importantes por possibilitar ao jogador, disciplina, respeito, cautela, paciência.

As regras deste jogo foram alteradas em relação a primeira versão apresentada. Uma das alterações foi o acréscimo de mais um dado na jogada, a fim de deixar o jogo mais dinâmico; a segunda alteração foi deixar os alunos responderem as questões das cartas-bombas, caso quem tenha sido sorteado não saiba responder.

No início do jogo, os alunos ficaram perdidos, não sabiam que poderia ler as perguntas das cartas-bombas e nem, quem quantos alunos poderiam estar respondendo, o jogo seguia sentido horário e anti-horário, enfim, foi uma confusão. Mas todos estes empecilhos foram contornados através da reelaboração das regras.

As reclamações em relação as regras estiveram voltadas quase que exclusivamente à confusão que os alunos faziam em relação ao sentido que se seguia o jogo.

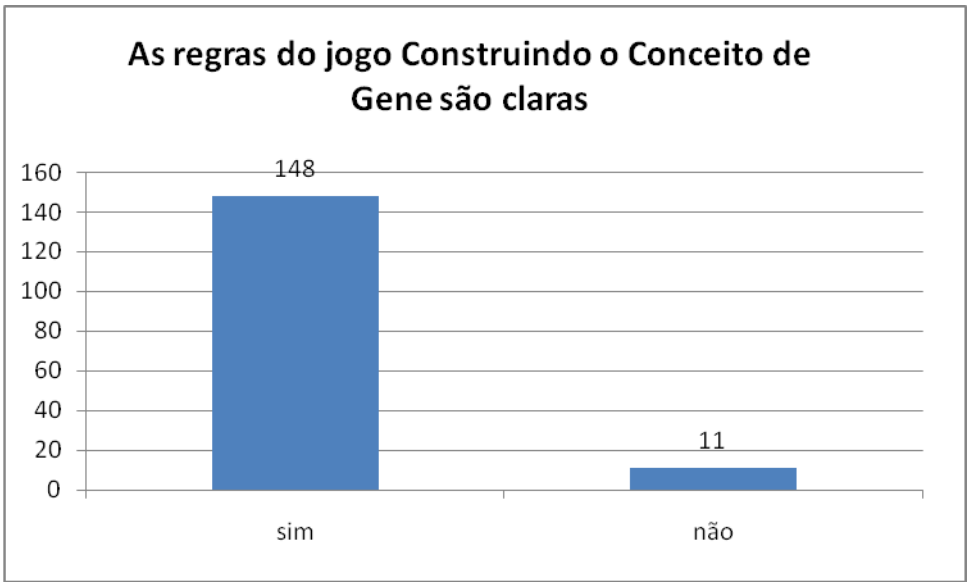
Campos *et al*. (2002) argumenta que os jogos que apresentam muitas regras podem ser falcilmente compreendidos se a atividade lúdica for interessante para os jogadores.

Podemos concluir o jogo pedagógico é interessante, por que a compreensão das regras do jogo pedagógico, ocorreu nos 93% dos alunos participantes.

Abaixo apresentamos comentários dos alunos a respeito das regras do jogo.

> Para mim que tenho dificuldades em genético foi um pouco confuso jogar não sabia quando eu pergunta e quando eu respondia (G_5) Me senti um pouco perdida para fazer a pergunta, e quando era minha vez de responder (F_{14}) quando a gente acerta as resposta, eu acho que a gente poderia ainda continuar jogando, ou avançar uma casa, há alguma coisa assim...ficaria ainda mais dinâmico (G_5). Em relação as regras estão bem claras (G_8).

Figura 19. As regras do jogo CCG são claras



O próximo item a ser discutir está relacionado ao nível de linguagem que o jogo foi elaborado. É importante o pesquisar ao construir um material ou jogos que serão utilizados pelos alunos, se atentar em relação a forma escrita, pois a linguagem não pode ser nem difícil e nem muito fácil, ambas desestimulam o estudante a jogar.

Desta forma, concordamos com Reis (2006) quando afirma que o jogo é um recurso excepcional para o desenvolvimento dos conteúdos, em qualquer nível e faixa etária, desde que este recurso pedagógico tenha uma linguagem nem muito fácil, nem muito difícil para a faixa etária e o nível de conhecimento dos alunos pois, caso contrário, pode provocar desinteresse e consequentemente a não aprendizagem do conteúdo envolvido, foco principal dos jogos pedagógicos.

Apesar do alerta, em se tratando da linguagem, observarmos que as maiores dificuldades apresentadas pelos alunos, foram os termos específicos de genética. Verificamos, através das aulas gravadas, que muitos alunos não respondiam as questões por

desconhecimento de conceitos como heterozigoze, autossomo e outros termos utilizados no jogo.

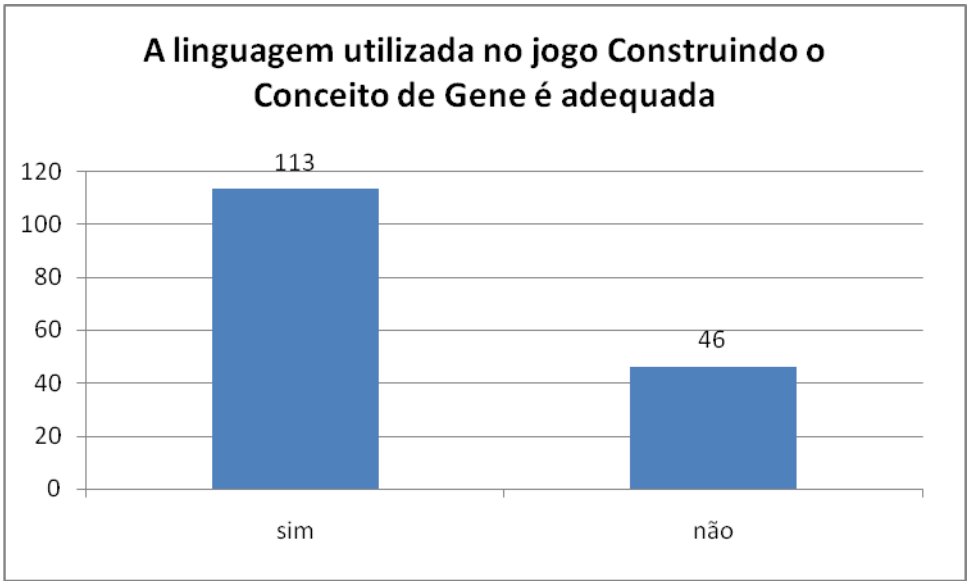
Verificamos através do questionário um número significativo de alunos que apresentaram dificuldades relativa a linguagem escrita do jogo pedagógico.

Abaixo transcrevemos registros sobre dificuldades dos alunos na interpretação das questões.

> A linguagem é um pouco formal demais (C_8) A linguagem culta demais; poderia ser um pouco menos complicada (C_{12}) As vezes as respostas estão complicadas e precisamos do auxílio da professora (D_7) Poderia ser um pouco menos complicada, acho que deveria ter uma linguagem mais simplificada do que o jogo oferece, facilitando o entendimento dos alunos (G_{11}).

Acreditamos que este número de alunos (46) que tiveram dificuldades com a linguagem do jogo, estava apresentando dificuldade em se lembrar dos termos específicos trabalhados em sala e durante a execução do primeiro jogo pedagógico – Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas.

Figura 20. A linguagem do jogo CCG é adequada



O próximo item a ser analisado se refere ao tempo de duração do jogo, quesito importante uma vez que os professores do Ensino Básico, principalmente docentes das turmas de terceiros anos, não vêem os jogos como um recurso pedagógico, como uma metodologia,

que possibilita a aprendizagem dos estudantes tal como as aulas expositivas que eles tanto valorizam.

Por isso, tivemos a preocupação de nos limitarmos ao jogo somente em uma aula, mas acrescento que o jogo não tem um fim em si mesmo, ele pode e deve ser utilizado várias vezes durante o ano. Ele não foi elaborado para ser utilizado em um determinado momento do conteúdo, ele pode ser utilizado ao longo do desenvolvimento de toda ementa de genética, ele se mostrará sempre atual, as questões não ficam ultrapassadas, pois o que trabalhamos neste jogo não são somente conceitos, são obstáculos epistemológicos, e para muitos alunos a superação destes obstáculos levam uma vida.

Para a aplicação do jogo pedagógico, utilizamos em algumas turmas apenas um dado, isso deixou o jogo lento e os alunos inquietos. Isso acabava atrasando e atrapalhando o andamento da atividade lúdica. Neste sentido, alguns dos participantes reclamaram sobre o tempo gasto abaixo encontra-se algums queixas.

> Achei o jogo um pouco demorado (E_7) Acredito que o jogo deveria ser cronometrado (E_{12}) Deveria ser em grupos para acelerar o jogo (E_{10}) É muito demorado (G_8) precisamos de mais tempo (F_5) Acho que devemos chegar com três dados (F_8) acho que as respostas poderiam ser cronometradas, tipo assim, se a guria demora muito pra responder perde ponto nas casas que ela ganhou no dado (F_9). O tempo do jogo não é muito bom, demorou um pouco para só uma aula o tempo deveria ser cronometrado para as resposta, e aqueles que a gente sabe que não sabe não deveria nem deixar dar tempo para responder, por que eles ficam enrolando (H_1) O tempo deveria ser cronometrado (H_3) Ter perguntas de raciocínio lógico, não gosto de ficar pensando, gosto de responder logo e pronto (G_{11}) O tempo do jogo não é muito bom, demorou um pouco para só uma aula somente (G_{20}).

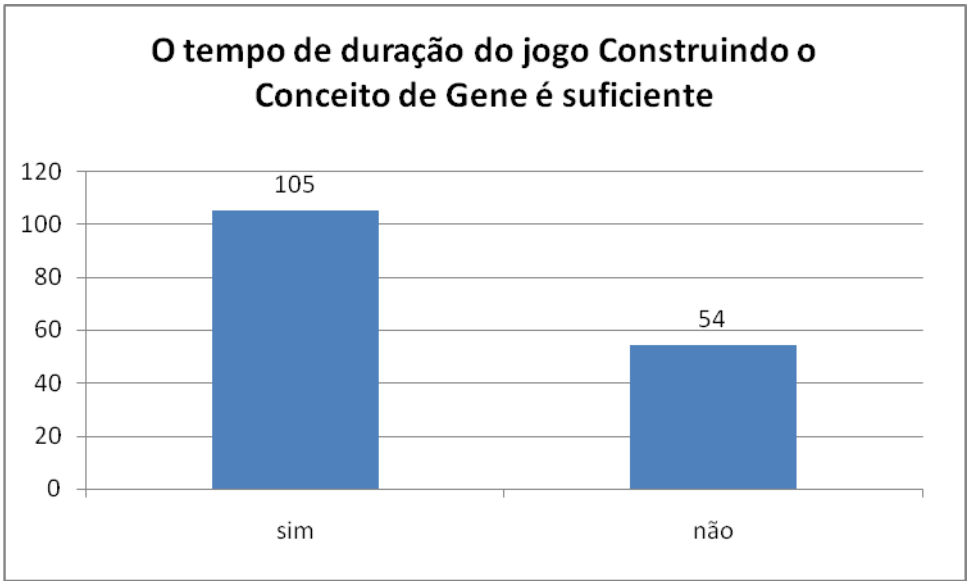
Estas anotações foram coletadas logo após a primeira aplicação do jogo. Diante destas reclamações, estudamos e acatamos as sugestões dos estudantes, que seria a presença de dois dados e não um.

Fizemos as alterações necessárias para que todos os estudantes terminassem os jogos num período de 40 0a minutos; vale lembrar que uma aula equivale a 50 minutos.

Para deixarmos os jogo pedagógico mais dinâmicos, incluímos então 2 dados, e cronometramos o tempo das respostas, já que muitos alunos levavam um tempo longo para responder as perguntas, a cronometragem não é fixa, ou seja, o grupo decido quanto tempo será atribuído para responder uma pergunta da carta-bomba. A fase das cartas-bombas, que

só podiam ser respondidas por quem as tirassem, também sofreu uma alteração, desta vez, se o aluno que tirou a carta-bomba não souber responder, a pergunta seria levada a todos os participantes um de cada vez (são quatro participantes) no sentido horário, e o aluno que responder de forma correta, ficará com a pontuação de quem a principio havia tirado a carta.

Figura 21. O tempo de duração do jogo CCG é suficiente



Discutiremos agora a percepção que os estudantes apresentam a respeito das cartas-bombas.

As cartas-bombas, são cartas compostas por questões que foram elaboradas de acordo com os obstáculos epistemológicos apresentados pelos estudantes ao fenômeno da hereditariedade.

Sendo assim, o objetivo das cartas-bombas no jogo, é verificar se o aluno através dos conhecimentos científicos sobre o mecanismo de transmissão da hereditariedade, desenvolvidos através dos jogos,

A cartas-bombas e a etapa mais importantes do jogo, pois e através delas que podemos analisar se o aluno incorporou os conceitos científicos, relaciona o conhecimento de genética com o seu cotidiano, e consequentemente superando seus obstáculos epistemologicos.

Quando um aluno pega a carta-bomba, todos os integrantes do jogo prestavam muita atenção na pergunta e consequentemente nas respostas.

Na primeira versão do jogo pedagógico, a pergunta contida na carta-bomba era lida para o jogador que caiu na figura de Bomba do tabuleiro, então o aluno atribuia uma resposta

a pergunta da carta-bomba, e independente o aluno ter acertado ou não a resposta, um dos colegas responsável, em fazer a perguta ao jogador lia-se a resposta.

Porém, resolvemos mudar a estratégia do jogo, pois não estávamos atingindo nosso maior objetivo, que seria a capacidade de arguntação do aluno sobre um determinado assunto (problema), que a princípio, os alunos responderiam baseando-se em suas impressões primeiras, em seus obstáculo epistemológicos.

Tomando como pressuposto de que que o objetivo da carta-bomba é de questionar o conhecimento anterior do aluno, através das discussões em grupo e da mediação do professor, optamos por mudar a forma como a carta-bomba estava sendo administrado durante o jogo.

Agora a carta-bomba é lida para todos os integrantes do jogo, a preferência para respondê-la está direcionada a quem lançou o dado e caiu no desenho-bomba. Quando um aluno do grupo responde a pergunta contidas na carta-bomba, perguntamos para o grupo se eles concordam com a resposta, desta forma, privilegiamos o debate. Para debater, o aluno precisa organizar seu racioncínio, e buscar suas afirmativa (seus argumentos) nos lugares mais obscuros de sua mente.

A cartas-bombas foram vistas pelos estudantes como as vilãs do jogo pedagógico, nenhum aluno queria pegar a carta-bomba, por que não existe uma forma de memorizar e responder as perguntas, não adiante o aluno memorizar os conceitos apresentados, os alunos para conseguirem responder as questões das cartas-bomba tinha que utilizar o conceito aprendendido na escola e relacioná-lo aos eventos corriqueiros do seu cotidiano.

Abaixo estão alguns depoimentos a respeito da presença das cartas-bombas no jogo pedagógico, como elemento que auxilia na compeensão de fenômenos hereditários e consequentemente na formação do conceito de gene.

> ajudou um pouco (E_8) nem todas (E_{18}) se alguns dos participantes souberem a resposta sim (H_9) com certeza elas me fizeram pensar coisas do meu cotidiano (F_{10}) O jogo tem questões que eu pensava de errado, agora não erro mais (G_{15}).

Com relação às respostas acima, parece que a carta-bomba atingiu o objetivo.

Através das filmagens, foi possível verificarmos as reflexões que os alunos construindo, em muitos momentos, observarmos os alunos negando, retificando, falseando pensamentos que antes os levavam a erros conceituais.

Muitos alunos ficavam refletindo sobre os eventos apresentados nas cartas-bombas e nas situações similares que ocorriam em seu cotidiano.

Este momento de reflexão proporcionado pelas questões das cartas-bombas, é o mais importante do jogo, este é o momento em que o aluno fica inquieto, pensativo, é também o momento de resistência a mudança, em detrimento ao novo conhecimento que está ali, cutucando e invalidando, situações(explicações) que antes eram inquestionáveis.

As questões das cartas-bombas mais a mediação do professor, são fatores que podem auxiliar na instabilização do conhecimento não científico, que surgem na vida do aluno através de explicações simplista, porém não é fácil fazer com que o estudante abandone o conhecimento anterior, mesmo quanto este conhecimento se encontre cheios de rachaduras. É muito difícil o abandono, por parte do aluno, de toda a razão e afetividade que o envolveu no momento da concepção. Sua reestruturação em direção a respostas de cunho científico é, portanto, uma grande vitória do método.

Desta forma, observamos que muitos alunos ficam resistentes a mudança, permanecendo em conflito entre o antigo e o novo saber, mas também observamos que muitos alunos, durante o processo de aprendizagem, podem desencadear uma revolução interna entre o equilíbrio aparente do velho conhecimento e o saber que se encontra em fase de elaboração.

Assim, a revolução interna, especialmente sobre hereditariedade, necessária para elaboração de uma explicação científica, deve ser vista através da coleta de dados das noções que os estudantes levam para sala de aula. É através da revolução psíquica que poderá ocorrer rupturas entre o saber cotidiano e o saber científico.

> Eu tive muito medo de responder as cartas-bombas, elas eram estranhas (E_1) Não gostei das cartas-bombas me senti sendo testada (C_4) Prof. você poderia trocar o nome das cartas-bombas, para QUESTÕES ASSASSINAS, porque ela degolou muita gente (C_7). Odiei as cartas-bombas foi por causa delas que perdi o jogo (C_{12}). Eu não gostei das cartas-bombas elas dão um frio da barriga mas eu aprendi com elas (D_5). Achei legal as cartas-bombas porque eu refleti muito sobre o que a senhora falou, que genética não é ficar passando em vestibular, mas para gente entender a vida como ela é (E_7). As cartas-bombas cumpriu certinho seu papel, explodi com os alunos que não sabiam genética. Brincadeirinha professora (D_{11}). As cartas-bombas são muito maça, o cara sabe ou cara não sabe, não tem como colar. (G_{14}) Gostei das cartas-bombas, porque você viu que eu aprendi genética, eu não vou bem nas provas mas você viu professora que eu respondi as bombas certinhas (G_2). Nunca mais vou esquecer das cartas-bombas, nunca passei tanta vergonha jogando, prof. eu errei todas, nossa não me conformo (G_8). Graças a Deus não peguei nenhuma carta-bomba, meu maior medo no jogo era pegar essa carta, mas eu aprendi mais com elas do que com as cartas pequenas (H_{10}) As cartas-bombas

> ensinam mais a gente (H_{16}). As cartas-bombas são as mais difícil do jogo porque nós temos que pensar pra responder (H_{13}). Eu não gosto das cartas-bombas porque elas fazem a gente expressar nossa burrice, a gente não erra mais de tanta vergonha (G_{14}). O que mais gostei do jogo, foi destas cartas-bombas, muita garota que se achava, e que ficavam se aparecendo para outros, foram desmascaradas (E_8).

Em relação aos comentários a acima, em nenhum momento o jogo através das cartas-bombas teve a intenção de gerar uma situação constrangedora aos alunos, e sim de criar um momento em que o estudante pudesse refletir sobre questões abordadas em sala de aula de acordo com o pensamento científico. Felizmente, através da análise das aulas gravadas, observamos que esse objetivo foi atingido.

Embora as cartas-bombas do jogo, *Construindo o Conceito de Gene*, tenham sido colhidas de concepções alternativas, primeiras impressões, alegamos que para se ensinar ciências, somente isso não basta. Bizzo e Kawasaki (1999) alertam que é preciso dominar o conteúdo necessário para exercer com eficiência essa atividade, pois caso contrário, as pré-concepções podem ser ainda mais reforçadas pelo simples fato de colocá-las em evidência:

Segundo Bizzo e Kawasaki (1999):

> (...) para mediar essa ruptura é uma tarefa difícil se o professor não dominar os conteúdos que ministra, de modo a reconhecer as diferenças entre esses dois âmbitos do conhecimento, pois "caso o aluno [...] seja estimulado a elaborar modelos explicativos apenas tomando seus pontos de vista pessoais como referência, a escola passa a ser o local onde as crenças e conhecimentos prévios do estudante simplesmente afloram e se cristalizam". (BIZZO & KAWASAKI, 1999, p. 27).

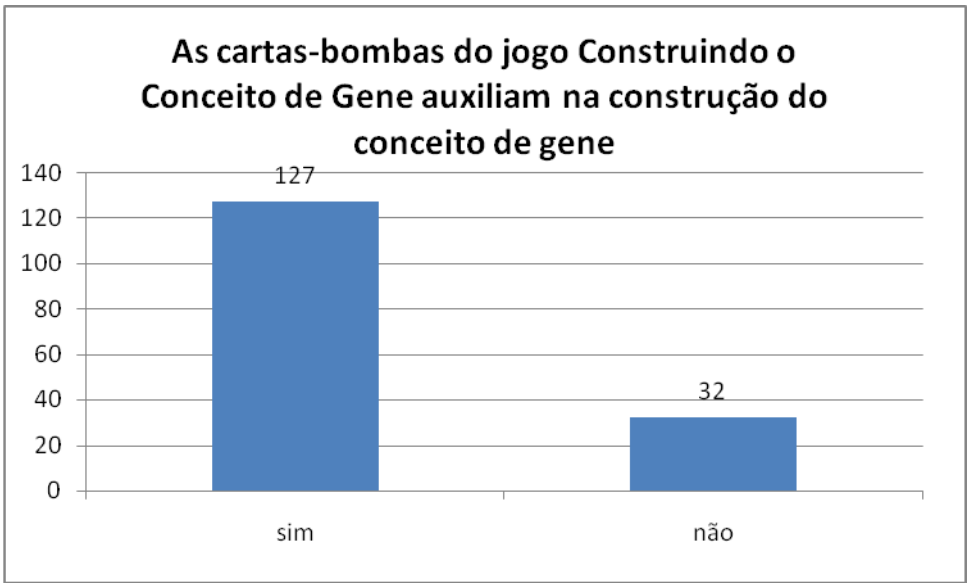
É fundamental, que o professor tenha o domínio do conteúdo, porém o professor precisa de uma formação quanto a aplicação de jogos em sala de aula. Jelinek (2005) alerta que "uma prática pedagógica baseada no uso de jogos necessita de uma preparação por parte do professor. Uma prática sem os alicerces bem estruturados pelo educador poderá gerar grandes prejuízos"

Antunes (2002) também aponta para a importância do professor dominar o jogo para se extrair o máximo possível dessa atividade lúdica:

> Um profissional que assume sua crença no poder de transformação das inteligências, que desenvolve os jogos com seriedade, que estuda sempre e se aplica cada vez mais, desenvolvendo uma linha de cientificidade em seu desempenho, mas que essa linha na limita sua sensibilidade, alegria e entusiasmo. (ANTUNES, 2002, p. 12)

Abaixo se encontra a figura sobre a avaliação das cartas-bombas no jogo pedagógico.

Figura 22. As Cartas-bombas do jogo CCG auxiliam na construção do conceito de gene



Analisaremos agora a última questão, que está relacionado ao aspecto visual do jogo, quanto à sua arte e beleza.

É importante que a primeira vista o aluno se sinta atraído pelo o que esta vendo, para isso procuramos utilizar cores moderadamente fortes e atrativas. Mas ainda assim, acreditamos ter pecado, os tons (cores) poderiam ter sido mais vibrantes, mas por outro lado ficamos preocupados em chamarmos tanta atenção dos olhos, por que com tanta arte e coloração o aluno poderia perder o foco do jogo, que são as questões.

Abaixo estão descritas sugestões sobre a arte gráfica do material pedagógico – jogo pedagógico.

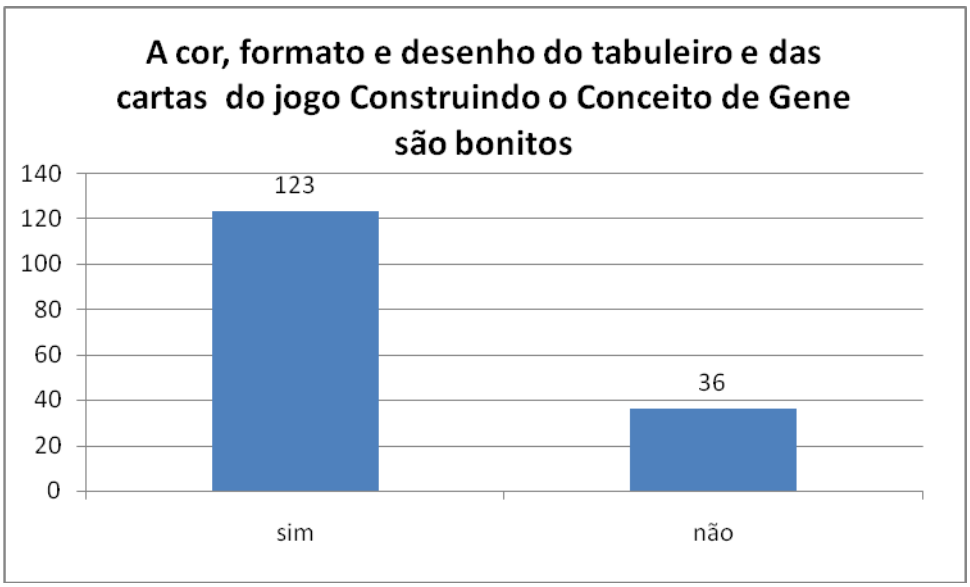
> Mas poderia ter uma cor amarela, é mais alegre (H_4) Só acho que poderia ser um pouco mais colorido (H_{18}) Acho que pra nós que somos jovens as cores poderiam ter sido mais nervosas, acho que assim daria mais adrenalina, eu acho (G_1) Não gosto de azul, o jogo é todo azul, acho que a carta-bomba, já que é bomba mesmo deveria ser preta e as cartas menores, ficariam com o mesmo desenho mas na cor branca, não branca, branca, cor gelo (H_6). O jogo foi bem elaborado e não precisa de ajustes (G_4) a aparência do jogo não é muito chamativa (E_9) E ele poderia ser mais colorido e ter regras mais dinâmica para ser um jogo super-divertido (D_{12}) Acho que o tabuleiro poderia ser mais atrativo (G) Fazer este tipo de atividade sempre porque melhora e testa nossos conhecimentos (D_5) Há eu não tenho nenhuma sugestão boa, o jogo está de acordo em minha opinião não mudaria nada (C_6) Acho que o tabuleiro podia ser preto, com imagens de aberrações como porco de focinho colorido, rato com orelhas humanas nas costas, fotos daquela ovelha lá *pop star*, rato bioluminescente....coisas transgênica em geral, pro jogo ficar bem nervoso (C_8) O

> tabuleiro é bonito, mas ficaria mais bonito se o caminho fosse uma molécula de DNA (F_4) entre aquelas perguntas, poderia ter uma do tipo: “Seu DNA genético sofreu alguma mutação devido a radiação?” (F_9) O aluno que não sabe responder deve ficar um rodada sem jogar, volte casas, pra deixar a pessoa nervosa e ela perder a concentração (E_7) Para melhorar o jogo, deveria ter mais “pegadinhas” para dar um tipo de adrenalina a mais ao jogo (H_1)

Todas as sugestões para a mudança da arte foram interessantes, e para a elaboração de um próximo material, para esta faixa etária de idade, certamente levaremos em consideração estas observações, porém nenhuma mudança quanto a alteração da arte do jogo foi ainda realizada porque a maioria aprovou a primeira versão.

Abaixo está a figura com os resultados.

Figura 23. A cor e o formato do jogo CCG são bonitos



CAPÍTULO 9
CONSIDERAÇÕES FINAIS

É sabido que a compreensão dos conceitos envolvidos nos mecanismos da hereditariedade (DNA, gene, divisão celular e expressão gênica), exige do aluno um nível de abstração, que acreditamos ser possível alcançá-los.

Um dos mecanismos que pode auxiliar o estudante a atingir o nível de abstração necessário para a compreensão dos conceitos relacionados à genética, pode se dar através do uso de metodologias alternativas, os jogos pedagógicos é uma delas.

Através da pesquisa realizada foi possível concluir que a utilização de recursos alternativos, como jogos pedagógicos, são grandes aliados para a construção de conceitos científicos. Os jogos "*Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas"* e "*Construindo o Conceito de Gene",* são instrumentos pedagógicos elaborados no intuito de auxiliar o professor a utilizar uma metodologia de ensino, na área de genética, de forma que os conteúdos desenvolvidos se tornem significativos para a vida do aluno.

Foi possível observar através das filmagens, gravações, questionários e entrevistas que o professor auxiliado pelos jogos pedagógicos atingiu o objetivo estabelecido: construir o conceito de gene e, como conseqüência deste novo conhecimento, compreender melhor os mecanismos de transmissão de características de uma geração a outra, de maneira lúdica.

Os jogos pedagógicos contribuíram para se atingir os objetivos propostos pois durante sua elaboração, a todo o momento, nosso pensamento estava direcionado ao aluno, aos erros conceituais e aos obstáculos epistemológicos, que normalmente são trazidos para a sala de aula.

Para Bachelard o erro é muito importante, faz parte do processo de ensino. Na perspectiva bachelardiana o erro só é ruim quando não é descoberto. Neste sentido, o jogo construído abre um leque muito grande para o professor trabalhar os conceitos que o aluno leva para a escola, ou seja, os erros epistemológicos que o estudante leva para a sala de aula.

Os dois jogos pedagógicos desenvolvidos ao longo desta pesquisa podem potencializar o ensino do professor em sala de aula, porque procuram explorar o conhecimento do aluno fazendo-o expressar verbalmente, trazendo à tona todo o saber que poderia comprometer a aprendizagem.

Os jogos desenvolvidos centram-se na autonomia intelectual do aluno, na formação de seres pensantes, questionadores, capazes de apontar os erros e retificá-los.

Essa forma de se fazer o ensino nas escolas leva, no escopo de sua prática a vantagem de tornar o mínimo erro do aluno uma estratégia para ensiná-lo, ao invés de colocar o erro como uma tremenda tragédia no ensino.

Foram vivenciadas situações como estas em sala de aula quando os estudantes buscavam o senso comum para responderem as questões. Entendemos, à luz da epistemologia de Bachelard, que isto ocorre porque o processo de ensino e de aprendizagem convencional não dá conta de provocar a superação do senso comum e inserir a ciência em sua cultura geral.

Geralmente o aluno, ao ingressar na escola, traz consigo, toda uma bagagem de conhecimento não formulado, do contexto onde vive. Para avançar no conhecimento científico, o estudante precisa romper (rupturas) com suas primeiras intuições, corrigindo com o novo saber, os erros do passado.

Desta forma, acredito que os jogos pedagógicos auxiliaram na construção do conhecimento de gene porque trouxeram questionamentos aos alunos, sobre as suas certezas de mundo. O objetivo destes questionamentos é fazer com que o aluno encontre falhas em seu conhecimento anteriormente construído, a fim de abandoná-las, superando obstáculos através rupturas.

Os professores devem abordar o potencial da utilização de jogos pedagógicos em salas de aula como recurso didático-pedagógico, já que os jogos têm possibilitado ao aluno progredir na construção do conhecimento científico, em resoluções de problemas, raciocínio lógico, disciplina e argumentação. Assim, reforço que a construção do conhecimento por meio do uso de jogos pedagógicos favorece ao aperfeiçoamento de instrumentos cognitivos e a aprendizagem dos conteúdos escolares.

Além disso, atenuo que os jogos pedagógicos, não foram elaborados para facilitar o processo de ensino, pois como destaca Bachelard (1996), tudo que é fácil de ensinar é inexato.

Como autocrítica, observei que o jogo "*Construindo o conceito de gene através das características humanas"* pode induzir o aluno a compreender o conceito de gene de forma determinista; desta forma, é importante que o professor, durante o processo desta atividade, permaneça atento, dialogando com a turma sobre as limitações do conceito de gene.

Embora esta pesquisa comprove que os jogos pedagógicos elaborados, auxiliam à construção de conceitos científicos de forma lúdica, é importante ressaltar que, em nenhum momento, o aluno construiu estes conceitos sem a participação do professor.

O bom desempenho dos alunos na execução dos jogos pedagógicos está intimamente ligado ao papel mediador exercido pelo professor que é peça chave no processo de ensino-aprendizagem.

Os jogos pedagógicos elaborados são instrumentos que devem ser dirigidos pelo professor, o jogo inexiste sem o professor.

Entretanto, para que o professor se torne apto a direcionar novas metodologias alternativas de ensino, precisa ser capacitado.

Sabemos da existência de fatores que contribuem para que a Educação Científica, não se torne plena em nosso sistema educacional. De acordo com Santos (2005), os fatores são: professores mal remunerados e desestimulados, com formação e aperfeiçoamento insuficientes; escolas com mecanismos artificiais de aprovação e avaliação; aumento crescente da violência e do descaso.

Estes fatores contribuem para o surgimento de outros elementos negativos na Educação que, de acordo com Turcinelli *et al* (2006), são: falta de domínio do conteúdo por parte do professor; desarticulação da Grade Curricular; falta de autonomia do professor para organizar o conteúdo a ser ministrado; execução de metodologias de ensino reducionistas sem nenhum contexto com o cotidiano do aluno, apoiadas por um ensino pautado na memorização e na fragmentação dos conteúdos e, a idéia de que o papel da escola é fazer com que o aluno seja aprovado nos exames de vestibular.

Porém, podemos superar tais problemas por meio de uma boa formação inicial e continuada do professor. De nada adianta elaborar belas e inovadoras propostas e metodologias de ensino, se o professor não se apresenta apto a conduzí-las.

Por fim, inspirada na própria construção bachelardiana, desta vez na vertente noturna, sugerimos que educadores dêem abertura para que seus alunos vivam momentos intelectuais impulsionados pela liberdade de expressão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHO, C. **Ciência e Ética: Os Grandes Desafios**. Porto Alegre: Edipucrs, 2006.

ANTUNES, C. **Jogos para a estimulação de múltiplas inteligências**. 11ª Ed. Petrópolis; Vozes, 2002

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Ed. Contraponto, 1996.

BACHELARD, G. **Psicanálise do Fogo**. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

BACHELARD, G. **O Novo Espírito Científico**. São Paulo: Abril Cultural, 1978a.

BACHELARD, G. **A Filosofia do Não**. São Paulo: Abril Cultural, 1978b.

BACHELARD, G. **Epistemologia**. Lisboa: Editora 70, 1971.

BAHAR, I.; ERMAN, B.; JERNIGAN, R. L.; ATILGAN, A. R.; COVELL, D. G. Collective motions in HIV-1 reverse transcriptase: examination of flexibility and enzyme function. **Journal Biology**, v.285, p. 1023–1037, 1999.

BARBOSA, E. **Gaston Bachelard: o arauto da pós-modernidade**. 2 ed. Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 1996.

BARBOSA, E. & BUCÃO, M. **Bachelard: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

BARROS, M. **Ensaios fotográficos**. Rio de Janeiro: Record, 2000.

BIZZO, N. M. V. **Meninos do Brasil**: Idéias sobre reprodução, eugenia e cidadania na escola. Tese de Livre-docência apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

BIZZO, N.; KAWASAKI, C. S. Este artigo não contém colesterol: pelo fim das impostoras intelectuais no ensino de ciências. **Projeto-Revista de Educação**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 25-34, 1999.

BOAVIDA, J.; AMADO, J. **Ciências da Educação: epistemologia, identidades e perspectivas**. 2ª ed. Coimbra, Portugal: Ed. Universidade de Coimbra, set 2008.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. (Orientações curriculares para o ensino médio, volume 2). Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2006.

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELÍCIO, A. K. C. **A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia**: uma proposta para favorecer a aprendizagem. Publicado em 2002. Disponível em http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf. Acessado em 15/04/09.

CANDEIAS, J. M. G.; HIROKI, K. A. N.; CAMPOS, L. M. L. **A utilização do jogo didático no ensino de microbiologia no ensino fundamental e médio**. Publicado em 2005. Disponível em http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2005/artigos/capitulo%2010/autilizacaodojogo.pdf Acessado em 14/04/2009.

CASTLE, W. E. **The beginnings of Mendelism in America em Dum**, 1951.

CHAMBON, P. Split Gene. **Scientific American**, 1981.

CHIZZOTTI, A. Pesquisa **em ciências humanas e sociais**. 3ª Ed. São Paulo: Cortez, 1998.

CID, M.; NETO, A. J. Dificuldades de Aprendizagem e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: o Caso da Genética. **Enseñanza de las Ciencias**. Número extra, 2005.

COSTA, R. C. **Construção do Conhecimento Científico segundo algumas contribuições da epistemologia de Bachelard**. p. 69-102. In: MORAES, Roque (Org.). Construtivismo e Ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000. 230 p.

CUNHA, N. H. S. **Brinquedoteca: Um mergulho no Brincar.** 2ª Ed. São Paulo: Maltese, 1994.

DIELEMAN, H.; HUISINGH, D. Games by which to learn and teach about sustainable development: exploring the relevance of games and experimental learning for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, p. 837-847, 2006.

EL-HANI, C. Controvérsia sobre o Conceito de Gene e suas implicações para o Ensino de Genética. **Atas do V ENPEC,** n. 5, 2005.

EPP, C.D. Definition of a Gene. **Nature**, v. 389, p.37 1997.

FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. Visiones deformadas de la Ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FONTANA, Jacqueline Silva; CALSA, Geiva Carolina. O jogo perfil e a formação de esquemas de pensamento na escola. **I Encontro de Pesquisa em Educação. Arq Mudi., 2007.** Disponível em http://www.pec.uem.br/pec_uem/revistas/arqmudi/volume_11/suplemento_02/artigos/062.pdf . Acessado em 15/04/2009.

FREIRE, J. B. **O Jogo entre o Riso e o Choro**. 2ª Ed. São Paulo. Autores Associados, 2005

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIORDAM, A.; VECCHI, G. **As origens do saber.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa *Versus* Pesquisa Quantitativa: Esta É a Questão? Posologia: Teoria e Pesquisa. vol.22, p. 201-202, 2006.

GOLDBACH, T.; EL-HANI, C.; MARTINS, R. C. Idéias sobre Gene em Revistas de Divulgação Científica e em Glossários Virtuais. **Atas do V ENPEC**, n. 5, 2005.

GOMES, H. J. P. & OLIVEIRA, O. B. Obstáculos Epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciência & Cognição**, vol. 12, p. 96-109, 2007.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições Pedagógicas e Epistemológicas em Textos de Experimentação no Ensino de Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 11, n. 2, 2006.

GROS, F. **A civilização do gene**. Lisboa: Ed. Terramar, 1989.

GRIFFITHS, A. J. F.; MILLER, J. H.; SUZUKI, D. T.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M. **Introdução à Genética**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

GRIFFITHS, P. E.; NEUMANN-HELD, E. The many faces of the gene. **BioScience**, v. 49, n. 8, p. 656-662, 1999.

JACOB, F. **O rato, a mosca e o homem**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

JEFFREYS, A. J.; FLAVEL, R. A. A Physical of the DNA Regions Flanking the Rabbit a-Globin Gene. **Cell**, 12, dez., p.11, 1997a.

JEFFREYS, A. J.; FLAVEL, R. A. The Rabbit a-Globin Gene Contains a Large Insert In the Coding Sequence. **Cell**, 12, dez., p. 5, 1977b.

JELINEK, K.R. **Jogos nas aulas de matermatica**: brincadeira ou aprendizagem? O que pesnam os professores? (2005), 147f. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2005.

JOAQUIM, L. M.; SANTOS, V. C.; ALMEIDA, A. M. R.; MAGALHÃES, J. C.; EL-HANI, C. N. Concepções de estudantes de graduação de biologia da UFPR e UFBA sobre genes e sua mudança pelo ensino de genética. **Atas do VI ENPEC,** n. 5, 2007.

JUSTINIANO, S. C. B. Genética: Revisando e Fixando Conceitos. *Genética na Escola*. v.2, n. 5, p. 51-53, 2006. Disponível em: <http://www.sbg.org.br/GeneticaEscola2/web/vol2pdf/5Genetica-Revisando%20e%20Fixando%20Conceitos.pdf>. Acesso em: 12/04/2009.

KELLER, E. F. **The century of the gene**. Cambridge: Harvard University Press, 2000.

KELLER, E. F. **O século do gene**. Belo Horizonte: Crisálida, 2002.

KISHIMOTO, T. M (Org.). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. 10ª ed. São Paulo: Cortez, 2007.

KISHIMOTO, T. M (Org.). **O brincar e suas teorias**. São Paulo: Pioneira, 2002.

LARA, I.C.M. **Jogando com a Matemática de 5ª a 8ª série**. São Paulo: Rêspel, 2004.

LAUAND, L. J. **Deus Ludens:** O lúdico no pensamento de Tomás de Aquino e na Pedagogia Medieval. 2002. Disponível em: http://www.hottopos.com/notand7/jeanludus.htm. Acessado em 10/07/2005.

LEITE, R. C. M. **A produção coletiva do conhecimento científico: um exemplo no ensino de genética**. 2004. Tese (doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 219 páginas.

LIMA, M. C. B.; BARROS, H. L. & TERRAZAN, E. A. Quando o Sujeito se Torna Pessoa: Uma Articulação Possível entre Poesia e Ensino de Física. **Ciência & Educação**. V. 10, n. 2, p. 1-16, 2004.

LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bacherd ao Ensino de Ciências. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.11, n.3, p. 324-330, 1993.

LOPES, A. R. C. Bachelard: O Filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p. 248-273, 1996.

LOPES, A.R.C. Livro didático: obstáculo ao aprendizado da ciência química. **Química Nova**, v. 15,n.3, p. 254-261, mar, 1992.

MACHADO, D. I.; SANTOS, P. L. V. A. da C. Avaliação da hipermídia no processo de ensino e aprendizagem da física: o caso da gravitação. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 75-100, 2004.

MARTINEZ, E. R. M.; FUJIHARA, R. T.; MARTINS, C. **Show da genética**: um jogo interativo para o ensino de genética. Publicado em 2005. Disponível em http://www.sbg.org.br/GeneticaEscola2/web/ano3vol2/05.pdf. Acessado em 14/04/2009.

MARTINS, A. F. P. Algumas contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard à pesquisa em Ensino de Ciências. In: **X EPEF**, Londrina-PR, 15 a 19 de Agosto de 2006.

MARTINS, A. F. P. **Concepções de estudantes acerca do conceito de tempo**: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. São Paulo: USP, 2004. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MAYR, E. **O Desenvolvimento do Pensamento Biológico**. Brasília: Editora de Brasília, 1998.

MOORE, J.A. Science as a Way of Knowing Genetics. Amer. Zool. v. 26, p. 583 -747, 1986.

NEWTON, S. M. C. **O que é o gene**. COSTA, S.O.P. (ed.). In: *Genética molecular e de microorganismos*. São Paulo: Manole, 1987.

OLIVEIRA, A. M. **Um duplo aspecto da noção de obstáculo epistemológico na Educação Matemática**. In: ALVES, C. P. & SASS, O (Orgs.). Formação de Professores e Campos do Conhecimento. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2004.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. de C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas da Genética. **Ensaio – Pesquisa Educação em Ciências**, v. 7, número especial, 2005.

PAVAN, O. H. de O. **Organização de uma olimpíada de conhecimento com o jogo Evoluindo Genética**. Disponível em http://www.sbg.org.br/GeneticaEscola2/web/vol2pdf/11ORGANIZACAO%20DE%20UMA%20OLIMPIADA.pdf. Acessado em 13/04/2009

PEDRANCINI, V. D.; NUNES-CORAZZA, M. J. Hereditariedade: mediação pedagógica e o desenvolvimento do pensamento conceitual dos estudantes. **Atas do VI ENPEC,** n. 5, 2007.

PESSINI, L.; BARCHIFONTAINE, C. P. **Problemas Atuais de Bioética**. 8ª ed. São Paulo: Loyola (2005).

PINTO, A. C. & ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física,** Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999.

KELLER, E. F. **O Século do Gene**. Belo Horizonte: Crisália, 2002.

REIS, S. M. G. **A matemática no cotidiano infantil: jogos e atividades com crianças de 3 a 6 anos para o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático.** Campinas, SP: Papirus, 2006.

REZNIK, T. **O desenvolvimento do conceito de gene e a sua apropriação nos livros didáticos de biologia**. 1995. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 182 p.

RIFKIN, J**. O século da biotecnologia**. São Paulo: Makron Books, 1999.

ROBINSON-WOOD, C.; LEWIS, J.; LEACH, J.; DRIVER, R. Genética y Formación Científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los Programas Escolares y la Enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n.1, p.43-61, 1998.

SANTOS, S. **Para Geneticistas e Educadores: O conhecimento Cotidiano sobre Herança Biológica**. São Paulo, Annablume, 2005.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança Conceptual na Sala de Aula – um desafio pedagógico**. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.

SANTOS, V. C. & EL-HANI, C. N. Idéias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Atas do VI ENPEC**, 2007.

SANTOS, V. C. & EL-HANI, C. N. Idéias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.9, n.1, p.1-23, 2009.

SOUZA, C. A. & DE BASTOS, F. da P. Um Ambiente Multimídia e a resolução de problemas de Física. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 3, p. 315-332, 2006.

TUAN, YI-FU. **Topofilia.** São Paulo: Difel, 1980.

TURCINELLI, S. R.; OMETTO-NASCIMENTO, T.; ARRUDA P.; LANNES, D. A transferência do conhecimento científico para a escola: problemas e soluções. **A Ciência na TV**, ano 1, n. 1, 2006.

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. A Structure for DNA. **Nature**, 171, p. 737-738, 1953.

WOOD-POBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH , J. & DRIVER, R. Resultados de un Proyecto de Investigacion y sus Implicaciones sobre los Programas Escolares y La Enseñanza. **Ensenanza de las Ciencias**, v.16, n. 1, 1998.

YAMAZAKI, S. C.; YAMAZAKI, R. M. O.; ZANON, A. M. O pensamento da arte e o insight na ciência: subjetividades na educação científica. In: **A Construção do Conhecimento Docente no Contexto Atual**. p. 1-12. Dourados: ED. Coelho, 2008.

YAMAZAKI, S. C. & YAMAZAKI, R. M. O. **Pressupostos bachelardianos em sala de aula**. No prelo. A ser publicado como capítulo de livro em 2010. Dourados: Editoras da UEMS e UFGD.

APÊNDICES

Este questionário visa analisar o jogo **"Construindo o conceito de Gene Através das Características Humanas"**

Profª responsável: Regiani Magalhães de Oliveira Yamazaki

Nome:_____ série 3º____idade:_____

01. O jogo "Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas" é divertido?
( ) sim ( ) não Outros

02. O jogo "Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas" é educativo?
( ) sim ( ) não Outros.....

3. O jogo ajudou você a compreender o conceito de gene?
( ) sim ( ) não Outros:

04. As regras do jogo estão claras?
( ) sim ( ) não Outros:

05. A linguagem utilizada no jogo está adequada?
( ) sim ( ) não Outros:

06. Os Tabuleiros são legais, bonitos?
( ) sim ( ) não Outros.....

07. O tempo que levamos para jogar é o suficiente?
( ) sim () não Outros
08. O jogo ajudou você a entender melhor a separação de alelos de um gene para a formação de gametas?
( ) sim ( ) não Outros

09. Aqui é um espaço destinado para que você expresse sua opinião a respeito do jogo em relação: a sua arte (beleza), as regras e apresentação do material. O objetivo da avaliação é melhorá-lo cada vem mais, a fim de oferecer aos próximos estudantes uma alternativa de ensino diferenciada para fazê-lo compreender de forma lúdica o conceito de gene.

Sugestões:

Desde já, agradeço sua contribuição.

Profª Regiani Magalhães Yamazaki

Dourados - MS

Este questionário visa analisar o jogo **“ Construindo o conceito de Gene”**

Profª responsável: Regiani Magalhães de Oliveira Yamazaki

Nome:_____ série 3º____idade:_____

01. O jogo “Construindo o Conceito de Gene” é divertido?

( ) sim ( ) não Outros

02. O jogo “Construindo o Conceito de Gene” é educativo?

( ) sim ( ) não Outros:

03. O jogo ajudou você a compreender o conceito de gene?

( ) sim ( ) não Outros:

04. As regras do jogo estão claras?

( ) sim ( ) não Outros:

05. A linguagem utilizada no jogo está adequada?

( ) sim ( ) não Outros:

06. O Tabuleiro é legal, bonito?

( ) sim ( ) não Outros:

07. As cartas bombas, presente no jogo, ajudou você a compreender melhor os conceitos relacionados ao conceito de gene?

( ) sim () não Outros:

08. O tempo que levamos para jogar é bom?

( ) sim ( ) não Outros:

09. Aqui é um espaço destinado para que você expresse sua opinião a respeito do jogo em relação: a sua arte (beleza), as regras e apresentação do material. O objetivo da avaliação é melhorá-lo cada vem mais, a fim de oferecer aos próximos estudantes uma alternativa de ensino diferenciada para fazê-lo compreender de forma lúdica o conceito de gene. Sugestões:

Abaixo apresentamos os dois jogos pedagógicos desenvolvidos ao longo do mestrado.

Jogo: Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas.

Figura 24 – Amostra do Tabuleiro - Construindo o Conceito de Gene através das Características

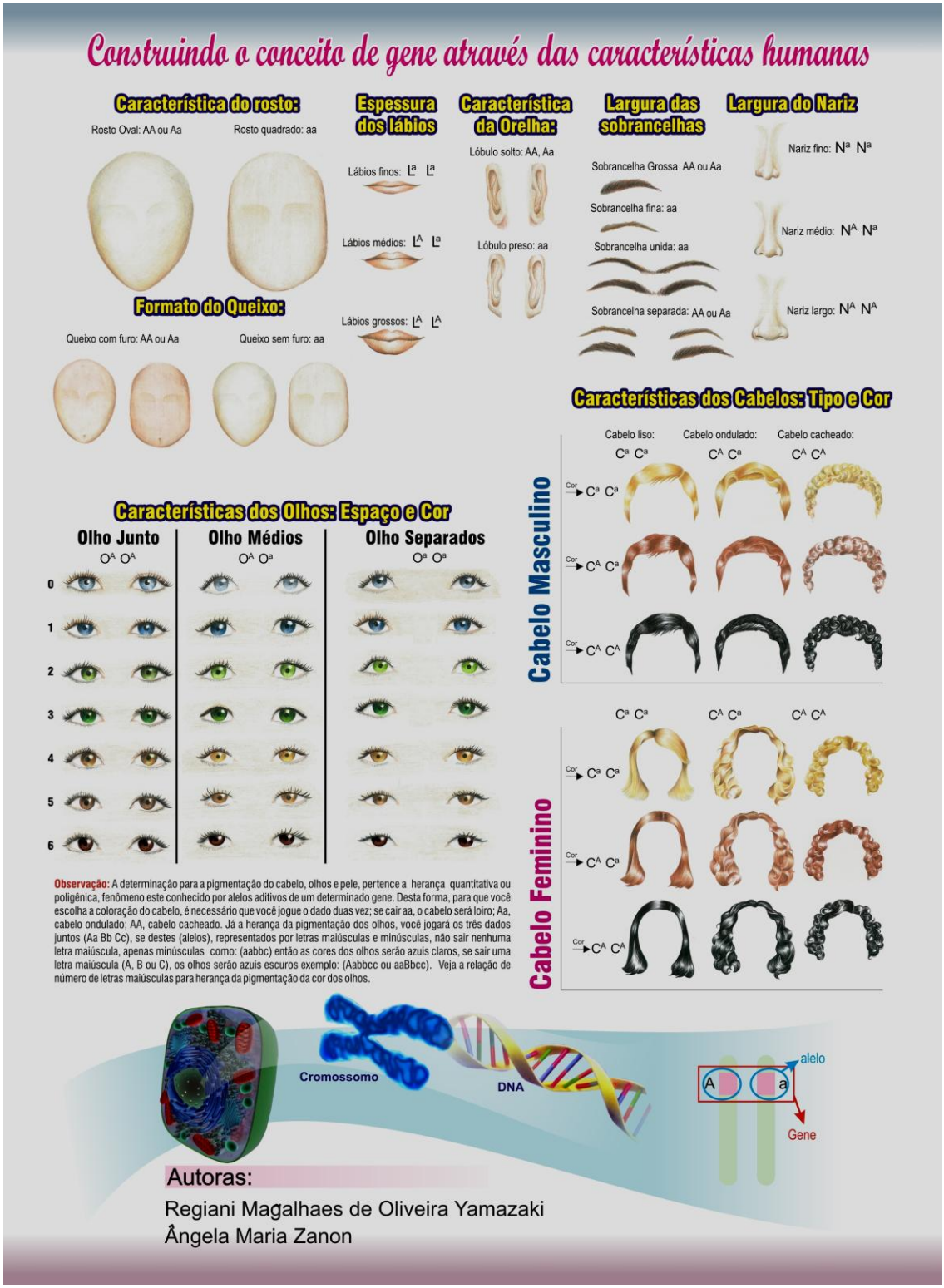


Figura 25. Amostra do Tabuleiro – Quadrado de Punnet – para separação dos alelos de um gene e formação de gametas

Figura 26. Amostra dos dados do jogo CCGCH

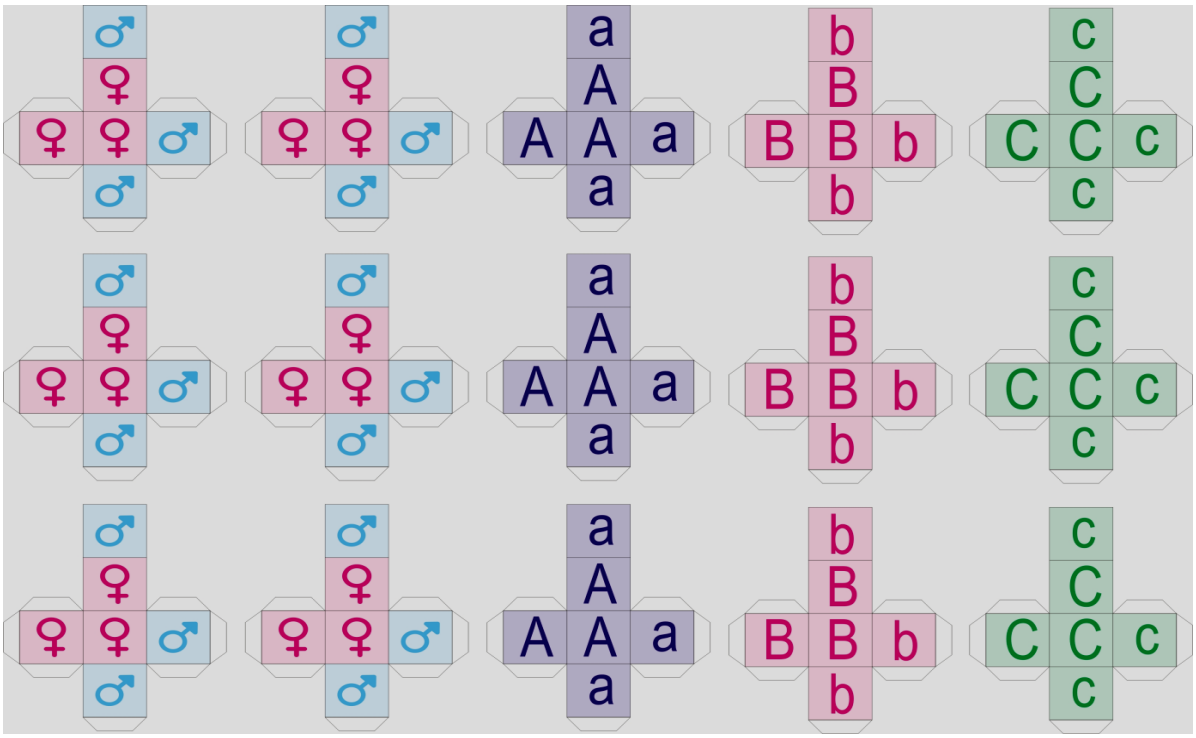


Figura.27 Amostra das 17 maquetes para recortes, utilizadas para a montagem do Jogo Pedagógico: Construção do Conceito de Gene através das Características Humanas.

Maquete1

Maquete 2

Maquete 3

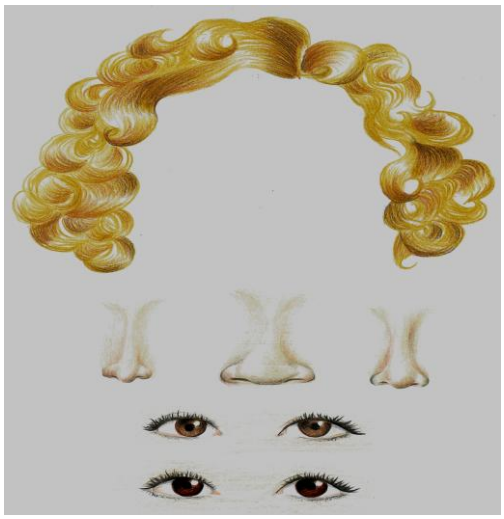
Maquete 4

Maquete 5

Maquete 6

Maquete 7

Maquete10



Matequete 8

Maquete 11

Matequete 9

Maquete 12

Maquete 13

Maquete 14

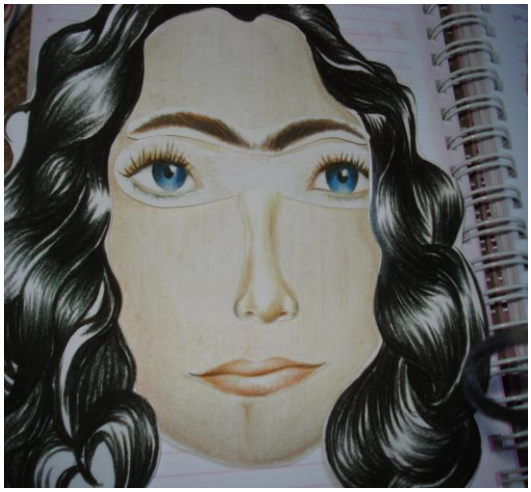
Maquete 15

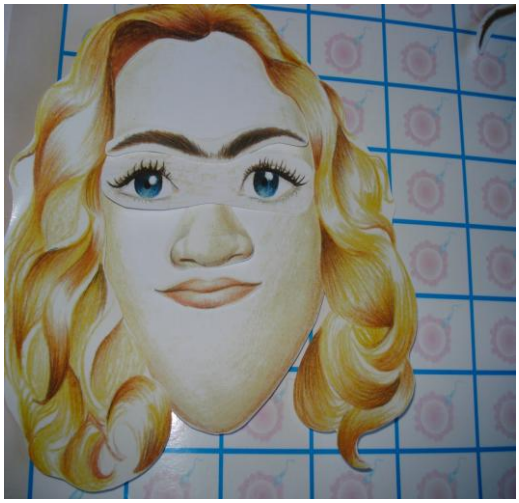
Maquete 16

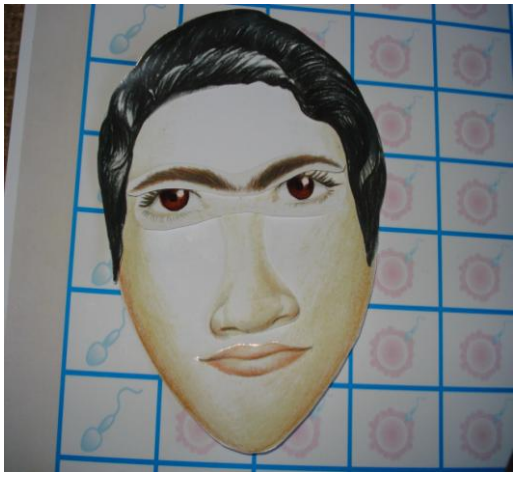
Maquete 17

FIGURA 28. Amostra de 26 modelos, criado pelos estudantes em sala de aula durante o jogo pedagógico: “Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas”.

Apresentamos alguns modelos que foram construídos pelos alunos do terceiro ano do Ensino Básico, da Escola Estadual Presidente Vargas, durante a atividade desenvolvida em sala de aula.







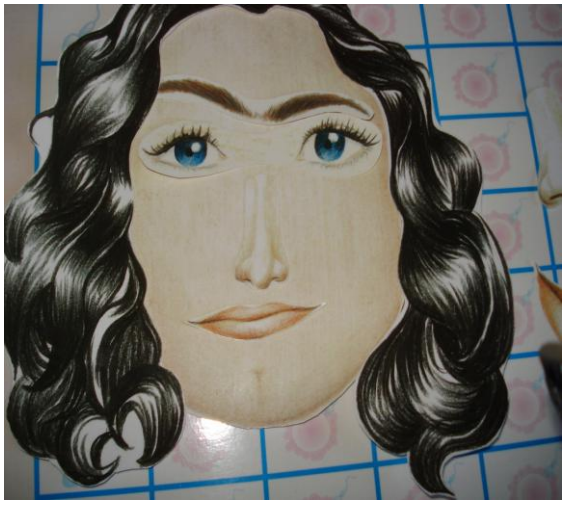


FIGURA 29. Cartas do jogo “Construindo o Conceito de Gene”

A
Onde se localiza um alelo?
R: No DNA.
B
De acordo com seus conheci-mentos de genéticas, comente se o sangue apresenta alguma relação com a transmissão de características.
R: O sangue não tem nada há ver com transmissão de caracteres, somente o DNA.
A
Do que um gene e feito?
R: Por de alelos, que são constituídos por sua vez de nucleotídeos.
B
O que é hereditariedade?
R: É o fenômeno de transmitir à geração seguinte características físicas. Esta transmissão é realizada pelo material genético, o DNA.
A
O que é um lócus gênico?
R: É o local no cromossomo onde se encontram pares de genes.
B
DNA e cromossomo é a mesma coisa?
R: Sim, cromossomo é uma molécula de DNA enrolada nas histolas.
A
O que é um alelo?
R: Uma seqüência especifica de um nucleotídeo.
B
O que é um gene?
R: É um conjunto de alelos para a determinação de uma característica.
A
Do que é formado o DNA?
R: Por nucleotídeos.
B
O que é genética?
R: É a ciência que estuda os mecanismos de transmissão das características.
A
O que é genótipo?
R: É o patrimônio genético de um indivíduo, contido em suas células.
B
O que é fenótipo?
R: É a característica expressa por um indivíduo determinadas por seu genótipo e pelo ambiente.
A
O que são cromossomos homólogos?
R: São cromossomos que apresentam a mesma seqüência de lócus gênico, ou seja, que apresenta a mesma seqüência de genes.
B
O que são cromátides irmãs?
R: São dois filamentos do cromossomo duplicado que se mantêm unidos pelo centrômero.
A
Defina o conceito de cromossomo.
R: São moléculas de DNA que se enroladas em proteínas chamadas histonas.
B
Cromossomo e DNA são a mesma coisa?
R: Sim. O cromossomo é o DNA compactado.
A
A mitose na divisão celular origem a quantas células, e com quantos cromossomos?
R: A mitose dá origem a 2 células com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe.
B
O que existe em um núcleo de uma célula?
R: DNA, e RNAmensageiro.
A
O que os gametas transportam?
R: O material genético, DNA.
B
Várias seqüências de nucleotídeos ligados por pontes de hidrogênio formarão o quê?
R: Uma molécula de DNA.
A
Quantos cromossomos apresentam os gametas da espécie humana?
R: 23 cromossomos.
B
Se a mitose e a meiose estão relacionadas à divisão celular, por quê a mitose não pode produzir gametas?
R: Por quê a mitose é uma divisão celular que não reduz o número de cromossomos, evento este necessário para a perpetuação das espécies.
A
Quantos cromossomos existem nas células diplóides da espécie humana?
R: 46 cromossomos.
B
Por que a meiose é a responsável pela formação de gametas?
R: Os gametas contém a metade do número de cromossomos de qualquer espécie, a divisão responsável por este evento é a meiose.
A
Como que as características humanas são herdadas?
R: Através do DNA, que está localizada nas células gaméticas.
B
Qual é a diferença entre a Primeira e a Segunda Lei de Men
R: A primeira Lei de Mendel diz sobre a separação dos alelos de um gene, já a 2ª Lei de Mendel, diz que além destes alelos se separarem eles podem se combinar com outros alelos responsáveis por outros tipos de características.
A
Do que é feita a molécula de DNA?
R: São feitas por seqüências de nucleotídeos.
B
O que é um nucleotídeo?
R: É uma molécula composta por três constituintes: um açúcar, base nitrogenada e ácido fosfórico.
A
Mitose e meiose apresentam al diferença entre si? Quais?
R: Sim, a mitose produz duas células com o mesmo número de cromossomos da célula que a deu origem, já a meiose dá origem a quatro células com a metade do número de cromossomos da célula que as originou.
B
Na meiose ocorre um proc chamado de crossing-over, que impor-tância isso apresenta na perpetuação de nossa espécie?
R: A variabilidade genética.
A
Onde ocorre a meiose no organismo masculino e feminino?
R: Organismo masculino: testículos
Organismo feminino: ovário
B
A meiose tem alguma importância para a perpetuação da nossa espécie? Justifique.
R: Sim, são as responsáveis pela produção de gametas.

A
Um organismo diplóide que apresenta 30 pares de cromossomos homólogos, no final da meiose II, apresentará quantas células com quantos cromossomos?
R: 4 células com 15 cromossomos cada um.

B
Defina o conceito de meiose.
R: É divisão celular que reduz pela metade o número de cromossomos de organismos diplóides.

A
Você acredita que a mitose apresenta algum papel na formação de gametas?
R: Não. Pois são diplóides.

B
Na sua opinião, o crescimento do nosso corpo, unha entre outros, apresentam alguma relação com a mitose? Justifique sua resposta.
R: Sim, a mitose está relacionada com o desenvolvimento, e a substituição destas células por outras mais jovens.

A
Represente uma célula fazendo mitose?
R:

B
Qual é a função da mitose organismo humano?
R: Crescimento de um organismo e substituição das células por outras mais jovens.

A
Uma célula diplóide que apre 20 pares de cromossomos homólogos, no final de uma divisão celular dará origem a quantas células com quantos cromossomos cada uma?
R: Darão origem a duas células cada uma com 20 cromossomos.

B
O que é uma mitose?
R: É um tipo de divisão celular onde uma célula da origem a duas outras células, com o mesmo número de cromossomos.

A
Por quê são os gametas são os responsáveis pela formação de um novo ser vivo?
R: Porquê possui uma unidade e cada cromossomo que ao unir-se com a outra metade, da origem a um novo indivíduo.

B
Como se chamam os dois ti de divisão celular que ocorre na célula diplóide e haplóide?
R: Mitose e meiose.

A
Quantos cromossomos apresentam os gametas da espécie humana?
R: 23 cromossomos.

B
O que os gametas transportam de tão importante?
R: O ácido desoxirribonucléico, DNA.

A
Dê exemplos de células gaméticas.
R: Masculino: espermatozóide Feminino: ovócito.

B
Quais são os gametas da espécie humana, masculino e feminino.
R: Espermatozóide e Ovócito.

A
Verifique se aafirmativa é verdadeira ou falsa: "Todas as células do nosso organismo são diplóides, sem nenhuma exceção".
R: Não. As células gaméticas são haplóides.

B
O que são gametas?
R: Célula haplóide responsável pela reprodução sexuada.

A
Defina o que é uma célula diplóide.
R: Que apresenta pares de cromossomos homólogos.

B
Defina o que é célula haplóide.
R: Célula que possui apenas um representante de cada tipo de cromossomo.

A
Qual é a menor unidade funcional de um ser vivo?
R: A célula.

B
Como uma célula dá origem a outra célula?
R: Através da divisão celular.

FIGURA 30. Cartas-bombas do jogo-pedagógico: “Construindo o Conceito de Gene”

Analise a seguinte afirmativa: "Uma pessoa, cujos pais apresentam rostos ovais, não pode ter uma criança de rosto quadrado". Esta afirmativa está correta ou incorreta? Por quê?

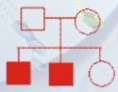
R: Esta afirmativa está incorreta. O rosto oval por ser uma característica dominante, pode se expressar tanto na forma de alelos iguais (homozigose), como também na forma de alelos diferentes (heterozigotos). Sendo assim, se os pais forem heterozigotos, estes produzirão gametas carregando o alelo dominante para a característica do rosto oval e gametas carregando o alelo recessivo para a característica do rosto quadrado.

Um casal de anões tiveram três filhos, dois anões e um alto. Sabemos que o alelo responsável pela a acondoplasia apresenta característica dominante, responda será que esta terceira criança é adotada? Comente sobre esta situação.

R: De acordo com a genética é possível que pais anões tenham filhos de estatura normal, pois todos os anões são heterozigotos, desta forma produzirão gametas carregando o alelo dominante para a acondoplasia, e alelo recessivo para estatura normal.

Pedro e os seus dois irmãos, João e José, tem uma anomalia chamada daltonismo verde-vermelho, ele é incapaz de distinguir o vermelho do verde, o curioso é que nem seu pai nem sua mãe apresentam esta anomalia, há sua irmã Maria também não? Esta característica é dominante ou recessiva? Como seria o heredograma desta família?

R: É uma característica recessiva, pois seus pais não apresentam.

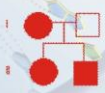


Joana, mãe de Maria, apresenta uma anomalia rara na espécie humana chamada de braquidactilia (dedos curtos). A avó de Maria e seus 3 tios, irmãos de sua mãe, e Maria que é filha única também têm braquidactilia. Desta forma, será que Maria poderá ter uma criança com esta característica, mesmo que seu marido não apresentando esta anomalia? A braquidactilia é uma característica dominante ou recessiva. Como seria o heredograma desta família?

R: Sim. É dominante.

Duas crianças, um menino e uma menina, de uma família nasceram com dedos extras, este fenótipo é conhecido como Polidactia, ao serem entrevistadas as crianças relatam que a mãe também apresenta dedos extras, já o pai não. Esse fenótipo e dominante ou recessivo? Como seria o heredograma desta família?

R: Dominante.



A fibrose cística é uma característica cujo sintoma mais importante é a secreção de grandes quantidades de muco nos pulmões, levando o paciente à morte, inclusive por infecções pulmonares. Um casal onde o pai é saudável e a mãe apresenta esta anomalia, tiveram dois meninos e duas meninas, nenhum deles apresentou esta característica. Esta anomalia, fibrose cística, é uma característica dominante ou recessiva? Como seria o heredograma desta família?

R: Recessiva.

A fenilcetonúria (PKU) é uma característica na qual o corpo não pode processar apropriadamente o aminoácido fenilalanina, componente este, presente nos alimentos que ingerimos. O acúmulo deste aminoácido em nosso organismo, pode causar retardo mental. Um casal que não apresenta esta anomalia teve um filho com fenilcetonúria. Essa característica apresentada por esta criança é dominante ou recessiva? Como seria o heredograma desta família?

R: Recessiva.

Figura 31. Tabuleiro do Jogo-Pedagógico: Construindo o Conceito de Gene".

Registro fotográfico da aplicação em sala de aula dos jogos pedagógicos: Construindo o Conceito de Gene através das Características Humanas & Construindo o Conceito de Gene

54
TOKYO
EAGLES