



Macroprojeto *Bio-Tanato-Educação: Interfaces Formativas*
Projeto de Criação e Editoração do Periódico Científico Revista Metáfora Educacional (ISSN 1809-2705) – versão *on-line*, de autoria da Prof.^a Dra. Valdecí dos Santos.

Editora: Prof.^a Dra. Valdecí dos Santos (Líder do Grupo de Pesquisa (CNPq) *Bio-Tanato-Educação: Interfaces Formativas*) - <http://lattes.cnpq.br/9891044070786713>
<http://www.valdeci.bio.br/revista.html>

Revista indexada em:

NACIONAL

WEBQUALIS - <http://qualis.capes.gov.br/webqualis/principal.seam> - CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior / Ministério de Educação - Brasil): - WebQualis/áreas de conhecimento (triênio 2010-2012) - **Educação: B4, Psicologia: B3, História: C e Artes – Música: C**
GeoDados - <http://geodados.pg.utfpr.edu.br>

INTERNACIONAL

CREFAL (Centro de Cooperación Regional para la Educación de los Adultos en América Latina y el Caribe) - <http://www.crefal.edu.mx>
DIALNET (Universidad de La Rioja) - <http://dialnet.unirioja.es>
GOOGLE SCHOLAR – <http://scholar.google.com.br>
IRENIE (Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa. Base de Datos sobre Educación Iberoamericana) - <http://iresie.unam.mx>
LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal) - <http://www.latindex.unam.mx>

n. 13 (jul. – dez. 2012), dez./2012

**ELABORAÇÃO DE UM JOGO PEDAGÓGICO EM UMA PERSPECTIVA
BACHELARDIANA PARA APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE GENE**

**ELABORATION OF A PEDAGOGICAL GAME IN A BACHELARDIAN
PERSPECTIVE FOR LEARNING THE CONCEPT OF GENE**

Regiani Magalhães de Oliveira Yamazaki

Doutoranda em Educação Científica e Tecnológica na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Grupo de Pesquisa – Núcleo de Estudos em Ensino de Genética, Biologia e Ciências – NUEG-UFSC
Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências de Mato Grosso do Sul – UEMS
E-mail: regianibio@gmail.com

Sérgio Choiti Yamazaki

Doutorando em Educação Científica e Tecnológica na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo – USP
Professor da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – UEMS
Grupo de Pesquisa em Ensino de Física – UFSC
Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências de Mato Grosso do Sul – UEMS
E-mail: sergioyamazaki@uems.br

Ângela Maria Zanon

Professora Adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS
Doutora em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista – UNESP
Mestre em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista – UNESP
Orientadora no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – UFMS
Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Aberta e a Distância – GEPEAD – UFMS
Grupo de Pesquisa em Educação e Gestão Ambiental – UFMS
Grupo de Pesquisa em Tecnologias aplicadas à EAD e a Políticas Públicas – UFMS
E-mail: amzanon@terra.com.br

RESUMO

Neste artigo, buscamos problematizar a concepção errônea do sangue como transmissor das características hereditárias visando analisar o potencial aplicativo de um jogo pedagógico para a construção de conceitos relacionados à genética mendeliana. Este material foi desenvolvido levando em consideração a noção bachelardiana de *impressão primeira*, que foi aplicada à transmissão das características hereditárias. A estratégia envolveu a epistemologia de Gaston Bachelard que, segundo Santos (1991), pode ser vista como uma sugestão de uma metodologia de ensino capaz de provocar aprendizagem ao se utilizar de um processo dialético entre a concepção primeira e o conceito científico. O método proposto por Santos se inicia por meio do que Bachelard entende como uma catarse intelectual e afetiva, uma psicanálise do conhecimento – levantamento das *primeiras impressões* –, um complexo trabalho de desestruturação dessas próprias impressões, e uma síntese final que contemple uma reestruturação psíquica e cognitiva, uma psicossíntese segundo parâmetros científicos conforme atualmente aceitos. Através de uma adaptação desse método de ensino, o jogo pedagógico foi elaborado para ensino-aprendizagem de conceitos da genética. Participaram da pesquisa 159 alunos de 3º anos do Ensino Médio de uma Escola Estadual do município de Dourados – MS. Todas as atividades foram filmadas e analisadas. Como resultado, indicamos que dos 93 alunos que apontavam incorretamente o sangue como transmissor de características hereditárias, após o jogo esse número foi reduzido para 29; e que o número de alunos, que atribuíam corretamente a transmissão das características à molécula de DNA, aumentou de 37 para 117 após o jogo. Esses dados nos permitem sugerir que houve superação parcial de obstáculos e construção de conceitos da genética mendeliana por parte dos alunos após participar da metodologia de ensino alternativa elaborada. **Palavras-chave:** Jogos Pedagógicos, Gene, Epistemologia, Gaston Bachelard.

ABSTRACT

In this article, we point out problems with the misconception of blood as transmitter of hereditary characteristics in order to analyze the potential application of pedagogical game to

build the concepts related to mendelian genetics. This material was developed considering bachelardian notion of first impression, which was applied to the transmission of hereditary characteristics. The strategy involved the epistemology of Gaston Bachelard that, according to Santos (1991), can be seen as a suggestion of a teaching methodology capable of causing learning due to use a dialectical process between the first conception and the scientific conception. The method proposed by Santos begins through Bachelard's understand of intellectual and emotional catharsis, a psychoanalysis of knowledge – detection of first impressions – a complex work of disruption of first impressions, and a synthesis that contemplates a psychic and cognitive restructuring, a psychosynthesis through scientific parameters currently accepted. By adapting this method of teaching, the game was developed for pedagogical teaching and learning of the concepts of mendelian genetics. Participants were 159 students from 3^o year of high school of a State of Dourados – MS. All activities were videotaped and analyzed. The results show that the 93 students that indicate incorrectly the blood as a transmitter of hereditary characteristics, after playing this number was reduced to 29, and the number of students who attributed correctly the transmission of hereditary characteristics to DNA molecule increased from 37 to 117 after the game. These data allow us to suggest that there was partial overcoming of obstacle and construction of mendelian genetics concepts by students after participation in alternative methodology of teaching. Results were considered partial and students overcome obstacle of gene concept through of innovative methodology.

Key-words: Pedagogical Games, Gene, Epistemology, Gaston Bachelard.

INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta os resultados de uma investigação que teve o objetivo de problematizar as noções que estudantes tinham a respeito de hereditariedade, por meio de um jogo pedagógico baseado nas Leis Mendelianas. Ao pensar neste jogo, tínhamos como desafio, além da aprendizagem de conceitos relacionados à genética, o objetivo de trabalhar uma das compreensões equivocadas sobre a herança de caracteres: a ideia de que o sangue está relacionado com a transmissão de características hereditárias.

O entendimento de conceitos relacionados à genética é de fundamental importância para a apreensão dessa ciência. Dentre as razões que fazem do ensino de genética uma questão para investigação, podemos citar: a difícil compreensão dos conceitos relacionados a essa área – o nível de abstração exigido para tal compreensão, uma vez que a genética é uma ciência demasiadamente complexa; uma metodologia de ensino comprometida com a memorização de conceitos; a falta de contexto e de aproximação com a realidade do aluno; um currículo escolar com conteúdo fragmentado; uma metodologia baseada em resolução de exercícios, que por própria natureza é exaustiva e pouco significativa para os estudantes.

O jogo foi construído levando em consideração as condições de trabalho dos professores e os conteúdos de genética, dando especial atenção ao conceito de gene presente no livro didático adotado pela instituição de ensino, onde ele foi aplicado. Este instrumento [o jogo] pode ser considerado como um material didático-pedagógico para auxiliar professores no processo de ensino-aprendizagem de genética, tendo como foco a problematização dos conhecimentos dos alunos, elaborados de forma simples em seu cotidiano, e que ao longo do processo de ensino-aprendizagem se apresentavam como verdadeiros obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996) para compreensão de fenômenos relacionados à hereditariedade.

Para preparação do jogo coletamos registros de sala de aula elaborados por professores que apontavam as maiores dificuldades de aprendizagem dos alunos. Diante das análises dos registros de sala de aula – escritos e orais –, e de uma revisão da literatura que abordava

dificuldades relacionadas ao ensino de genética, resolvemos elaborar um jogo pedagógico composto por um tabuleiro e por cartões com perguntas conceituais de genética e com questões abordadas pelos alunos em sala de aula, estas últimas identificadas como obstáculos epistemológicos.

O jogo pedagógico foi elaborado na perspectiva epistemológica de Gaston Bachelard e, portanto, visou a identificação de obstáculos epistemológicos a fim de que eles fossem superados ao longo do processo.

Em síntese, este artigo trata-se de uma pesquisa empírica com alunos de 3º anos do Ensino Médio de uma escola da cidade de Dourados, no Estado de Mato Grosso do Sul, que teve como foco a análise de pressupostos, com relação à transmissão de características hereditárias, para que eles fossem trabalhados por meio de um jogo que teve inspiração na epistemologia de Bachelard.

O ENSINO DE GENÉTICA

Na década de 70 ocorreu uma Grande Revolução na Biologia Molecular, a publicação do modelo teórico da dupla hélice da molécula de DNA (ácido desoxirribonucléico). Os aspectos a partir do qual poderiam ser inferidos acabaram provocando avanços da biotecnologia e de novas compreensões quanto aos 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) e “Civilização do Gene” (GROS, 1989).

Em um artigo 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 foram consideradas as mais importantes, sendo que 10 delas estavam relacionadas à temática hereditariedade-gene-genética (GOLDBACH; EL-HANI; MARTINS, 2005). Porém, esses avanços científicos não repercutem na sala de aula, como relatam Pedracini e Corazza-Nunes (2007), com o mesmo nível e velocidade com que a ciência é produzida.

Pesquisas apontam que o ensino-aprendizagem de genética nas escolas é um dos temas mais problemáticos dentro da biologia (GOLDBACH; EL-HANI; MARTINS, 2005). Uma das dificuldades que os alunos apresentam nas aulas de biologia é a compreensão dos conceitos de genética e a deficiência em inter-relacionar os importantes conceitos básicos da área com o fenômeno da hereditariedade. Goldbach, El-Hani e Martins (2005) e Rodrigues (2012), se referindo à compreensão dos alunos, apontam que existe uma grande confusão conceitual sobre o que são genes, cromossomos, alelos e onde estão localizados.

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 não se trata somente de estudos dos conteúdos hereditários, mas também dos mecanismos de transferência dessas características e a forma em que se expressam os genes. Essa pesquisa, realizada na Inglaterra e em Gala com 723 estudantes indicou que 92% deles apresentavam uma compreensão equivocada do 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 ideia do conteúdo presente em uma informação genética. Dos estudantes entrevistados, nenhum estudante percebeu alguma relação entre o código genético e o produto genético, tal como requer

a compreensão da produção de proteína; muitos estudantes também fizeram 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 (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 Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) revelou que de 406 estudantes entrevistados, 88% se interessavam pelo tema; porém 73% o consideravam de difícil compreensão. E ainda, de 38 professores entrevistados, 72% revelaram ter dúvidas sobre o conteúdo (TURCINELLI *et al.*, 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 altos graus de abstração, com os quais se fundamenta a maioria dos seus conceitos; as dificuldades dos professores, portanto, deveriam incomodá-los a ponto de provocar a busca de conhecimentos que ainda não possuem.

Os termos relacionados à compreensão sobre o fenômeno da hereditariedade, por se tratar de um fenômeno científico, exige do aluno um nível de abstração muitas vezes não disponível em sua cognição. Estas dificuldades muitas vezes estão relacionadas a aulas de biologia que são elaboradas utilizando-se de metodologias de ensino reducionistas sem nenhum contexto com o cotidiano do aluno, e também da fragmentação dos conteúdos, onde os estudantes não vêem outra saída, a não ser a memorização.

Em relação a não compreensão de conceitos científicos por parte dos professores, Paulo Freire (1996), no livro “Pedagogia da Autonomia”, afirma que o professor “tem que pensar certo”, e pensar certo é pensar criticamente, pois a função do professor em uma escola é a de dar sentido às coisas do mundo aos alunos, ele é o profissional que orienta, que ajuda a dar liberdade intelectual e é o responsável também em auxiliar o desenvolvimento de competências e habilidades nos aprendizes para que assim eles consigam ter autonomia.

Nesse sentido, os professores devem estabelecer relações entre o conhecimento científico e o tecnológico, a fim de possibilitar ao aluno não só o conhecimento de conceitos de genética, mas de orientá-lo quanto aos interesses sociais e econômicos que podem estar relacionados com a utilização deste conhecimento. O aluno deve estar apto para analisar os benefícios e os malefícios que tais avanços científicos e tecnológicos podem trazer à população. A biotecnologia, a biodiversidade, a evolução, a clonagem, a bioética, entre outras áreas do saber, são campos de estudo dessa ciência cujos conceitos de genética são primordiais (GOLDBACH; EL-HANI ; MARTINS, 2005).

Para Bachelard, o professor precisa de uma formação profissional que o ajude a identificar pontos de vista pessoais, os obstáculos pedagógicos, que dificultam a aprendizagem de conceitos científicos, principalmente quando estes são demasiadamente abstratos, como é o caso das concepções da genética.

Nesse trabalho, através da identificação de problemas com relação à concepção do sangue como transmissor das características hereditárias, foram feitas discussões com os alunos, promovidas pelo jogo, para que houvesse a construção do conceito molecular clássico de gene. O jogo é utilizado como uma metodologia alternativa de ensino em função de seu potencial para o envolvimento dos participantes e para que as questões se tornassem significativas aos alunos, pois sem tais considerações [questões significativas], dificilmente se estabeleceriam fortes relações cognitivo-afetivas e lúdicas, e a possibilidade de elaboração de respostas tão criativas talvez não fosse encontrada, empobrecendo as reflexões em torno de concepções pessoais e científicas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Não pretendemos fazer referência à extensa obra de Gaston Bachelard nem de sintetizá-la com poucas palavras, trabalho que por si só já se constituiria como uma pesquisa tendo em vista a complexidade das noções e conceitos que a compõem. O recorte que estaremos fazendo dos escritos de Bachelard terá como prioridade o apontamento dos significados de alguns obstáculos aos quais ele se refere em dois de seus livros mais famosos, a *Formação do Espírito Científico* e a *Filosofia do Não*. No primeiro, ele busca caracterizar as compreensões do que entende como obstáculo, que pode ser epistemológico ou pedagógico – dependendo do contexto ao qual se aplica; no segundo, ele nos oferece uma noção de como as distintas categorias filosóficas podem ser dispostas em um perfil epistemológico, dando exemplos de suas próprias noções com relação aos conceitos de massa e de energia.

Os obstáculos, na leitura de Bachelard, são compreensões cognitivas e afetivas sobre os objetos, científicos ou não, que compõem a estrutura psíquica dos sujeitos, e que são assim denominados porque, se não forem psicanalisados, apresentam-se como impeditivos de aprendizagens uma vez que não se mostram congruentes com as compreensões já conquistadas; são, portanto, entraves a novos conhecimentos. Os obstáculos epistemológicos são encontrados na própria história dos conceitos, e esses erros permanecem na forma de perfis epistemológicos, conforme já mencionamos.

O Perfil Epistemológico “guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar” (BACHELARD, 1978, p. 30), apresenta uma série de significações que um sujeito possui de determinado objeto ou conceito, sendo que uma pode se sobressair sobre outras, ou seja, cada significado, atribuído a um conceito em específico possui um grau de importância para um indivíduo em particular, o que significa dizer que cada significado tem um *status*, e que uma forma de trabalhar seria de provocar mudanças nos graus em que esses patamares são solidificados. Assim, por exemplo, um conceito, para um indivíduo, pode ter um status altamente empírico – como demonstra ser um fluido – e ao mesmo tempo um status, em menor grau, dialético, ao considerá-lo também como algo que propicia uma solidez, como o gelo, e uma maior fluidez, como o vapor. Todas essas representações podem ser constituintes da psique individual, e podem variar de indivíduo para indivíduo. Bachelard afirma que as compreensões historicamente ultrapassadas são obstáculos epistemológicos, pois permanecem na psique humana. Além disso, para ele o ensino de ciências deve minimizar o status dessas compreensões e aumentar aquelas que se aproximam das ciências mais modernas, em uma dialética (concepções do presente sempre sendo comparadas com as do passado) que tem o objetivo de instalar uma síntese do conhecimento, movida por constantes rupturas conceituais e estruturais. Para Bachelard, se trata na realidade de mudanças espirituais (espírito pré-científico para espírito científico) que realizam verdadeiras elaborações em que a mente e a observação fazem constantes trocas, estabelecendo um “racionalismo aplicado” que não percebe no racionalismo tradicional, uma semelhança.

No livro *A Formação do Espírito Científico*, Bachelard se dedica à elucidação de vários obstáculos que ele encontrou em sua análise da história da ciência. Faremos explanação de quatro obstáculos apontados no livro, mas apenas três serão utilizados para interpretação dos dados da pesquisa: o obstáculo verbal, o obstáculo da generalização e o obstáculo animista.

O substancialismo ingênuo é um obstáculo muito encontrado no espírito pré-científico – quando ainda um conhecimento não atingiu o status científico, e se encontra no estágio descritivo –, e pode ser pensado como uma atribuição de características de substância a algo cuja constituição é outra:

A intuição substancialista de Aldini a respeito do fluido galvânico não é exceção. É o pensamento habitual do século XVIII. Aparece de forma mais sucinta, mas talvez ainda mais instrutiva, em vários textos. Por exemplo, o fogo elétrico é um fogo *substancial*. (BACHELARD, 1996, p. 132)

Pode ser definido também como um *olhar* que considera concreto um fenômeno que é primordialmente abstrato:

Assim, como o leite é doce ao paladar e untuoso ao tato, ele conserva a doçura e a untuosidade até no fenômeno da corrente elétrica que acaba de atravessá-lo. Essas falsas qualidades atribuídas pela intuição ingênua à corrente elétrica são, a nosso ver, uma ilustração cabal da influência do obstáculo substancialista. (BACHELARD, 1996, p. 131)

Os obstáculos animistas são aqueles que atribuem características de seres vivos a elementos inanimados, como sentimento, dor, fome, ou aos experimentos a partir dos quais se manifesta a crença de que por meio deles possa surgir o fenômeno da *vida*. Assim, quando há alguns séculos rãs foram eletrizadas e passaram a se movimentar acreditava-se que era incidência de aparecimento do fenômeno da vida. Outro exemplo seria a imagem de que o fenômeno do fogo tem sua origem na queima da madeira e que, portanto, ele é filho dela. Citamos mais um exemplo para clarificar melhor esse obstáculo: também há alguns séculos, os ácidos eram considerados como ações masculinas e as bases como reações femininas, ou seja, tratavam-se, como se pode verificar nos livros dos séculos XVII e XVIII, de interações entre machos e fêmeas.

Os obstáculos de natureza verbal se referem aos significados que palavras podem ter, ao estender as concepções e ultrapassar os limites segundo os quais elas foram elaboradas. São casos “em que uma *única* imagem, ou até uma única palavra, constitui toda a explicação” (BACHELARD, 1996, p. 79).

Os obstáculos da generalização correspondem às generalizações equivocadas de fenômenos para os quais os fundamentos utilizados não se mostram adequados, pois foram criados em outros contextos, com outros objetivos e para outras aplicações, adquirindo especificidades que as limitam a determinadas situações. Bachelard (1996) afirma:

Há de fato um perigoso prazer intelectual na generalização apressada e fácil. A psicanálise do conhecimento objetivo deve examinar com cuidado todas as seduções da *facilidade*. Só com essa condição pode-se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica. (p. 69)

Bachelard afirma que o ensino deve priorizar mais a mudança de perspectivas com relação aos fenômenos, inclusive cotidianos, do que auxiliar a elaboração de um novo saber: “não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana” (BACHELARD, 1996, p. 16). Afinal, se os alunos trazem para sala de aula conhecimentos, adquiridos socialmente, como pensar em estratégias de ensino que negligenciem esses sentimentos e entendimentos muitas vezes tão arraigados?

Assim, levando em consideração hábitos de pensamento dos alunos, o jogo aqui analisado foi elaborado segundo uma metodologia inspirada na epistemologia de Bachelard, sugerida por Santos (1991). Ela propõe levantar as concepções cognitivo-afetivas dos alunos, instaurando uma catarse intelectual e afetiva, para que elas possam ser desestruturadas, por exemplo, por conflitos ou problemas os quais eles não conseguem resolver. E, por fim, o processo deve dar lugar ao que Santos denomina de psicossíntese, que seria uma reconstrução das bases psíquico-cognitivas dos estudantes.

Por meio das cartas-bombas, o jogo produzido tem a intenção de provocar conflitos nos alunos ao problematizar os conhecimentos individuais mais intensos e que se mostram como verdadeiros obstáculos para aprendizagem de conceitos da genética.

ELABORAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO – POR QUE UM JOGO?

Alguns autores argumentam que atividades lúdicas e, em particular os jogos pedagógicos, podem proporcionar a construção de conhecimentos científicos. Campos, Bortoloto e Felício (2002), afirmam que jogos são estímulos para o desenvolvimento do interesse para aprendizagem, estabelecendo-se em níveis diversos de experiências sociais e pessoais. O jogo pode possibilitar uma aproximação do conhecimento científico com o cotidiano do aluno quando em seu contexto há problematizações parecidas com o seu dia-a-dia. No entanto, mais do que o fator motivacional, os jogos podem oferecer muitas outras vantagens pedagógicas aos estudantes, como o desenvolvimento de relações cognitivas com os objetos que compõem o jogo, os fatores afetivos e sociais que a dinâmica pode proporcionar, a ampliação da criatividade ao redor dos elementos e das regras que estruturam o jogo, além de ter a vantagem de integrar os alunos em torno de um objetivo e do desenvolvimento de responsabilidade junto aos colegas; e tudo isso, de forma muito prazerosa (SANMARTI, 2002 *apud* CANDEIAS; HIROKI; CAMPOS, 2005). Nesse sentido, 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 (p. 24).

Além disso, o jogo pode melhorar o ensino por minimizar precárias condições de trabalho dos professores (PAVAN, 2009). Segundo Justiniano *et al.* (2006), os jogos também podem chamar a atenção para o senso de organização e para o espírito crítico que podem ser desenvolvidos ao longo de sua dinâmica, além de auxiliar o aluno em casos em que a fixação de conteúdo venha a se tornar necessária.

Complementando todas essas vantagens que os jogos podem proporcionar aos alunos, Morais, Fontana e Calsa (2007), afirmam que ao longo do processo desta atividade lúdica, várias competências podem emergir, entre elas podem ser citadas a concentração, a perseverança e a flexibilidade, uma vez que estes elementos podem levar ao aprimoramento de esquemas de ação e de operações mentais. Os jogos têm o potencial de possibilitar a reflexão e o aperfeiçoamento de esquemas de pensamento, facilitando a tomada de decisões, o raciocínio lógico, encaminhando para um processo de aprendizagem mais significativa e duradoura.

Nos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (2001), encontramos o seguinte texto (sobre os jogos):

(...) Os alunos alcançam o aprendizado em um processo complexo, de elaboração pessoal, para o qual o professor e a escola contribuem permitindo ao aluno se comunicar, situar-se em seu grupo, debater sua compreensão, aprender a respeitar e a fazer-se respeitar; dando ao aluno oportunidade de construir modelos explicativos, linhas de argumentação e instrumentos de verificação de contradições; criando situações em que o aluno é instigado ou desafiado a participar e questionar; valorizando as atividades coletivas que propiciem a discussão e a elaboração conjunta de idéias e de práticas; desenvolvendo atividades lúdicas, nos quais o aluno deve se sentir desafiado pelo jogo do conhecimento e não somente pelos outros participantes. (BRASIL, 2001, p.52)

Os jogos também podem se constituir como ricos instrumentos de avaliação formativa, pois de acordo com Morais, Fontana e Calsa (2007) os jogos são importantes fontes de informação que podem ser analisadas por meio do comportamento dos estudantes (jogadores), uma vez que é possível observar suas reações, seus gestos, suas palavras, as hipóteses formuladas e a maneira como enfrentam os obstáculos propostos pelo jogo; suas afirmações e condutas podem ser, por exemplo, feitas de forma duvidosa ou convicta, com ênfase ou pontuada por gestos de incerteza, e tudo isso pode ser evidenciado pelos professores.

De acordo com Reis (2006), os jogos devem ser levados para dentro da sala de aula porque eles mobilizam o pensamento e favorecem o desenvolvimento ativo do ato de pensar e de elaborar críticas, criando estratégias próprias através da ampliação da flexibilidade do pensamento, fazendo com que o aluno descentralize e coordene diferentes pontos de vistas.

Tendo em vista os argumentos que levantamos para fundamentação dessa pesquisa e a experiência em sala de aula com o jogo de genética analisado, e a fim de contribuir com esse tema e com o ensino de genética, também apontamos que o jogo pode ser um recurso pedagógico importante para utilização em sala de aula, favorecendo a ação do estudante, e exigindo dele uma coordenação de pontos de vista diferentes, possibilitando a observação e o reconhecimento de erros, propondo situações problemas, criando oportunidades para reflexão, além de desenvolver o respeito às regras. O jogo pode ser um instrumento privilegiado para atingir os objetivos pedagógicos do professor.

O jogo produzido foi denominado como “Construindo o Conceito de Gene” e foi edificado dentro da perspectiva da superação de obstáculos epistemológicos para a construção do conceito de gene, apresentados pelos estudantes, e da possibilidade de construção de mecanismos de transmissão da hereditariedade que fossem estruturados tendo o gene como transmissor das características [hereditárias]; o instrumento foi elaborado buscando questionar conhecimentos anteriores que os alunos traziam para a sala de aula.

O JOGO PEDAGÓGICO PRODUZIDO

O jogo pedagógico produzido é constituído por um tabuleiro feito de papel duplex, com 48 x 33 cm², e é composto por 64 cartas – sendo que 22 delas são referentes ao que chamamos de 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 abaixo de cada questão.

O jogo apresenta uma modalidade de cartas que chamamos de cartas-bombas. Nestas foram elaboradas perguntas que expõem explicações relacionadas com o cotidiano do aluno. Por

meio delas, podemos ter indícios de aprendizagem ou de incompreensão de termos e conceitos relacionados à genética.

Ao explicarem o fenômeno relacionado ao mecanismo de transmissão de características humanas, os estudantes recorrem a explicações simplistas que foram construídas em seu cotidiano, e por meio das cartas-bombas eles irão confrontar suas *primeiras experiências* (conhecimento não científico fruto das crenças e da experiência socialmente compartilhada) buscando através do conhecimento construído ao longo do jogo e da reflexão e argumentação dos colegas durante a atividade proposta, superar seus obstáculos epistemológicos. A carta-bomba tem a função de criar um momento para que uma *psicanálise do conhecimento* do aluno tenha início; em outras palavras, é o momento inicial em que o aluno deve psicanalisar o conhecimento anterior (buscando refletir sobre seus erros), levando-o a retificá-lo, como sugere Bachelard.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida no município de Dourados no Estado de Mato Grosso do Sul, numa escola pública da rede estadual de ensino. Participaram desta pesquisa 159 estudantes que cursavam os 3º anos do Ensino Médio. O jogo pedagógico foi aplicado nos três períodos escolares: matutino com a participação de 77 alunos; vespertino com 39 alunos e noturno, com 43 estudantes.

Foram feitas cópias do jogo devido à quantidade de alunos envolvidos no projeto. Cada jogo comportava 5 alunos e durava cerca de 40 a 45 minutos. Como vários jogos aconteciam ao mesmo tempo em sala de aula, a professora dividia o tempo ficando um pouco com cada grupo de alunos. O jogo foi aplicado às turmas de 3º anos por 3 vezes, uma vez por semana. As atividades foram gravadas e transcritas e, conforme já mencionados, interpretadas segundo as concepções teóricas de Gaston Bachelard.

A função da professora em cada turma era acompanhar os grupos de alunos durante o jogo, problematizando suas respostas, principalmente quando se referiam às perguntas das cartas-bombas, e à compreensão de conceitos de genética. Muito embora houvesse mediação por parte da professora entre jogo e aluno ou concepções individuais e científicas, os próprios alunos poderiam abrir questões entre si, enriquecendo ainda mais o processo.

Para identificar se os alunos estavam construindo conceitos ligados à genética, superando o obstáculo referente à ligação das características hereditárias com o sangue, foi elaborada uma questão aberta que foi aplicada aos alunos antes e depois do jogo. A pergunta norteadora da pesquisa foi: “*Muitas pessoas quando questionadas sobre o processo de transmissão de características acabam atribuindo este fenômeno ao sangue. Responda o que teria o sangue a ver com a transmissão de características humanas*”. Os resultados foram apresentados em forma de tabela para melhor visualização. Selecionamos as falas mais recorrentes dos alunos ao longo do jogo. Os argumentos presentes na análise são de estudantes representados pelos respectivos códigos: E₅; E₈; E₁₃; F₃; F₅.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o jogo foi possível perceber que era recorrente, na fala dos alunos, a tentativa de explicar a transmissão das características hereditárias por meio do sangue, fato que enriqueceu a análise devido à quantidade de argumentos que tentavam preservar essa concepção.

Alguns alunos apresentavam uma imagem distorcida do sangue, ligada fortemente a um sentimento de valor, de tal intensidade que ao justificar por que o sangue é o responsável pela transmissão das características hereditárias, eles o descreviam como se ele [o sangue] fosse uma entidade com determinada intenção. A aluna E₁₃ parecia trazer esta característica; ela argumentou: *“Porque ele [o sangue] é o único que leva as nossas características para o corpo inteiro, não é professora? Olha, o sangue conhece todo o nosso corpo porque ele é móvel, anda por tudo, ele carrega tudo.”*¹

A aluna E₁₃ descreveu porque para ela o sangue seria o responsável pela hereditariedade, atribuindo a ele, uma consciência – “o sangue conhece”. Esta justificativa pode se apresentar como um obstáculo animista, pois ela atribui ao sangue certas qualidades presentes somente em seres vivos.

A aluna E₁₃ descreve o sangue como se fosse um ser vivo pluricelular, que se locomove e que realiza tarefas. Com esse sentido, em seus argumentos ela afirma que *o sangue é o único, o sangue leva, o sangue anda, o sangue carrega tudo*. Ela descreve a razão porque o sangue é responsável pela hereditariedade, atribuindo a ele uma consciência – “o sangue conhece”. Esta justificativa pode se apresentar como um obstáculo à compreensão de que é o gene que transmite as características hereditárias. Ao ser conscientizada de sua descrição (sangue como ser vivo pluricelular), a reação da aluna foi de grande surpresa. Houve uma provocação por parte da professora: *“você parece estar descrevendo uma pessoa, que anda e tem acesso a vários lugares, conhece tudo!* A estudante neste momento ficou pensativa e surpresa. Diante do silêncio da aluna, a professora solicitou explicações sobre a constituição do sangue e de seu papel no organismo. A aluna respondeu que *o sangue tem células, as hemácias, que levam oxigênio aos pulmões e que ao passar pelos pulmões, também retiram o gás carbônico*. Questionamos, então, sobre as relações que poderiam ser vistas entre o que acabara de dizer e a transmissão das características hereditárias. A aluna ficou pensativa, e depois de um tempo estabeleceu uma relação da seguinte forma: *o sangue anda por todo corpo, ele também vai até o testículo e no ovário e de algum jeito, o DNA contido no sangue, passa para estas células e assim, são transmitida as características*.

Diante de lacunas como essas, também observadas em outros alunos, pensamos na preparação de duas aulas com as quais poderiam ser trabalhadas as características do sangue e a origem das células sanguíneas. As aulas foram realizadas no laboratório de informática em uma dinâmica em que foram intercaladas aulas expositivas com a exposição de vídeos sobre o tecido sanguíneo. A segunda aula foi realizada no laboratório para observação das hemácias, também chamadas de heritrócitos. As aulas tiveram grande potencial didático, porque o tema em estudo estava sendo relacionado ao jogo-pedagógico. Nesta aula, explicitamos a constituição sanguínea, definimos os elementos que compõem o tecido sanguíneo e discorremos sobre a função de cada um deles em nosso organismo.

Por meio dos jogos-pedagógicos foi possível identificar o *obstáculo do conhecimento geral*, que é representado pelo conhecimento vago (falta de conhecimento sobre a origem, constituição e função sanguínea) que paralisa o pensamento. Uma característica deste obstáculo é o fornecimento de respostas demasiadamente vagas, fixas, seguras e gerais a qualquer questionamento. Por exemplo, a confirmação de que o sangue é responsável pela transmissão de características *porque ele anda pelo corpo*, justifica a visão de que ele [sangue] conhece todas as partes do organismo, e por isso a ele é dada uma função equivocada. Surgem, então, desde confirmações fáceis a hipóteses imediatas.

Os alunos E₁₀ e E₈ justificaram porque o sangue seria o responsável pela transmissão das características hereditárias seguindo um raciocínio dedutivo. Por exemplo: *“Se através do sangue podem-se adquirir até mesmo doenças, por que não herdamos e adquirimos*

¹ Todos os grifos são nossos.

características?” (E₁₀); “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! (E₈).

Por meio das falas identificamos o uso de dois verbos, *adquirir* e *transmitir*, pelos estudantes e com o mesmo significado frente a fenômenos distintos. A palavra *transmitir* parece apresentar o sentido de uma auto-explicação tanto para o fenômeno da hereditariedade quanto ao fenômeno da contaminação por vírus, bactérias etc. Assim, identificamos que a referência a essas palavras [*adquirir* e *transmitir*] leva a compreensões que dificultam ou, como afirma Bachelard, que resistem a outras interpretações que não aquelas que permanecem em nosso psiquismo, se constituindo como verdadeiros travões, verdadeiros obstáculos verbais, afastando a compreensão de que são os genes os responsáveis pela transmissão das características hereditárias, e não o sangue.

O obstáculo verbal pode encaminhar os alunos a um segundo obstáculo, o obstáculo da generalização. O aluno generaliza um conhecimento, aplicando-o a outro, mas cuja aplicação somente se faz possível de forma tão problemática que deforma especificidades próprias do conceito, negando-lhe as bases que a sustentam. O seguinte raciocínio, inferido das falas dos alunos, pode representar a manifestação do obstáculo da generalização: o sangue transmite AIDS, logo então, ele transmite as características hereditárias.

O Obstáculo da Generalização pode causar grandes prejuízos para compreensão da realidade científica e para aquisição do conhecimento universal. Percebemos que os estudantes generalizam conceitos e conclusões obtidos 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 preciso ressaltar que existe um cuidado para que elas sejam feitas, e essa compreensão só é possível por meio de atividades que levam a uma discussão a respeito da construção coletiva dos pressupostos científicos.

Identificamos, através das falas dos alunos, uma confusão entre as funções do sangue e do DNA. É importante lembrar que quando os alunos participaram do jogo pedagógico já tinham frequentado aulas de genética, onde foram trabalhados os Alelos Múltiplos, as Leis de Mendel e a Herança de tipos Sanguíneos do sistema ABO.

Porém, ao longo do jogo percebemos que a maioria dos alunos não abandonou a concepção de que o sangue é o responsável pela transmissão das características hereditárias, e agregava de alguma forma o DNA ao sangue, como indica a fala do aluno E₈: *“Herdamos nossa características 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, nascer um bebê com 46 cromossomos, porque é importante a gente, como fala...a gente ficar com esse número da nossa espécie, a nossa espécie tem 46 cromossomos não é mesmo prof?”*

A fala do aluno E₈ foi problematizada pela professora da seguinte forma: *“Se é o DNA que transmite nossas características, que são transportadas pelos gametas, então qual é o papel do sangue neste processo?”* O aluno respondeu assim: *Não ... eles também levam as nossas características para o filho....Oh prof! ... 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 bebê, então ela se multiplica, não se multiplica? Aumenta de tamanho não aumenta? Então o sangue também aumenta e se esparrama pelo corpo, para formar gameta se faz o quê? Uma divisão lá, meiose. Para formar tecido sanguíneo é ... a mitose, não é a mitose que faz o tecido, como é mesmo, há ta, epitelial, do tecido do osso”.*

Foi possível notar que alguns alunos agregam a informação nova com a anterior. O aluno parece ter compreendido que o DNA é o responsável pela transmissão das características – informação nova –, porém a informação anterior relacionada ao sangue não foi abandonada.

Diante da resposta do aluno, a professora o recordou de uma aula no laboratório de ciências em que ele havia observado uma célula da bochecha através do microscópio, e foi questionado se ao lado do núcleo da célula observada havia presença de sangue. Perante a lembrança da professora o aluno respondeu alegando que as células que têm sangue no interior de sua estrutura, são as relacionadas com a formação de seres vivos: “*Prof., por que as outras células não formam crianças né? Por que a célula da bochecha vai querer ter sangue, ela já tá num lugar onde tem sangue. Diferente de um bebê que tem que formar o sangue para depois formar as células. As células dependem do sangue pra sobreviver, até a gente depende do sangue.*” É possível observar que mais uma vez, o estudante defende e protege o conhecimento anterior, o que parece indicar que as inferências de Long (2012), em recente pesquisa de campo, estavam corretas. Ele afirma que mudanças de perspectivas que ferem saberes conquistados dificilmente acontecem pelo ensino de outras concepções que de alguma forma contradizem o que trazem em sua bagagem de conhecimentos e sentimentos, pois há certa justaposição de saberes e noções em função da falta de bases que a total eliminação de seus pressupostos individuais poderia instalar. Para o autor, um ensino que tenta promover esse conflito carrega junto dele um problema que devido à confrontação com algo já posto (sua visão de mundo) dificilmente pode atingir os objetivos educacionais de aprendizagem. Muito embora o autor dessa pesquisa tenha feito apontamentos que tratam de fortes apegos culturais, como a que se refere à teoria da evolução e às visões criacionistas, eles podem estar sugerindo que a resistência possa existir em todas as instâncias nas quais somos confrontados, e que as respostas devam ser procuradas nos respectivos graus em que elas estão enraizadas.

Concordamos apenas em parte com Long (2012), pois nossa experiência enquanto docentes parece assinalar que há falhas nos modelos de ensino, principalmente quando o objeto a ser ensinado é altamente abstrato ou problemático do ponto de vista cultural. Assim, dentro da perspectiva de que as dificuldades à aprendizagem em distintos domínios são permeadas por distintos graus de resistências, argumentamos que um fator que pode possibilitar mudanças conceituais é a consideração aos aspectos subjetivos dos aprendizes. Autores de outra recente pesquisa (HÁ; HAURY; NEHM, 2012), argumentam que faltaram nos projetos que tinham o objetivo de provocar aprendizagem de aspectos que confrontavam os valores individuais, elementos da dimensão subjetiva e que, portanto, a aprendizagem não pôde ser concretizada. Para os autores, há necessidade de se contemplar uma *sensação de segurança (feeling of certainty – FOC)* para que uma efetiva aprendizagem aconteça. Sensação que o jogo parece ter incentivado de forma que os conflitos não parecessem fatores que colocassem riscos às bases seguras dos alunos, sem que uma nova perspectiva se abrisse a eles.

A relação entre o sangue e a transmissão de características hereditárias, feita pelos alunos, pode estar atrelada à *experiência primeira* não problematizada, sendo que a permanência desta concepção nos alunos do último ano do ensino básico pode ser, em parte, conseqüência da fragmentação do conteúdo de biologia nos três anos do ensino médio. Muito embora a experiência primeira a qual se refere Bachelard, não se trata exatamente do conhecimento de sala de aula, acreditamos que esta pode influenciar os pressupostos iniciais principalmente quando não tratada por meio de uma catarse cognitivo-afetiva. No 1º ano do ensino médio, o estudante possivelmente apresenta a concepção de que o sangue é o responsável pela transmissão de características hereditárias, talvez porque esta seja parte das noções apresentadas pelos alunos que não foram problematizadas devido a uma prática de instrução sistemática que acontece através de uma educação baseada no ensino tradicional.

Porém, acreditamos que podem existir interferências de cunho social, complexificando ainda mais o projeto de apreensão de conceitos de genética, impressões individuais e coletivas que não são fáceis de problematizar e de enfrentar, pois são constituintes sócio-afetivas que estruturam de forma muito forte os sujeitos e que podem sistematizar a elaboração de um perfil

com relação ao conceito de gene, tal como o demonstra Bachelard para o conceito de massa e de energia no livro *A Filosofia do Não*.

Voltando às relações da dinâmica dos conteúdos de Biologia do Ensino Médio, não é difícil notar que os alunos não estabelecem relação entre os conteúdos estudados em capítulos subsequentes dos livros, dos planos de ensino e de um ano para outro. No 1º ano o aluno estuda a estrutura molecular do DNA, a divisão celular (mitose e meiose), a formação de células haplóides e diplóides (gametas masculino e feminino), as fases iniciais do desenvolvimento embrionário animal e a formação de tecidos, entre eles o tecido conjuntivo – sangue. Este conteúdo muitas vezes não é retomado no 3º ano quando o conteúdo de genética é ministrado. Isso certamente não acontece porque o aluno é limitado ou incapaz de fazer relações entre os conteúdos, mas porque eles são vistos pelos próprios textos, livros didáticos, de forma desarticulada, sem relações claras que podem proporcionar explicações mais ricas dos fenômenos da vida. Pesquisas com relação à estrutura do livro didático podem contribuir com elucidações dessa natureza, e seus textos podem se constituir como importante objeto de investigação para o enfrentamento dessa questão.

Trabalhos anteriores relacionados com outros projetos de pesquisa, realizados por dois dos autores deste artigo, e registrados na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, com alunos de terceiros anos do ensino médio, identificaram que os estudantes não percebem a existência de relação entre DNA, molécula constituída por nucleotídeos, e as Leis Mendelianas. Os alunos também não relacionam as fases da meiose com a segregação dos alelos.

Além da fragmentação do conteúdo, outros elementos também colaboram para a crença de que o sangue transmite características hereditárias, como o teste de paternidade, hoje fortemente presente nos veículos de comunicação; 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 desconhecer a constituição sanguínea e as regiões em que o sangue poderia ser encontrado. Assim, mesmo depois de freqüentar algumas aulas relacionadas à genética, achavam que o sangue estava presente no interior do espermatozóide e do ovócito.

Essas concepções errôneas dos alunos foram problematizadas no decorrer dos jogos, contemplando uma das afirmações de Bachelard com relação à atividade científica, a de que esta só pode ser feita por meio de problematizações, questões fundamentais que fazem com que as *primeiras impressões* sobre os fenômenos sejam objetos de investigações. A dinâmica do jogo, pensada de forma que pudesse causar conflitos entre as impressões pessoais e as científicas, tal como sugeridos por Santos (1991), foi capaz de fazer com que os alunos passassem a questionar aquele conhecimento nascido da *experiência primeira* e fruto de um *realismo ingênuo*. Ação que parece denotar uma *psicanálise do conhecimento*.

O método da problematização foi capaz de aprofundar os significados escondidos por trás das falas dos alunos, o que nos proporcionou maior riqueza de detalhes na análise dos pressupostos dos estudantes. Por exemplo, o aluno F₂ também apresentava a concepção de que o sangue era o responsável pela transmissão das características hereditárias. Depois da problematização da sua resposta ao longo do jogo, foi possível identificar que ele desconhecia a formação do tecido sanguíneo; ao longo do jogo ele respondeu: “*Olha só, o sangue não tem nada a ver com transmissão destes fenótipos, então é o gene (F₂)*”. Em outro grupo de alunos, o estudante F₃ também respondeu que as características que herdamos dos nossos pais estão presentes nos genes do pai e da mãe: “*O meu sangue, eu herdei dos genes do meu pai e da minha mãe, e não do sangue deles*”.

Porém, na fala do aluno F₂ foi possível notar uma incorporação de termos científicos que o aluno não apresentava antes. Através dos jogos pedagógicos o estudante incorporou conceitos como fenótipo e gene. Pois nesse instrumento há presença de várias perguntas conceituais referentes aos conceitos de fenótipo, gene, alelo e DNA. De forma mais abrangente, foi possível perceber que os conceitos científicos como DNA, Gene, Alelo, mitose, meiose, células haplóides

e diplóides, gametas masculinos e femininos, mitose e meiose, foram tornando-se mais presentes nos discursos dos alunos ao longo dos jogos, o que configura uma congruência com a evolução de um perfil coletivo (YAMAZAKI; YAMAZAKI, 2010) e de certa forma também epistemológico, tal como exposto por Bachelard (1978).

Como um possível resultado quantitativo (estatística simples), foi possível inferir mudanças com relação à transmissão das características hereditárias pelos alunos. A figura 1, reproduzida abaixo, dá uma amostra das mudanças ocorridas no coletivo dos estudantes, pois de 93 deles que disseram tendo o sangue como responsável pela transmissão das características, 29 tiveram essa concepção modificada, apontando para a sua superação; e de apenas 37 alunos que atribuíam corretamente a transmissão à molécula de DNA, depois do jogo esse número aumentou para 117, o que parece demonstrar o potencial didático dessa atividade.

Figura 1 – Concepções sobre transmissão de características hereditárias antes de depois do jogo-pedagógico

Fatores responsáveis pela transmissão de características hereditárias	Antes do jogo-pedagógico (159 alunos)	Depois do jogo-pedagógico (159 alunos)
Sangue	93	29
Molécula de DNA	37	117
Não sabiam	29	13

Bachelard afirma que só ocorre aprendizagem quando há uma mudança na constituição psíquica do sujeito, ou seja, quando ocorre uma transformação nas estruturas não somente cognitivas, mas também afetivas do sujeito que aprende. É possível perceber a evolução conceitual através da fala do estudante F₂ quando este realiza uma explicação do fenômeno da hereditariedade articulando seu pensamento ao conceito de gene. A possibilidade de se apresentar perguntas recorrentes relacionadas às suas concepções (erros) contribuiu para que uma psicanálise do erro tenha se iniciado, pois em muitas situações ele tinha que discorrer sobre as razões que o levaram à sua resposta, além de ter que exemplificá-las, levando-o a avanços e retrocessos cognitivo-afetivos que aconteciam por meio de reflexões e de sensações de conflito.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mayr (1998) argumenta que possivelmente não há outra área da Biologia como a genética que, após sofrer tantas refutações de ideias e de dogmas em sua história, acabou tendo como reflexo um grande avanço do conhecimento. Contudo, o contexto dessa história não é encontrado no livro didático de Biologia, muitas vezes nem a própria história é contada. Queremos apontar que o contexto da descoberta é de fundamental importância para compreensão dos significados mais precisos da genética, pois através dele a visualização de equívocos é feita de forma mais tranquila possibilitando maiores chances de que mudanças cognitivo-afetivas aconteçam.

Muito embora o jogo não tenha de forma mais pontual feito referência à história da genética, ele possibilitou trabalhar as concepções que estudantes traziam para sala de aula, motivo que fundamenta a contextualização histórica em direção à mudança conceitual. É preciso lembrar que para Bachelard, o erro por si só já se apresenta com caracteres historicamente instalados, e que o próprio perfil epistemológico já traz marcas de um passado remoto. Esse erro histórico-individual, para Bachelard, somente se trata de algo pedagogicamente maléfico quando

não é feita a confrontação a fim de modificá-lo, a fim de permitir que uma mudança ocorra; em termos bachelardianos, o erro só é ruim quando não psicanalisado.

O ensino de genética na escola é problemático talvez por não incitar o estudante a inquietações com relação aos conhecimentos prontos e acabados que são levados à escola, oriundos de conhecimentos imediatos. O ensino de genética vem ocorrendo de forma fragmentada, a-histórica, a-problemática, onde basta que o aluno manipule de forma mecanizada maneiras de resolver exercícios de genética, presentes no livro, e que resolva exercícios e problemas de provas classificatórias.

Metodologias processadas dessa forma parecem ainda sofrer reflexos de um ensino tradicional, centrado no professor, onde o aluno é um mero receptor de informação. Soma-se a isso, o fato de que a escola busca atender a uma demanda social que é a aprovação de seus alunos nos concursos vestibulares. Dessa forma, a escola tem se constituído como um trampolim para a universidade, e não como uma instituição de ensino que estimule o aluno a problematizar seus saberes, instigando sua curiosidade.

Não é ao acaso que os estudantes no último ano do ensino médio apresentam tantas concepções errôneas, que são verdadeiros obstáculos epistemológicos para compreensão da ciência. Para Bachelard (1996) o conhecimento é fruto de perguntas, de questionamentos: se não há pergunta não há inquietação, não pode haver conhecimento científico.

A elaboração de um jogo pedagógico que contemplasse uma demanda social – aprovação dos estudantes no vestibular – e que proporcionasse a problematização de saberes ingênuos, não foi uma tarefa simples. Além do objetivo principal, de auxiliar o aluno na construção de conceitos relacionados à genética mendeliana, buscando superar um obstáculo epistemológico sobre o sangue, o jogo também visou trabalhar questões que permeavam o conteúdo do livro didático adotado na instituição de ensino e aquelas que se apresentavam de forma recorrente nos exames vestibulares da região de Mato Grosso do Sul.

Pensamos que essa experiência de ensino por meio de um jogo pode ser vista como uma contribuição relevante dessa pesquisa, ao apontar para a possibilidade de utilização de um recurso de ensino alternativo com potencial capacidade para o ensino-aprendizagem de um conceito altamente abstrato. A importância desse método é colocada em evidência em função da limitação estrutural que o professor tem disponível para suas atividades didáticas com seus alunos. São condições fechadas de ensino traçadas por um sistema educacional no qual o professor é orientado a *o quê deve ser ensinado, e como deve ser ensinado*, dificultando a adoção de uma metodologia alternativa de ensino; nesse sentido, essa pesquisa mostra que é possível se envolver com métodos não tradicionais e mostra que há possibilidade de outras investigações que se usem de jogos pedagógicos.

Há professores que resistem à aceitação de metodologias alternativas de ensino, principalmente se estas forem jogos, pois há uma dificuldade em compreender que o jogo pode ser uma boa ferramenta de ensino-aprendizagem, capaz de promover mudanças conceituais. Nossos dados inferem que a inserção de estratégias de ensino lúdicas são formas criativas de se trabalhar e que podem oferecer muito mais do que um ensino baseado em metodologias tradicionais. No entanto, outras pesquisas se fazem necessárias para que essa afirmação possa ser feita de forma mais contundente.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

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

Revista Metáfora Educacional (ISSN 1809-2705) – versão *on-line*, n. 13 (jul. – dez. 2012), Feira de Santana – BA (Brasil), dez./2012.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. 2001.

CAMPOS, Luciana Maria Lunardi; 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>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

CANDEIAS, João Manuel Grisi; HIROKI, Kátia Aparecida Nunes; CAMPOS, Luciana Maria Lunardi. **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/autizacaoadojogo.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2009.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

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.

GROS, F. **A civilização do gene**. Lisboa: Ed. Terramar, 1989.

HA, Minsu; HAURY, David L.; NEHM, Ross H. Feeling of Certainty: Uncovering a Missing Link Between Knowledge and Acceptance of Evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 1, p. 95-121, 2012.

JUSTINIANO, Silvia Cássia Brandão; MORONI, Raquel Borges; MORONI, Fábio Tonissi; SANTOS, Joselita Maria Mendes. Genética revisando e fixando conceitos. **Genética na Escola**, v. 1, n. 2, p. 51-53, 2006.

KELLER, E. F. **The century of the gene**. Cambridge: Harvard University Press, 2000.

LONG, David E. The Politics of Teaching Evolution, Science Education Standards, and *Being a Creationist*. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 1, p. 122-139, 2012.

MAYR, Ernst. **Desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília: Ed. da Universidade de Brasília, 1998.

MARTINEZ, Emanuel Ricardo Monteiro; FUJIHARA, Ricardo Toshio e MARTINS, César. **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>>. Acesso em: 14 abr. 2009.

MORAIS, Nayra Carolina Bueno; 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>. Acesso em: 15 abr. 2009.

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, p. 1-20, Belo Horizonte, 2005.

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.

PAVAN, Octavio Henrique 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>>. Acesso em 13 abr. 2009.

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: Papyrus, 2006.

RIFKIN, Jeremy. **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.

RODRIGUES, Renata Ferreira. O uso de Modelagens representativas como estratégia didática no ensino da genética: um estudo de caso. **Experiência em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 53-66, 2012.

SANTOS, Maria Eduarda V. M. **Mudança conceitual na sala de aula – um desafio pedagógico**. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.

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.

YAMAZAKI, Sérgio Choiti; YAMAZAKI, Regiani Magalhães de Oliveira). Evolução do perfil coletivo do conceito de vida: relato de uma experiência. In: **Revista metáfora educacional** (ISSN 1809-2705) – versão *on-line*, n. 8., jun./2010. p. 44-70. Disponível em: <<http://www.valdeci.bio.br/revista.html>>.

Artigo recebido em 31/ago./2012. Aceito para publicação em 2/dez./2012. Publicado em 2/jan./2013.

Como citar o artigo: YAMAZAKI, Regiani Magalhães de Oliveira; YAMAZAKI, Sérgio Choiti; ZANON, Ângela Maria. Elaboração de um jogo pedagógico em uma perspectiva bachelardiana para aprendizagem do conceito de gene. In: **Revista Metáfora Educacional** (ISSN 1809-2705) – versão *on-line*, n. 13 (jul. – dez. 2012), Feira de Santana – BA (Brasil), dez./2012. p. 3-20. Disponível em: <<http://www.valdeci.bio.br/revista.html>>. Acesso em: DIA mês ANO.