

Biotecnétika: Possibilidades do jogo no ensino de genética

Ariane Francielle Silva Brão¹ e Ana Maria Teresa Benevides Pereira^{1,2}

¹Universidade Estadual de Maringá, Brasil. ²Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Brasil. Emails: arianne0586@yahoo.com.br; anamariabenevides@hotmail.com

Resumo: No ensino de Biologia há um predomínio de aulas expositivas, pautadas na transmissão de informações pelo professor. No presente trabalho, propõe-se a utilização do jogo Biotecnétika, criado por uma das pesquisadoras para o auxílio do processo de ensino-aprendizagem de Genética, pois este conteúdo tem sido considerado como um dos mais difíceis. O jogo foi aplicado às turmas de 3º ano do Ensino Médio de dois colégios da rede estadual de ensino e sua eficiência, como recurso pedagógico, foi avaliada por meio do contraste de dois mapas conceituais: um realizado antes e de forma coletiva e outro, individual e posterior à aplicação do jogo. Os dados provenientes da análise dos mapas conceituais mostraram que em 60% dos casos a utilização do jogo auxiliou o processo de ensino-aprendizagem de Genética, potencializando a aprendizagem dos alunos, o que foi corroborado por uma análise quantitativa de um questionário em que os alunos respondiam se o jogo os subsidiou na aprendizagem. Sendo uma atividade grupal, esta também propicia maior interação e socialização entre os estudantes.

Palavras-chave: jogos, recursos didáticos, atividades lúdicas, ensino de genética.

Title: Biotechnetika: Possibilities in the Genetics Education.

Abstract: In the teaching of biology there is still a predominance of expositive lectures, guided by the transmission of information by the teacher. In this work, we propose the use of Biotechnetika game created by one of the researcher to help the process of teaching and learning genetics, because this subject is considered the hardest in the biology. The game was applied in practice to groups of 3rd year of high school, in two schools of the public education system and its efficiency as a teaching resource was examined by contrasting two concept maps: one made before and collective and other posterior and individual game application. Data from the analysis of concept maps showed that in 60% of cases the use of the game helped the process of teaching and learning genetics, potentiating students' learning, which was corroborated by a quantitative analysis of a questionnaire in which students answered if the game helped them to learn. It was also observed that the game increased students' interaction, as it is played as a group and students cooperated with each other.

Keywords: games, leisure activities, didactics resources, genetic teaching.

Introdução

Apesar dos avanços ocorridos no campo da Educação, também constatado pelo aumento de projetos e publicações da área (Teixeira e Neto, 2006), houve poucas mudanças metodológicas no interior das salas de aula. Ou seja, ainda ocorre um predomínio de aulas expositivas com a transmissão de informações pelo professor, em especial na rede pública de ensino (Balbinot, 2005). Muitas informações são dadas sem que o aluno consiga processá-las de forma adequada e este as aceita, muitas vezes sem questioná-las. Além disso, a maneira como frequentemente esses conteúdos são abordados em classe, faz com que os estudantes percam o interesse, passando a decorá-los para garantir a aprovação. Embora exista uma ampla bibliografia específica para esses conteúdos, são poucas ou quase inexistentes as que trazem atividades para auxiliar no processo ensino-aprendizagem, como afirma Goldbach et. al. (2009):

Pode-se concluir [...] que a presença de atividades práticas propostas nos livros didáticos analisados não é grande. As atividades práticas são defendidas por muitos como importantes instrumentos pedagógicos facilitadores do processo de ensino-aprendizado. No ensino de Ciências e Biologia, elas trazem para próximos de si, muitas vezes, assuntos e questões que os alunos têm dificuldade de visualizar em seu cotidiano, aumentando o interesse sobre que está sendo tratado (Goldbach et al., 2009, p.72).

Na concepção de Loreto e Sepel (2006), a dificuldade aumenta quando observamos que muitos docentes não têm segurança para lidar com os avanços que a área alcançou, principalmente quanto aos temas de Biologia Molecular, Genética e Biotecnologia, pois muitos professores que estão atuando em sala de aula se formaram há muitos anos e esses não possuem uma formação teórico-prática atualizada.

Diversas pesquisas (Dias, 2008; Cantiello e Trivelato, 2003; Scheid e Ferrari, 2006; Fabrício et al., 2006; Primon, 2005; Giacóia, 2006; Infante-Malachias et al., 2010; Banet e Ayuso, 1995; Bahar et al., 1999; Knippels, 2002; Cid e Neto, 2005; Haambokoma, 2007; Tsui e Treagust, 2007; Chu, 2008; Gericke, 2009; Topçu e Şahin-Pekmez, 2009; Çimer, 2012; Smith e Knigh, 2012) tem apontado que Genética é o tópico em que se concentram as maiores dificuldades de ensino-aprendizagem no que tange ao ensino de Biologia.

Para Fabrício et al. (2006), a Genética está presente no nosso cotidiano, quando vamos à mesa e ingerimos produtos oriundos de organismos geneticamente modificados, ou em conversas sobre temas como bebês de proveta, teste de paternidade, projeto genoma, terapia gênica, transgênicos, ovelha Dolly, células-tronco e outros tantos.

Dias (2008) analisou as dificuldades encontradas a partir de provas de vestibular e verificou que Genética, Biotecnologia, Biologia Celular e Biologia Molecular são os conteúdos em que os candidatos mais cometiam erros. Um levantamento realizado por Cantiello e Trivelato (2003) sobre acertos em

questões de genética no vestibular da FUVEST, mostrou que quando se compara questões de genética com outros temas de biologia, o índice de acertos é mais baixo, revelando grande dificuldade dos vestibulandos na compreensão desses temas. Ainda, não somente os vestibulandos apresentam essas dificuldades, mas até mesmo alunos da graduação, futuros professores, como afirma Fabrício et al.(2006):

Ao observar as respostas dos alunos do EM (Ensino Médio) e do ES (Ensino Superior), foi verificado que os percentuais de acertos entre os mesmos são bastante próximos, o que faz pensar que as dificuldades desses alunos, independentemente do nível de escolaridade, são as mesmas [...] (Fabrício et al., 2006, p.16)

Segundo Giacóia (2006) são vários os contratempos identificados, desde a estrutura lógica dos conteúdos conceituais apresentados nos livros didáticos – em que a ciência é exibida como produto de determinados gênios, o que interfere na construção de conhecimentos por parte dos alunos – até na influência dos conhecimentos prévios e pré-concepções desses. Em sua pesquisa com estudantes concluintes do Ensino Médio (3º ano) e graduandos em Ciências Biológicas, Giacóia (2006) observou que os alunos de Ensino Médio não conseguiam explicar o que é gene, desconheciam as Leis de Mendel, bem como mitose e meiose, teoria cromossômica e herança biológica, clonagem e transgênicos. Os graduandos, embora tivessem uma bagagem maior sobre o assunto, se confundiram bastante, tendo fornecido respostas inadequadas e até ininteligíveis.

Primon (2005) acredita que os estudantes apresentam pré-concepções que diferem das que são aceitas cientificamente e que isso se torna um obstáculo para a aprendizagem. Esses não conseguem reconhecer a relação entre os diferentes conceitos, como meiose e primeira lei de Mendel. A autora constatou que, até mesmo formandos de Biologia têm dificuldade em entender conceitos básicos de Genética como mutação, variabilidade genética, conceito e localização do DNA, assim como relação entre DNA e aminoácidos.

Segundo Infante-Malachias et al. (2010) o problema decorre das concepções alternativas dos alunos que confrontam-se com as visões apresentadas pelos professores, além de serem reconhecidos como um dos conteúdos mais abstratos para se ensinar. Esses autores pesquisaram o nível de compreensão de Genética Básica em seis cursos de graduação da área da saúde (Biologia, Medicina, Odontologia, Psicologia, Nutrição e Fonoaudiologia). Os participantes não foram capazes de responder 30% das questões, e quando o fizeram, demonstraram conhecimento distorcido acerca da Genética.

Em âmbito internacional, para Banet e Ayuso (1995, Espanha), a complexidade do estudo da genética, no ensino secundário, resulta da natureza de seus conceitos que se apresentam claramente incrementados pela necessidade de serem aplicadas estratégias de aprendizagem complexas em si mesmas.

Para Bahar et al. (1999, Escócia), a dificuldade reside no fato de tanto professores como alunos, apresentarem percepções diferentes sobre o que é

considerado difícil, complexo a ser aprendido. Um tema tido como fácil de ensinar pelos docentes foi avaliado como difícil pelos alunos. Estudantes participantes da pesquisa (Ensino Médio) demonstraram falta de confiança sobre o que determinados termos (alelo, gene, homólogo) realmente significavam e mostraram-se confusos em distinguir "termos parecidos", como homozigose, homocigoto e homólogo. O uso de expressões matemáticas também foi apontado como um dos obstáculos ao conhecimento.

Segundo Cid e Neto (2005, Portugal), os problemas decorrem da própria natureza desses conceitos, aos quais escapam a um acesso sensorial direto dos alunos, isto é, às suas experiências cotidianas.

Para Knippels (2002, Holanda) existem cinco diferentes grupos de obstáculos para a aprendizagem, que nem sempre ocorrem separadamente:

1. Vocabulário e terminologia específica;
2. Conteúdo Matemático nas atividades das Leis de Mendel;
3. Processos citológicos;
4. Natureza abstrata devido à sequência no currículo.
5. A natureza complexa da Genética (Knippels, 2002, p.27, tradução nossa).

Dentro do primeiro item se destaca, principalmente, a confusão existente entre 'alelo' e 'gene', que muitos alunos acreditam, equivocadamente, que é a 'mesma coisa'. Para o segundo item, o autor salienta que a dificuldade não está em resolver os cálculos, mas na transferência do conhecimento matemático para sua aplicação na biologia. Esse cita, ainda, que os estudantes usam o Quadrado de Punnett para resolver uma questão de probabilidade genética, mas quando resolvem essas questões na disciplina de Matemática, utilizam de outros meios para realizá-los, de modo tão automático, que não o relacionam com os processos implicados no quadrado: a meiose e a formação de gametas. Da mesma forma, a má compreensão de meiose e mitose, relativa ao item três, é indicada como barreira para o aprendizado das leis de Mendel, visto que esses tópicos estão interligados no processo biológico. Esse fato é atribuído pelo conteúdo de meiose e mitose serem oferecidos no início do currículo e as leis de Mendel no final dessa etapa de ensino, acarretando no quarto item apresentado pelo autor. No último tópico há a constatação de que os conceitos genéticos se referem a diferentes níveis da organização biológica.

Embora o tema Genética seja de difícil compreensão, Malafaia et al. (2010) apontam que os alunos demonstram grande interesse por esse conteúdo, além de declararem que consideram muito importante para o aprendizado de biologia, atividades pedagógicas distintas das aulas expositivas.

Os recursos didáticos lúdicos

Primon (2005) diz que os alunos entrevistados em sua pesquisa expuseram críticas à metodologia clássica de ensino, assim como a maioria defendeu o

uso de modelos e analogias como elementos facilitadores do processo ensino-aprendizagem.

Segundo Yamazaki e Yamazaki (2006) o ensino empregando brincadeiras, jogos, desafios etc., parece provocar aprendizagem mais eficiente, em que os estudantes, além de se manifestarem mais dinâmicos quando em meio ao processo, mostram-se também dispostos a continuar a aprendizagem mesmo que em outros contextos.

Tradicionalmente os jogos, as brincadeiras e o brinquedo são considerados como recursos lúdicos. Kishimoto (2005) caracteriza esses recursos como: a) resultado de um sistema linguístico que funcionou dentro de um contexto social; b) um sistema de regras e c. como objeto. A autora distingue o brinquedo como uma relação íntima com a pessoa, aliado à indeterminação quanto ao uso, ou seja, ausência de regras para sua utilização. Define brincadeira como a ação que a pessoa desempenha ao concretizar as regras do jogo, o lúdico em ação. Dessa forma, brinquedo e brincadeira relacionam-se diretamente e não se confundem com o jogo. Além disso, esta autora afirma que o brinquedo engloba duas funções: a lúdica e a educativa, que devem coexistir em equilíbrio, porque se a função lúdica prevalecer não passará de um brinquedo e, se a função educativa for predominante, será apenas um material didático.

Apesar disso, são escassas as investigações sobre as vantagens da utilização de jogos e brincadeiras como recursos didáticos para além da Educação Infantil. Pereira et al. (2012) elaboraram levantamento específico em eventos acadêmicos da área no Brasil, como os Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia (EPEB), Encontro de Pesquisadores em Ensino de Ciências (ENPEC) bem como o Encontro Regional e Nacional de Ensino de Biologia (EREPIO e ENEPIO); no período de 2002 a 2011. Esses autores encontraram 45 trabalhos versando sobre jogos didáticos, sendo esses bastante diversificados, e de diferentes tipos e formas de ensino-aprendizagem, abordando melhor uma ou outra habilidade específica. Contudo, verificaram que "boa parte deste material não está disponibilizada de forma direta ou com o detalhamento necessário, tanto do ponto de vista de como é o jogo em questão, quanto se ele foi validado em experiências reais de ensino (Pereira et al., 2012, p.12)". Biotecnética está disponível para download gratuito em www.profarianne.blogspot.com.br.

Pereira et al. (2012) apontam que os jogos podem ser produzidos em vários níveis, com potencial utilização desde a formação básica até a graduação. Demonstram a importância dos jogos didáticos para o ensino, revelando seu potencial de emprego a professores e alunos, salientando que as estratégias de educação nem sempre devem ser formais.

Dessa forma, a Genética tem se caracterizado como uma área que apresenta grandes deficiências provenientes das dificuldades enfrentadas por alunos e professores durante o processo de ensino-aprendizagem, tornando necessárias atividades diferenciadas que complementem o ensino desse

conteúdo e proporcione ao aluno maior compreensão e, se possível, de forma mais prazerosa.

Metodologia

As escolas e os participantes da pesquisa

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Maringá (parecer Nº 728/2011). O acesso às escolas e aos alunos se deu conforme o disposto na Resolução 169/96 do Ministério da Saúde (Conselho Nacional de Saúde do Brasil, 1996).

O emprego do jogo denominado Biotecnétika se deu em dois colégios da rede estadual da cidade de Maringá – PR, identificadas por B e C, com turmas do 3º ano do Ensino Médio do período matutino e noturno, uma vez que Genética é abordada nessa série, pois depende de conhecimentos adquiridos nas séries anteriores. Do colégio B participaram as três turmas do período matutino (B1, B2 e B3) e outra do período noturno (B4). A turma B1 tinha 38 alunos de 16 a 18 anos, a turma B2 tinha 28 alunos de 16 a 18 anos, a turma B3 tinha 29 alunos de 17 a 19 anos e a turma B4 tinha 45 alunos de 16 a 21 anos. Nem todos os alunos concordaram em participar, e no total foram 84 alunos participantes.

No Colégio C foram três turmas no período matutino (C1, C2, C3). A turma C1 tinha 20 alunos, a turma C2 tinha 26 alunos e a turma C3 tinha 23 alunos, com idades de 16 a 18 anos. Concordaram em participar 30 alunos.

O jogo

O jogo Biotecnétika (Biotecnologia+Genética) está composto por 84 cartas, subdivididas nas denominadas: cartas tema (26) e cartas conceito (58). O jogo consiste em relacionar uma ou mais cartas-conceito às cartas-tema, sendo que para uma mesma carta-tema pode haver diversas cartas-conceito. Da mesma forma as cartas-conceitos podem estar relacionadas a mais de uma carta-tema. Podem participar até cinco jogadores, sendo que um deve ser nomeado juiz e não participa da atividade, tendo como função avaliar se as cartas-conceito estão relacionadas corretamente às cartas-tema com o auxílio da folha de respostas. Durante o jogo, os alunos se revezam no papel de juiz, sendo um aluno diferente para cada partida.

Procedimentos

Os professores trabalharam o tema Genética com as turmas de acordo com suas próprias metodologias e seleção de conteúdos. Souza e Santos (2010) alertam que antes de se utilizar uma atividade lúdica, os educadores primeiro devem abordar e discutir o conteúdo com o aluno, para só depois aplicar a atividade. Desta forma, o jogo foi introduzido após as turmas terem terminado o período de aulas sobre o conteúdo de Genética com seus professores de Biologia.

Aplicação das atividades

Como forma de apurar o conhecimento adquirido pela turma, o primeiro momento da atividade constitui-se na elaboração de um mapa conceitual coletivo. Optou-se pelo mapa coletivo pela dificuldade apresentada pelos alunos de elaborá-lo individualmente, verificado na turma piloto composta por 28 alunos. Essa fase teve a duração de uma aula (50 minutos). Inicialmente compôs-se uma exposição sobre o que são mapas conceituais e como deveriam ser construídos. O objetivo dessa etapa foi o de avaliar o conhecimento prévio que os alunos teriam sobre Genética. O mapa elaborado coletivamente iniciava com o termo "Genética" escrito no quadro de giz e conforme os alunos iam relacionando o conceito de Genética à outros conceitos, a pesquisadora adicionava os novos termos ao mapa, fazendo as ligações sugeridas pelos alunos. Uma cópia desse mapa foi arquivada para a confrontação com o mapa feito após a aplicação do jogo.

O segundo momento foi o jogo propriamente dito. Para tanto os alunos se organizaram em grupos. Dependendo da turma, essa atividade teve duração de uma (B2, C1, C2 e C3) ou duas aulas (B1, B3 e B4).

O terceiro momento foi a aplicação de um questionário com o intuito de conhecer a opinião dos estudantes em relação a utilização do recurso e se o assunto foi compreendido de maneira mais eficiente com a aplicação dele.

O quarto e último momento foi a elaboração de um segundo mapa conceitual, de forma individual, para a confrontação com o primeiro, permitindo a verificação da validade do jogo como recurso didático-pedagógico, facilitador do processo de ensino-aprendizagem. Foi solicitado que os alunos construíssem esse mapa envolvendo os conceitos vistos durante as aulas sem a utilização de materiais de consulta (tais como primeiro mapa, caderno, livros, foto do primeiro mapa, etc).

As duas últimas fases tiveram a duração de uma aula.

Durante a aplicação do jogo, os professores puderam participar da atividade e posteriormente responderam a um questionário para a obtenção de sua avaliação sobre a viabilidade da aplicação do jogo em sala de aula no cotidiano escolar.

Questionário

Aos alunos, solicitou-se que indicassem a idade e respondessem a um questionário com as seguintes perguntas:

1. O que você achou do jogo?
2. Você entendeu melhor a matéria com jogo? Por quê?
3. O que você mudaria no jogo?

Foram analisados somente os questionários com todas as questões respondidas.

Para os professores o questionário continha as seguintes perguntas:

1. Analise o jogo. Do ponto de vista didático, essa atividade melhoraria o processo de ensino-aprendizagem com seus alunos? De que forma?
2. O que você mudaria no jogo?

Mapas conceituais

O uso de mapas conceituais deu-se por tratar-se de um método que permite avaliar uma possível mudança de conhecimentos adquiridos pelos alunos. Novak (1984) acredita que o uso de mapas conceituais seja um registro eficiente de avaliação, pois a partir de sua experiência, outras formas escritas não estimam de forma fidedigna o conhecimento. Segundo Souza (2005) estas técnicas (provas escritas, trabalhos, exposições e seminários), embora pareçam óbvias, não exploram a gama completa de possibilidades para averiguar a aprendizagem. Por outro lado, ainda segundo Souza (2005), a construção de mapas conceituais permite:

A verificação dos conceitos apreendidos pelos alunos, além das relações que foram feitas entre os conceitos; As lacunas de aprendizado ficam evidentes, assim como os conceitos errôneos; Os pré-conhecimentos dos alunos são agregados àquilo que aprenderam recentemente, de forma que possam construir pontes cognitivas entre os conceitos (Souza, 2005, p.7).

Nessa pesquisa adaptaram-se as etapas de construção do mapa de Silva e Souza (2007) devido ao número de aulas que nos foi fornecido. Além disso, Nunes e Pino (2008) sugerem que os alunos construam o mapa a partir de um único conceito e que os demais sejam dispostos explicitando suas relações a fim de verificar a aprendizagem.

A análise dos mapas conceituais se deu por contraste do primeiro mapa com o segundo, verificando as mudanças ocorridas entre eles. A pretensão foi de que as alterações viessem a expressar a evolução ocorrida, isto é, o desenvolvimento progressivo de uma ideia, conforme o sentido da língua portuguesa (Ferreira, 1995), seja com o acréscimo de conceitos ou a modificação das ligações entre os conceitos já apresentados.

Para a análise foram selecionados de três a cinco mapas de cada turma. Como o uso dos mapas foi apenas para investigar a aprendizagem oferecida pelo jogo, alguns critérios foram elencados para se obter um parâmetro no sentido de possibilitar a observação do desenvolvimento dos conceitos. Mapas pouco elaborados, repetidos ou semelhantes ao coletivos não propiciavam essa possibilidade. Desse modo, estabeleceu-se como critério que:

1. O autor do mapa deveria ter participado de todas as etapas das atividades;
2. O mapa deveria ser sobre o tema "genética", estar legível e apresentando clareza.
3. Mapas elaborados com o auxílio de material de apoio (caderno/livro) foram descartados;

4. O mapa deveria ter, além dos conceitos básicos (genética → genes → alelos), ao menos outros 15 conceitos, de forma a ser abrangente e, sempre que possível, estabeleceu-se a seleção do maior número de conceitos;

5. Descarte de mapas quando iguais, visto que deveriam ser de autoria individual;

6. Ter conceitos/ligações diferentes das apresentadas no mapa coletivo, evitando assim a análise de cópias do primeiro mapa.

7. Caso em alguma turma o número de mapas fosse insuficiente, optou-se por aceitar mapas com números de conceitos entre 10 e 14, desde que se enquadrassem nos critérios anteriores (com exceção do critério número 4).

A análise dos mapas foi realizada tendo como base Silva e Souza, 2007; Tavares, 2007; Nunes e Pino, 2008. Dessa forma, os mapas foram classificados de acordo com Tavares (2007) – o tipo aranha e o clássico hierárquico – e as ligações foram analisadas de acordo com o critério das relações inter-conceituais de Silva e Souza (2007). Elaboraram-se os seguintes critérios para análise das modificações ocorridas usando como base Nunes e Pino (2008):

1. Nova ligação (NL): Acréscimo de nova informação ao mapa, adequada – sinalizada em azul (figura 01);

2. Rearranjo (R): Realocação de informações presentes no primeiro mapa, adequada – sinalizada em verde (figura 01);

3. Nova ligação confusa (NLC): Acréscimo de uma nova informação, inadequada – sinalizada em vermelho (figura 01);

4. Rearranjo confuso (RC): Realocação de informações, inadequada – sinalizada em roxo (figura 01).

Partiu-se do pressuposto de que quanto maior o número de ligações adequadas em relações às confusas, haveria uma indicação de que o jogo teria ajudado a aprimorar os conhecimentos do aluno, funcionando como um facilitador do processo ensino-aprendizagem. Considerou-se a hipótese de que somente os alunos que aprenderam saberiam como ligar os termos adequadamente.

Um fator a salientar é a de que em nenhum momento procurou-se investigar se houve aprendizagem significativa ao invés da memorística, como proposto por Ausubel (citado em Novak, 1984) e utilizada por Novak (1984) para elaborar a teoria dos mapas conceituais. O intuito neste estudo foi verificar se o jogo criado se constituiu em um recurso facilitador do processo de ensino-aprendizagem, observando se houve alguma mudança após a atividade do jogo, o que poderia estar evidenciado na evolução do mapa conceitual.

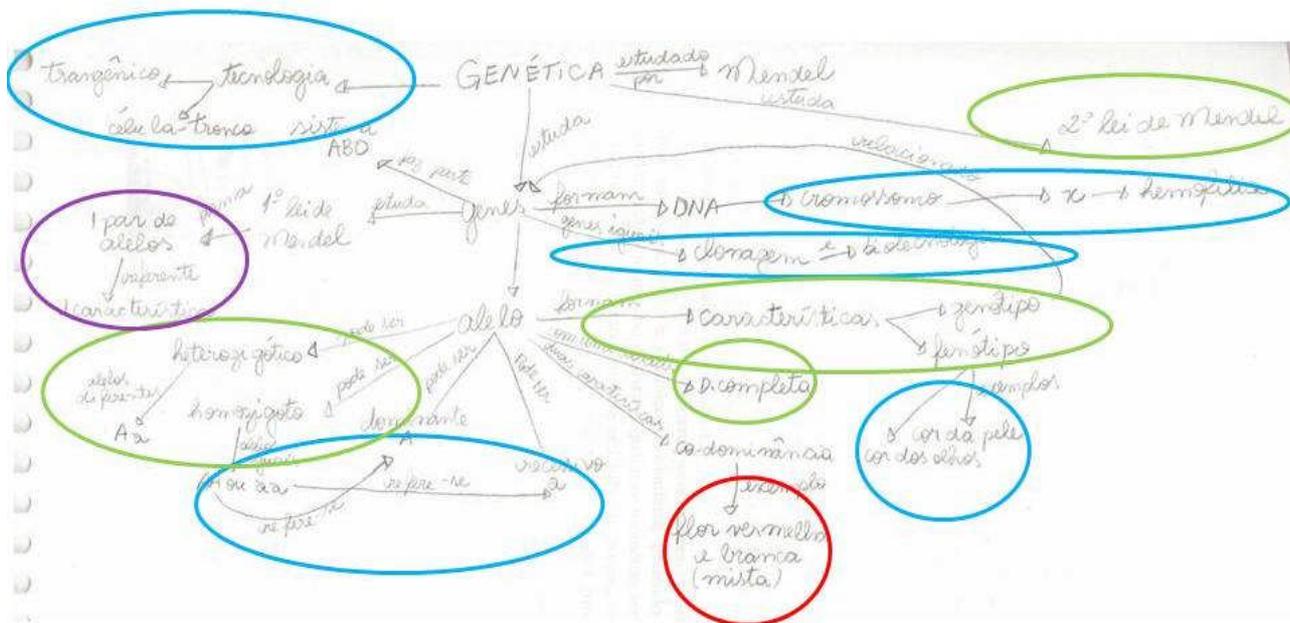


Figura 1.- Exemplo de análise de mapa conceitual individual.

Resultados

Durante a elaboração do mapa coletivo, entrevistou-se o menos possível. Quando os alunos davam uma ideia como, por exemplo, “dominante”, simplesmente perguntava-se “em que lugar coloco o dominante?” e, então, outro aluno respondia “Ah, liga no alelo”. Dessa forma, um aluno dava uma ideia e o outro já complementava e assim os mapas foram construídos.

Turma	Total	1ª fase	2ª fase	3ª fase	% 3ª fase	4ª fase	% 4ª fase
B1	38	38	38	29	76%	29	76%
B2	28	28	28	17	61%	15	53%
B3	29	29	29	19	65%	19	65%
B4	45	45	45	19	42%	19	42%
B Manhã	95	95	95	65	68%	63	66%
B Noite	45	45	45	19	42%	19	42%
B Total	140	140	140	84	60%	82	58%
C1	20	20	20	8	40%	8	40%
C2	26	26	26	14	54%	14	54%
C3	23	23	23	8	35%	6	26%
C Total	69	69	69	30	43%	23	33%
Total	211	211	211	114	54%	105	50%

Tabela 1.- Participação dos alunos em cada fase da pesquisa.

Houve um decréscimo a partir da atividade três, como pode ser observado na tabela 01.

Análise dos questionários

Para a questão 01, "o que você achou do jogo?" 94% (N = 102) das respostas foram positivas, tais como: interessante e legal. Houve um pequeno percentual (N = 7, 6%) de respostas negativas (confuso, complicado, regular), indicando que os participantes gostaram das atividades. Observou-se que o uso desse tipo de atividade estimula um maior empenho e dedicação dos alunos para o conteúdo abordado.

Nos dois colégios constatou-se um percentual de respostas positivas expressivamente maior que negativas, tendo o colégio B, 93% (N = 75) de respostas positivas e o C, 96% (N = 27). Comparando-se os dados entre os turnos, os resultados foram análogos, tendo o período matutino 95% (N = 60) de respostas positivas e o noturno 83% (N = 15).

Quanto ao questionamento referente a se o jogo ajudou de alguma forma um melhor entendimento da matéria, 60% (N = 65) dos alunos responderam que sim. Para a confirmação desses dados foi feita a análise dos mapas conceituais, o que será discutido mais adiante. Dados parecidos foram encontrados por Bedor *et. al.* (2011), que elaboraram um jogo abordando a expressão gênica e empregaram um questionário para a avaliação dessa atividade.

As manifestações dos alunos sobre o jogo foram: "porque o jogo é interessante", "porque éramos obrigados a pensar mais", "porque descobri coisas novas" ou, "porque é confuso", "porque eu prefiro a professora explicando" e até "nem por desenhos aprendo biologia".

Comparando-se as respostas afirmativas sobre a percepção de como o jogo contribuiu na compreensão do conteúdo, contrastou-se 52% (N=33) no período matutino para 61% dos alunos do turno da noite. Entre os colégios os resultados evidenciando os aspectos positivos do jogo foram de 54% (N = 44) de respostas "sim" no colégio B e 75% (N = 21) no colégio C.

Embora a maioria dos alunos aprovasse o jogo e afirmasse que não havia necessidade de alterações (N = 59; 54%), alguns sugeriram mudanças para um aprendizado mais eficaz. Dentre estas, sugeriu-se que a de que seria interessante a troca da folha de respostas (N = 24, 22%), para que a mesma fosse redigida em forma de texto com tópicos e não um texto "corrido", o que foi acatado. Outra sugestão (N = 11, 10%) citava que as cartas deveriam ser "mais explícitas", referindo-se ao fato do vocabulário utilizado no jogo ser muito difícil e complexo. Neste caso não há como atender a esta recomendação visto que a terminologia utilizada pela Genética ser própria desse ramo da Biologia. A categoria "cartas mais explícitas" refere-se também à elaboração das relações entre as cartas, pois apontaram que uma carta-tema deveria estar relacionada somente a uma carta-conteúdo, o que não é possível, pois o objetivo do jogo é justamente obter o maior número de relações possíveis entre os conteúdos de Genética e além do mais, é essa

“jogabilidade” que o torna interessante do ponto de vista didático, permitindo aos alunos pensar em várias relações possíveis entre as cartas-conteúdo com as cartas-tema.

O colégio B apresentou 25% (N = 20) de respostas sugerindo mudanças na folha de respostas, seguido por 11% (N = 9) na categoria “cartas mais explícitas”. O colégio C apresentou 14% (N = 4) das sugestões de mudanças sobre folha de resposta e 7% (N = 2) sobre “cartas mais específicas”. Ao analisar-se por turno, os que mais apresentaram dificuldades com a folha de resposta em forma de texto foram os alunos do período noturno (N = 7, 39%).

Análise dos mapas conceituais

Os mapas construídos foram os primeiros elaborados por estes alunos e, provavelmente por este fato, apresentaram alguma dificuldade na sua realização, principalmente quando houve solicitação da elaboração individual.

Outro dado a considerar foi que o primeiro mapa conceitual foi coletivo, o que provavelmente possibilitou maior riqueza de conteúdo do que os individuais após o jogo. Observa-se que na construção do primeiro mapa, os alunos tentaram inserir o maior número de dados possível. Na elaboração do segundo mapa houve várias manifestações verbais de insegurança pelo medo de errar como “e se eu ligar tudo errado?”, “e se não ligar as coisas certas?”.

Nunes e Pino (2008) afirmam que os estudantes ficam inseguros em relação a esse tipo de avaliação, pois estão acostumados a serem avaliados com relação a quantidade de respostas prontas e corretas, sendo observado que os alunos priorizam os conceitos que tenham maior garantia. Ainda segundo esses autores, o fato de não especificarem os conceitos que deveriam ser inseridos nos mapas, explica a grande variedade na quantidade de termos abordados. Notou-se fato semelhante nessa pesquisa.

Deve-se esclarecer que as etapas de elaboração de um mapa conceitual, conforme apresentadas por Novak (1984), não foram seguidas a risca neste estudo por haver poucas aulas disponíveis para todo o processo desta investigação. Assim sendo, foi mais conveniente utilizar a metodologia de Nunes e Pino (2008) e adaptar os passos propostos por Silva e Souza (2007). Deste modo, selecionou-se para o primeiro mapa, como conceito chave, a palavra GENÉTICA e para o segundo, a base do primeiro mapa: GENÉTICA, GENES e ALELOS. Isso exercitou a habilidade dos alunos na construção dos mapas, na medida em que se instruiu que construíssem o mapa partindo deste e que os demais conceitos estudados e/ou empregados na atividade do jogo (na segunda fase) fossem também dispostos sempre explicitando quais as relações existentes entre os mesmos.

Colégio B

Das turmas da manhã, B1 foi a que apresentou o maior número de participantes (29 alunos) e também a que aparentemente mais se empenhou em participar do jogo. A turma B2 teve 17 alunos participantes, sendo que quando propôs-se a construção do segundo mapa, boa parte destes utilizaram-

se do livro ou copiaram do colega, o que dificultou a seleção dos mapas. Na turma B3 19 alunos colaboraram, tendo ocorrido situação semelhante à turma B2 para a elaboração do segundo mapa.

A partir da análise dos mapas pode-se inferir que, para os alunos que concordaram em realizar o mapa individual da turma B1, os diferentes tipos de dominância não tinham tanta importância. Este aspecto havia sido considerado no primeiro mapa, no entanto, em todos os segundos mapas, esta questão foi esquecida ou somente citada. De forma geral, ao se considerar que todos os mapas analisados demonstraram um número maior de ligações adequadas que inadequadas, pode-se deduzir que o jogo parece ter funcionado como um facilitador no processo-aprendizagem em Genética.

Para a turma B2, os resultados foram inconclusivos. No entanto, é possível inferir que apesar da lei de Morgan ter sido considerada no mapa coletivo, os alunos não possuíam um conhecimento mais profundo desse tópico, uma vez que tal dado não apareceu nos mapas individuais, o mesmo ocorrendo com os conceitos de homocigótico e heterocigótico.

Dos resultados da turma B3, a análise dos mapas foi semelhante à B2. Entretanto, ao se considerar que todos os mapas analisados demonstraram um número de ligações adequadas maior que inadequadas, induz-se que o jogo provavelmente funcionou para essa turma como um facilitador do processo-aprendizagem de genética.

Na turma B4 empregando os critérios de escolha, houve cinco mapas passíveis de análise. Destes cinco, dois mostraram que o jogo teve uma influência positiva, dois que não ajudou nessa melhora e o último fez um mapa propositalmente "diferente". Segundo Goldbach (2006), alunos de escolas estaduais, em especial do turno da noite, apresentam realidade de ensino deficitária, com pequena carga horária nas disciplinas declaradas.

Turmas	Total	Auxiliou	Inconclusivo	Não Auxiliou
B1	5	5		
B2	4		3	1
B3	5	4	1	
B4	5	2	1	2
B (total)	19	11	5	3

Tabela 2.- Resultado quantitativo da análise dos mapas para o colégio B.

Apesar de resultados inconclusivos e negativos (Tabela 2), pode-se observar que o jogo obteve êxito no processo ensino-aprendizagem em 11 dos 19 casos analisados, indicando melhora no conhecimento dos alunos, sendo que para 5 não foi possível estimar evolução e em 3 constatou-se não haver auxiliado.

Comparando os turnos

Comparando-se os dois períodos do Colégio B (manhã e noite – Tabela 3) o jogo parece ter funcionado melhor no período diurno.

Colégio C

Participaram oito alunos da turma C1. Dos oito mapas elaborados por estes, somente três obedeceram os critérios de escolha para análise. A turma C2 teve a maior participação neste colégio, com um total de 14 alunos (54%). A turma C3 teve a menor participação com seis alunos (26% do total), o que dificultou a seleção dos mapas, visto que somente três se enquadraram nos critérios de escolha.

Turmas	Total	Auxiliou	Inconclusivo	Não Auxiliou
B Manhã	14	9	4	1
B Noite	5	2	1	2

Tabela 3.- Resultado quantitativo da análise dos mapas para os dois períodos do colégio B.

A partir das análises dos mapas, podemos considerar que, para os alunos participantes do colégio C, o jogo revelou-se como uma ferramenta auxiliadora no processo de ensino-aprendizagem, pois a maioria dos participantes conseguiu estabelecer ligações adequadas (Tabela 4). Dessa forma, considera-se a hipótese de que Biotecnética colaborou para aperfeiçoar o conhecimento pré-existent dos participantes.

Turmas	Total	Auxiliou	Inconclusivo	Não Auxiliou
C1	3	2	1	
C2	5	3		2
C3	3	2	1	
C (total)	11	7	2	2

Tabela 4. – Resultado quantitativo da análise dos mapas para o colégio C.

Comparando os colégios

Não houve diferenças significativas entre os dois colégios, como pode ser observado na Tabela 5, uma vez que o jogo denotou ser uma ferramenta bem sucedida no processo de ensino-aprendizagem em ambos.

Colégios	Mapas Total	Auxiliou	Inconclusivo	Não Auxiliou
B	19	11	5	3
C	11	7	2	2
TOTAL	30	18	7	5

Tabela 5.- Resultado quantitativo da análise dos mapas, comparando os dois colégios.

Análise questionários versus mapas

Na verificação dos mapas obtidos, percebeu-se que dos 30 mapas analisados e comparados com o mapa coletivo da turma, 18 mostraram melhora do aprendizado considerando o número de NL e R em relação a NLC e RC. Assim sendo, observou-se que para 60% dos alunos (N=18) o jogo teve uma influência positiva, auxiliando no processo de compreensão do tema.

Quando perguntou-se aos alunos se o jogo ajudou de alguma forma a entenderem melhor a matéria, a percepção subjetiva dos participantes foi predominantemente positiva (94%, N=102).

Observando-se os resultados dos questionários e dos mapas conceituais, em 60% dos casos, pode-se atribuir resultados positivos, isto é, favoráveis ao uso ou à possibilidade de contribuir com a aprendizagem.

A opinião dos professores

Participaram dois professores, sendo um responsável pelas turmas do colégio B e o outro do colégio C. Ambos participam das atividades e foi solicitado que expressassem sua opinião respondendo a um questionário. É relevante salientar que houve a manifestação da aprovação do jogo por ambos. Coincidentemente sugeriram mudanças semelhantes, principalmente quanto à adaptação do jogo para diversas realidades, permitindo que o próprio professor pudesse realizar alterações na configuração do jogo, adaptando-o, portanto para a realidade de suas turmas.

Discussão

De acordo com as manifestações espontâneas, bem como a partir da análise dos depoimentos dos questionários, concluí-se que os estudantes aprovaram a atividade lúdica, além da observação de que o uso desse tipo de atividade estimulou maior empenho e dedicação dos alunos no conteúdo abordado. Tal fato, já evidenciado por vários autores (Kishimoto, 1995, 2002, 2005; Kato et al., 2003; Balbinot, 2005; Machado citado por Cabrera, 2006; Bedor et al., 2011; Pereira et al., 2012) ocorre porque esses se interessam por atividades diferenciadas, o mesmo tendo ocorrido nesse estudo. Para Machado (citado por Cabrera, 2006), isso é possível porque o lúdico impulsiona naturalmente o prazer pelo estudo, proporcionando aos alunos mais alegria.

Além disso, Biotecnética estimulou a interação entre os participantes, demonstrado pelo intenso intercâmbio de informações entre o grupo. Segundo Balbinot (2005), quando brincamos, nessas situações de aprendizagem, além de estarmos aprendendo os conteúdos, estamos também desenvolvendo as relações sociais bem como atitudes como coleguismo, por exemplo.

Pode-se observar alunos auxiliando na aprendizagem de outros, devido tanto à dinâmica do jogo quanto à de grupo. Como Bedor et al. (2011) citam em seus estudos que o objetivo dessas atividades é de ensinar o conteúdo de forma ativa por meio de uma estratégia didática inovadora, meta que foi atingida na presente pesquisa.

Os mapas conceituais foram analisados de maneira a reconhecer manifestações do que poderia ser um aprendizado dos alunos, caracterizado pelas mudanças ocorridas entre os dois mapas – o coletivo e o individual. Dessa forma, os mapas não se constituíram do objeto deste estudo, mas em um meio de auxílio na busca de evidências do conhecimento que o estudante pudesse ter adquirido.

Ainda com referência aos mapas, pode-se destacar a natureza da beleza expressa pelos mesmos e a ludicidade presente. De acordo com Schiller (2002, p.79), “com o agradável, com o bem, com a perfeição, o homem é apenas sério; com a beleza, no entanto ele joga”. Desta maneira, os mapas se configuram como uma representação estética dos alunos em função da ludicidade experimentada na realização destes.

A análise dos mapas, do ponto de vista educacional, demonstrou que certos conceitos como: diferentes tipos de dominância, homozigótico e heterozigótico, e até mesmo as duas leis de Mendel, não possuíam importância para esses alunos. Considerando que os professores envolvidos relataram que os conceitos básicos da Genética foram muito bem trabalhados em sala de aula, sendo priorizados em relação à parte considerada mais complexa – pleiotopia, epistasia, heranças ligada e limitada ao sexo – pode-se supor que os alunos tenham tido uma compreensão muito boa destes tópicos, não os ponderando como relevantes para serem apresentados no mapa, possivelmente porque não foram identificados como pertencentes ao universo proposto, uma vez que esses conteúdos frequentemente são apresentados de forma clássica. Esse tipo de privilégio dos tópicos clássicos em relação aos considerados mais complexos já foi constatada por Goldbach (2006):

A genética escolar tende a ser um jogo de letras maiúsculas e minúsculas e as divisões celulares se apresentam de forma descritiva em relação às fases com suas características peculiares. A beleza e a compreensão do processo de herança, apresentada nos trabalhos originais [...] se perdem nesta visão fragmentada. (Goldbach, 2006, p.78).

Mesmo no contexto da genética clássica, o ensino de fenômenos como poligenia (interação gênica), epistasia, pleiotropia, poderiam ter suas atenções acentuadas, uma vez que estes são extremamente recorrentes nos organismos; enquanto o que é mais raro, isto é, a herança do tipo mono-hibridismo, é tomada como regra, regra geral talvez pela omissão de explicações adicionais, e induz a uma compreensão simplificada da herança e de seus mecanismos. (Goldbach, 2006, p.66).

A crítica quanto aos termos empregados no jogo demonstra a dificuldade na apreensão de um vocabulário considerado difícil e complexo, assim como da necessidade de seu emprego de uma forma mais frequente, o que possibilitaria maior familiaridade com os mesmos. Quanto a este tópico, o mesmo ainda expressa a não apropriação por parte dos alunos de uma linguagem mais elaborada e científica. A dificuldade dos alunos se apoderarem da linguagem científica em Biologia pode decorrer do fato destes se acostumarem a

memorizar tais termos só para ocasião de avaliação, tendendo a descartarem o conhecimento apenas mnemônico. Por outro lado, isso também se deve a simplificação dos conteúdos e o privilégio de alguns tópicos em detrimento de outros.

[...] usualmente incluídos nos capítulos finais dos livros ou dos programas escolares, como, por exemplo, interação gênica, pleiotropia, epistasia, com o objetivo de reposicioná-los, em grau de importância, como processos muito mais frequentes que os da determinação simples, é um algo a ser considerado na "genética escolar". (Goldbach, 2006, p.239).

A análise dos mapas também tornou possível perceber algumas lacunas na compreensão da genética básica. A maioria dos alunos, quando da elaboração dos mapas, apresentou dificuldades em relacionar os conceitos básicos. Na disposição dos mapas, tudo parece 'girar' em torno do gene, mostrando que tendem a materializar esse conceito e que possuem a definição clássica de que 'gene é um segmento de DNA que codifica um produto funcional, seja um RNA ou um polipeptídeo' (Joaquim e El-Hani, 2010). Como demonstra Keller (2011), essa definição já não é mais pertinente, pois há genes interrompidos, *splicing*, *splicing* alternativos, operon... Contudo, para El-Hani (2005) é esse modelo que predomina nas escolas.

Todavia, será que os alunos estão preparados para entender toda a complexidade apresentada pelo conceito de gene? Pode-se observar nesta e em outras pesquisas, eles não têm sequer a oportunidade de saber o que é uma pleiotopia, o que dirá edição de RNA e *splicing*? Ou ainda, a aprendizagem tradicional não oferece a possibilidade de conhecimento de elementos mais complexos, pois calcada na memorização, esses termos se tornam incompreensíveis e até mesmo inacessíveis.

Inseriu-se a noção clássica no jogo, visto que os alunos participantes aprenderam este conceito em sala de aula e já estavam familiarizados, evitando assim um conflito de concepções durante a atividade. No entanto, é importante que sejam explicitadas as inúmeras restrições que esse modelo apresenta, assim como a procura de uma nova definição/reformulação:

[...] vimos que por si só, o DNA não é capaz de garantir sua própria fidelidade de uma geração à seguinte – que ele requer auxílio de uma complexa maquinaria de edição, revisão e reparo. [...] Nos organismos superiores, a seqüência de DNA não se traduz automaticamente em uma seqüência de aminoácidos, nem é suficiente, por si mesma, nos dizer quais proteínas serão produzidas em uma dada célula ou dado estágio do desenvolvimento. [...] Pode a linguagem da genética ser revista para englobar esses efeitos ou ela precisa ser suplementada com termos e conceitos totalmente diferentes? (Keller, 2011, p 156-157).

É preciso que essa perspectiva clássica mude, não intempestivamente, mas aos poucos, dando espaço para que se possa refletir sobre tais restrições:

Uma perspectiva interacionista, reconhecendo os genes como participando de uma complexa rede de interações com elementos da célula e do ambiente, mostrando-se tão “determinadores” das características genéticas como “determinados” pelas condições de seu entorno, precisa ser incorporada no contexto do ensino.[...] Pensando ainda na linguagem e em expressões da área, a troca da expressão “gene para... (certa característica)” para “gene que afeta... (tal característica)” pode ser uma estratégia favorecedora de uma visão não determinista, mas reconhecedora do papel, não excessivamente central dos genes e do DNA. (Goldbach, 2006, p.239-40).

Assim sendo, compartilha-se a ideia de que o aluno deve começar a entender que “não é o DNA que *faz coisas com* a célula; antes, é a célula que *faz coisas com* o DNA” (El-Hani, 2005, p.10, grifos do autor).

O fato de que 60% dos mapas analisados demonstrassem um número maior de ligações adequadas que inadequadas, o que pode ser considerado como manifestações de aprendizagem, sugere que o jogo possa ter funcionado como um facilitador do processo-aprendizagem em Genética. Esse resultado também foi corroborado pela percepção dos alunos demonstrado nos questionários, afirmando que o jogo os auxiliou na aquisição deste conhecimento. Há que se ressaltar o fato de que os resultados foram semelhantes nos dois colégios indicando aspectos positivos do seu emprego com estudantes do Ensino Médio.

Conclusões

Após as considerações apresentadas, pode-se concluir que Biotecnética denotou ser um mediador positivo no processo de conhecimento de Genética, potencializando a aprendizagem dos alunos, podendo ser utilizado na forma que se encontra ou adaptado pelos professores para que possa ser amplamente utilizado dentro das diferentes realidades, sendo criadas novas regras para o seu desenvolvimento, até mesmo acrescentando ou retirando elementos conceituais.

Além disso, o jogo estimula os alunos a estudar o conteúdo previamente para que possam ter uma melhor participação nos jogos, que por ser uma brincadeira em equipe, possibilita melhor compreensão e interligação dos conteúdos dados em aula.

Este estudo teve como objetivo colaborar na discussão sobre a importância do uso de atividades lúdicas como metodologia alternativa para a melhora do ensino de Biologia. Contribui no entendimento de que jogos que empregam materiais simples em sua elaboração podem ser construídos por alunos e professores, além de ser de fácil aplicação em sala de aula.

Implicações

A maior contribuição didática desse jogo encontra-se nas várias relações possíveis entre as cartas, evidenciando a complexidade do assunto abordado, que uma vez dominado, permite maior potencial de possibilidades ao jogador.

Este estudo também abre oportunidades para elaborar e experimentar jogos de dinâmica semelhante para o ensino de outros conteúdos da Biologia, assim como de outras disciplinas, tais como História, Geografia, Física, Química, ou ainda com temática inter/multidisciplinar.

Referências bibliográficas

Bahar, M, Johnstone, A.H. e M.H. Hansel (1999) Revisiting learning difficulties in biology. *Journal Biology Education*, 33, 2, 84-86.

Balbinot, M.C. (2005) Uso de modelos, numa perspectiva lúdica, no ensino de Ciências. *Anais do IV Encontro Ibero-Americano de Coletivos Escolares e Redes de Professores que Fazem Investigação na sua Escola*.

Banet, E. e E. Ayuso (1995) Introducción a la genética en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato: contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 2, 137-153.

Bedor, P.B.A., Silva, V.S. da, Gusmão, G.A do S. e T. Goldbach, (2011) Jogo "Genes & Interações – Caminhos a Percorrer": dinâmica e aceitação. *Anais do V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)*, IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do International Council of Associations for Science Education (ICASE).

Conselho Nacional de Saúde do Brasil (1996) *Resolução nº 196, de 10 de outubro de 1996*. Em: http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/reso_96.htm.

Cabrera, W.B. (2006) *A ludicidade para o Ensino Médio na disciplina de Biologia: Contribuições ao processo de aprendizagem em conformidade com os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa* [Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina.

Cantiello, A.C. e S.L.F. Trivilato, (2003) Dificuldades de vestibulandos em questões de genética. *Anais do IV ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. (CD-ROM).

Chu, Y. (2008) *Learning difficulties in genetics and the development of related attitudes in Taiwanese Junior High Schools*. [Doutorado em Educational Studies – Science Education]. Glasgow: Universidade de Glasgow.

Cid, M. e A.J. Neto, (2005) Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 1-5.

Çimer, A. (2012) What makes biology learning difficult and effective: students' views. *Educational Research and Reviews*. 7, 3, 61-71.

Dias, M.A. da S. (2008) *Dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de biologia: evidências a partir das provas de múltipla escolha do vestibular da UFRN (2001-2008)* [Doutorado em Educação]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

El-Hani, C.N. (2005) Controvérsias sobre o conceito de gene e suas implicações para o ensino de genética. *Anais do V ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. (CD-ROM).

Fabrício, M. de F.L., Jófili, Z.M.S., Semen, L.S.M. e A.M. dos A. Leão, (2006) A Compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 8, 1, 1-21.

Ferreira, A.B. de H. (1995) *Dicionário Aurélio básico da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.

Gericke, N. (2009) *Science versus School-science; multiple models in genetics - the depiction of gene function in upper secondary textbooks and its influence on students' understanding*. [Doutorado em Biology Education] Karlstad: Universidade de Karlstad.

Giacóia, L.R.D (2006) *Conhecimento básico de genética: concluintes do ensino médio e graduandos de ciências biológicas*. [Mestrado em Educação para a Ciência]. Bauru: Universidade Estadual Paulista.

Goldbach, T. (2006) *Entre receitas programas e códigos: as idéias sobre gene em diferentes contextos*. [Doutorado em Ciências em Engenharia de Produção]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Goldbach, T., Papoula, N.R.P, Sardinha, R.C., Dysarz. F.P. e B. Capilé, (2009) Atividades práticas em livros didáticos atuais de biologia: investigações e reflexões. *Revista Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, 1, 1, 63-74.

Haambokoma, C. (2007) Nature and causes of learning difficulties in genetics at high school level in Zambia. *Journal of International Development and Cooperation*, 13, 1, 1-9.

Infante-Malachias, M.E., Padilha, I.Q. de M., Weller, M. e S. Santos (2010) Comprehension of basic genetic concepts by Brazilian undergraduate students. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9, 3, 657-668.

Joaquim, L.M. e C.N. El-Hani (2010) A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. *Scientie Studia*, 8, 1, 93-128.

Kato, D. S., Pannuti, M.I. da R, Oliveira, P.C. de, Barbieri M.R., Araujo Júnior, W. de e J.F.Berci (2003) Jogo da trilha: uma prática pedagógica dinâmica no ensino de genética. *Anais do 49º Congresso Brasileiro de Genética*, 1328.

Keller, E.F. (2011) *O século do gene*. Belo Horizonte: Ed. Crisálida.

Kishimoto, T.M. (1995) *Jogos tradicionais infantis*. São Paulo: Editora Vozes.

Kishimoto, T.M. (2002) *O brincar e suas teorias*. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning.

Kishimoto, T.M. (2005) O Jogo e a educação infantil. Em Kishimoto, T.M, *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*. São Paulo: Editora Cortez.

Knippels, M.C.P.J. (2002) *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education: the yo-yo learning and teaching strategy*.

[Doutorado em Science and Mathematics Education]. Utrecht: Universidade Utrecht.

Loreto, E.L. da S. e L.M.N. Sepel (2006) *Formação continuada de professores de biologia do ensino médio: atualização em genética e biologia molecular*. Em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/formcont_ufsm.pdf.

Malafaia, G, Bárbara, V.F. e A.S. de L. Rodrigues (2010) Análise das concepções e opiniões de discentes sobre o ensino da biologia. *Revista Eletrônica de Educação*, 4, 2, 165-182.

Novak, J.D. e D.B. Gowin (1984) *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano.

Nunes, P e J. C.D. Pino (2008) Mapa Conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo. *Experiências em Ensino de Ciências*, 3, 1, 53-63.

Pereira, W.A., Souza, N.R., Silva, B dos A.F.S., Okuda, L.V.O. e T. Goldbach (2012) Jogos didáticos voltados para o ensino de biologia – ênfase em genética e temas correlatos. Em Goldbach, T. (Org.). *Jogos didáticos – temática genética e afins: Coletânea dos jogos - NEDIC & Levantamento da área*. Rio de Janeiro: IFRJ-Reitoria.

Primon, C.S.F. (2005) *Análise do conhecimento de conteúdos fundamentais de Genética e Biologia Celular apresentado por graduandos em Ciências Biológicas*. [Mestrado em Ciências Biológicas]. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

Scheid, N.M.J. e N. Ferrari (2006) A história da ciência como aliada no ensino de genética. *Genética na Escola*, 1, 17-18. Em: www.geneticanaescola.com.br.

Schiller, F. (2002) *A educação estética do homem numa série de cartas*. São Paulo: Editora Iluminuras.

Silva, G. da e, C.M.S.G. de Souza (2007) O uso de Mapas Conceituais como estratégia de promoção e avaliação da aprendizagem significativa de conceitos da calorimetria, em nível médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 2, 3, 63-79.

Smith, M.K. e J.K. Knigh (2012) Using the genetics concept assessment to document persistent conceptual difficulties in undergraduate genetics courses. *Genetics*, 191, 1, 21-32.

Souza, R.R. (2005) Uma experiência de uso de mapas conceituais para avaliação de conhecimentos. *Anais do Simpósio Mineiro de Sistemas de Informação*. Em: www.sbc.org.br/bibliotecadigital/download.php?paper=62.

Souza, N.R. de e L. dos Santos (2010) A ludicidade e o ensino de ciências em inhumas: das teorias às visões dos professores. *Anais do IV Seminário de Iniciação Científica* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/IFG, 01-04.

Tavares, R. (2007) Construindo mapas conceituais. *Ciências & Cognição*, 12, 72-85.

Teixeira, P.M.M. e J.M. Neto (2006) Investigando a pesquisa educacional: um estudo enfocando dissertações e teses sobre o ensino de biologia no Brasil. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11, 02, 261-282.

Topçu, M.S. e E. Şahin-Pekmez (2009) Turkish middle school students' difficulties in learning genetics concepts. *Journal of Turkish Science Education*. 6, 2, 55-62.

Tsui, C.Y. e D.F. Treagus, (2007) Understanding genetics: analysis of secondary students' conceptual status. *Journal of Research in Science Teaching*. 44, 2, 205-235.

Yamazaki, S.C. e R.M. de O. Yamazaki (2006) Sobre o uso de metodologias alternativas para ensino-aprendizagem de ciências. *Educação e Diversidade na Sociedade Contemporânea*. Anais da III Jornada de Educação da Região de Grande Dourados, 01-14.