

OS DESAFIOS DA DOCÊNCIA SUPERIOR - ARTICULANDO CONCEITOS BÁSICOS DA GENÉTICA COM JOGOS DIDÁTICOS

Alba Flora Pereira, Msc em Ensino de Ciências – flora.alba@gamil.com
Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão, Dr^a. - amanjos50@gmail.com
Zélia Maria Soares Jófili, PhD - jofili@gmail.com

O Ensino da Genética aborda inúmeros conceitos articulados no micro e macro universos (ex. DNA, genes, hereditariedade, probabilidades) trabalhados a partir de um pensamento reducionista e linear. Este é inadequado perante uma concepção holística do organismo vivo, resultante das interações de uma rede complexa de eventos (biológicos, físicos e químicos). É fundamental conhecer tais conceitos isoladamente e também abstraí-los, para aplicá-los a diversos contextos próximos à realidade do próprio aprendiz. Como os jogos didáticos são instrumentos que favorecem a compreensão e o interesse no estudo dos conteúdos, bem como a socialização, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver e aplicar dois novos jogos (*Trinca Genética* e *Dominogêneo*) como ferramentas diagnósticas das dificuldades de aprendizagem, utilizando conceitos básicos da Genética. Foram aplicados a docentes formadores de IES (redes públicas e privada) de Pernambuco, permitindo: (1) o estabelecimento de articulações/relações sistêmicas entre conceitos biológicos e de áreas afins; (2) constatar serem excelentes ferramentas diagnósticas, identificando dificuldades em estabelecer articulações e sobreposições, em uma visão sistêmica. Tais resultados conduzem a uma reflexão sobre os paradigmas e as práticas docentes.

Palavras-chaves: Docência (prática docente); Visão Sistêmica; Ensino de Genética; Jogos Didáticos.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre a docência superior na atualidade vem trazendo algumas reflexões acerca da importância da formação pedagógica do docente universitário sob um novo olhar, resultando publicações de artigos e livros como fator emergente (ODA; DELIZOICOV, 2011). Um dos pontos relevantes que vem sendo discutido é a descontextualização. Apesar de a Biologia fazer parte do dia-a-dia das pessoas, o ensino superior do curso/disciplina encontra-se desvinculado do contexto profissionalizante e também cotidiano, acarretando uma distância entre os conteúdos estudados em sala de aula e a realidade vivenciada fora dela. Seguindo esse raciocínio Lopes (2005, p.22) se contrapõe dizendo que “se os conteúdos programáticos tiverem uma aplicabilidade prática, terão maior probabilidade de serem apreendidos do que as teorias soltas e muitas vezes transmitidas de maneira incompreensível, desestimulante e inútil”.

Entre os conteúdos da Biologia, a Genética tem sido evidenciada nas últimas décadas, pois ela “ocupa uma posição central em toda a área biológica” e em vários aspectos de interesse humano (GRIFFITHS *et al.*, 2006, p.6). Uma vez que a Genética está presente na vida

cotidiana é impossível ignorar suas descobertas. Portanto, o ensino de seus fundamentos deve ser repensado de forma a acompanhar a mudança de paradigma no processo ensino-aprendizagem, principalmente quando os conteúdos são atrelados aos problemas do mundo, que aborda um conjunto de conceitos articulados do micro e macro universo, a exemplo de genes, DNA, características dominantes e recessivas, hereditariedade, probabilidades, dentre outros, e destes com o ambiente. Tal compreensão sistêmica da vida, está explicitado por Capra *et al.* (2006, p. 14):

A compreensão sistêmica da vida que hoje está assumindo a vanguarda da ciência baseia-se na compreensão de três fenômenos básicos: o padrão básico de organização da vida é o da rede ou teia; a matéria percorre ciclicamente a teia da vida; todos os ciclos ecológicos são sustentados pelo fluxo constante de energia proveniente do sol.

A apropriação/articulação do conteúdo específico nas atividades em sala de aula promove um sentido e um significado prático, favorecendo a compreensão da Biologia como um conjunto integrado de fenômenos, desde a mais ínfima partícula da matéria viva até sua inserção no contexto de um todo mais amplo (CAPRA, 1996). Por isso, a importância de reconhecer a complexidade estrutural e funcional dos genomas e dos conceitos relacionados, bem como a relação recíproca gene-organismo-ambiente, nos quais atuarão como causa e efeito, traz o entendimento dos eventos hereditários mais complexos (LEWONTIN, 2002).

Mediante a reforma Educacional (BRASIL 1999; 2002; 2006), que envolve aspectos de contextualização e de visão sistêmica da Biologia, tem-se constatado que os professores apresentam dificuldades de internalizar tais mudanças, assim como de introduzir inovações pedagógicas, que trazem propostas do “como fazer”. Dentre as propostas tem-se o uso de jogos e a simulação de cruzamentos genéticos para a construção de conceitos básicos da transmissão das características hereditárias. Tais propostas provoca a motivação do aluno criando e propondo situações-problema desafiadoras e instigantes que causam algum grau de desequilíbrio cognitivo e desperte o interesse. Nesta perspectiva é que neste trabalho foram desenvolvidos e aplicados dois jogos (*Trinca Genética* e *Dominogêneo*) baseados em conceitos formais da Genética, focando as possíveis inter-relações e sobreposições na área da própria Biologia e permitindo: (1) o estabelecimento de articulações/relações sistêmicas entre conceitos biológicos e de áreas afins; (2) constatar serem excelentes ferramentas diagnósticas, identificando dificuldades em estabelecer articulações e sobreposições, em uma visão sistêmica. Tais resultados conduzem a uma reflexão sobre os paradigmas e as práticas docentes.

2. JOGOS DIDÁTICOS E O ENSINO DA GENÉTICA NUMA VISÃO SISTÊMICA

Não se pode negar que o jogo está arraigado na cultura antropológica desde a formação da humanidade, pois tal recurso educativo vem sendo usado em diferentes épocas e civilizações no desejo de melhorar a qualidade de vida (HUIZINGA, 2001; VYGOTSKY, 2003; ORTIZ, 2005; LOPES, 2005), embora só tenha atingido o ambiente escolar de fato a partir da segunda metade do século XX, sendo discutido o planejamento mais apropriado para sua utilização pedagógica neste contexto (GÓMEZ; SAMANIEGO, 2005).

Diante da amplitude do termo jogo, vários conceitos são atribuídos por estudiosos endossando os benefícios desse recurso no desenvolvimento social, cognitivo e afetivo do aprendiz em qualquer estágio de vida, além da função educativa, embora o enfoque maior seja na infância. Por isso se diz que “o jogo é uma constante vital na evolução, no amadurecimento e na aprendizagem do ser humano. Cumpre a missão de nutrir, formar e alimentar o crescimento integral da pessoa” (ORTIZ, 2005, p. 17). Outros autores colocam que a manipulação dos jogos em geral contribui para a capacidade de abstração dos conteúdos aprendidos, para a autoconfiança ao analisar e resolver problemas e para o aumento da motivação (ARAÚJO, 1992; FERNANDES *et al.*, 1995). Além disso, o lúdico pode ser compreendido como atividade de simulação e reconstrução de processos, aproximando-se do saber científico (LEODORO; 2001). Não se pode esquecer que o jogo traz ao aprendiz a curiosidade, a imaginação e a criatividade que desencadeiam construções prazerosas do conhecimento, unindo arte e ciência (PIETROCOLA, 2004), além de fomentar naturalmente a troca de ideias e experiências. Pode-se considerar, então, que os jogos exprimem a relação pensamento-ação, pois “constitui provavelmente a matriz de toda a atividade linguística, ao tornar possível o uso da fala, do pensamento e da imaginação” (ALMEIDA, 1987, p. 26). Neste sentido, o aprendiz, mediante situações de desafio/conflito/desejo provocadas por um jogo de tabuleiro, por exemplo, se remete ao imaginário tornando a representatividade do real uma forma de resolver seus desafios. Essa condição de elaboração constante do pensamento individual em permuta com o pensamento coletivo traz outro fator: a questão das interações sociais, pois são

[...] condições necessárias para a produção de conhecimentos por parte dos alunos, particularmente aquelas que permitem o diálogo, a cooperação e a troca de informações mútuas, o confronto de pontos de vistas divergentes e que implicam na divisão de tarefas onde cada um tem responsabilidades que, somadas, resultarão no alcance de um objetivo comum (REGO, 1998, p. 110).

Para Vygotsky, toda criança tem um “nível de conhecimento real” - que pode ser testado e avaliado individualmente - e um nível de desenvolvimento potencial. A diferença entre esses dois níveis é chamada ZDP (zona de desenvolvimento proximal) que é definida como “a distância entre o nível evolutivo real determinado pela resolução independente de um

problema e o nível de desenvolvimento potencial determinado pela resolução de um problema sob a orientação do adulto, ou em colaboração com colegas mais capazes” (VYGOTSKY, 2007, p. 97). Portanto, a ZDP criada pelo jogo, por exemplo, permite o avanço conceitual entre os aprendizes.

Alguns pesquisadores construíram jogos em genética integrando-os a prática educacional (ROCHA; ROCHA; QUEIROZ, 2006; ARCANJO *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2006; entre outros). Segundo esses autores há resultados significativos que expressam a satisfação do aluno e do professor com os jogos didáticos. Portanto, é de se supor que o jogo ofereça novas formas para ajudar na compreensão dos fenômenos da natureza. No entanto, a variedade de jogos de Genética não implica no esgotamento desse recurso na educação, considerando a diversidade de pensamento e visão de mundo sobre a qual o jogo se apoia. A abordagem contextualizada de conteúdos abstratos bem como as imagens (exceto as computadorizadas), por exemplo, ainda não foram devidamente exploradas e menos ainda numa perspectiva sistêmica. Então, como articular conceitos abstratos numa visão sistêmica de forma a favorecer a abstração? O organismo humano “funciona como uma sociedade ou ecossistema cujos integrantes são as células, que se reproduzem por divisão celular e organizam-se em conjuntos que colaboram entre si (os tecidos)” (ALBERTS *et al.*, 2004, p. 1313). Paralelamente, os órgãos interagem, na perspectiva de manutenção do equilíbrio interno (homeostase) do organismo *per si*, pois este também interage com a diversidade do meio através de fatores físicos, químicos e biológicos, os quais por sua vez, interferem no metabolismo celular. Assim, “as células enviam, recebem e interpretam um conjunto muito sofisticado de sinais que servem para o controle social que diz a cada uma como deve atuar” (ALBERTS *et al.*, 2006, p. 1314).

Desta forma, pode-se afirmar, por exemplo, que a síntese das proteínas e de outros componentes celulares é fruto de interações mais complexas, pois tais produtos “são uma função tanto dos genes dentro das células quanto do ambiente no qual o organismo está se desenvolvendo e funcionando” (ALBERTS *et al.*, 2004, p. 2). Todos estes mecanismos processuais contribuem para o bem estar do organismo e seu equilíbrio frente ao meio ambiente. No entanto, alterações moleculares podem interferir na harmonia e equilíbrio do “bioma pluricelular” (organismo) em decorrência de fatores variados como estímulos químicos, físicos (radiação) e biológicos, a exemplo dos vírus, além de lesões ocasionadas pela própria célula. Tais conceitos permitem observar a patogênese e evolução clínica e epidemiológica das doenças sob um aspecto diferenciado. Esse pensamento condiz com ideia

de Hipócrates na qual sustentava que as enfermidades eram resultantes de fatores naturais ligados ao modo de vida. As neoplasias, neste contexto assumem um importante lugar, visto que são modelos adequados para exemplificar um caráter poligênico, onde as desordens gênicas são causadas e retroalimentadas pelos fatores ambientais.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa trata-se da construção e da aplicação de dois jogos, “*Trinca Genética*” e “*Dominogêneo*”, cuja amostra, oriunda de instituições públicas e privadas do Recife (PE), foi organizada em dois grupos, como representado no Quadro 1, contendo a atuação e a área de pesquisa dos docentes.

| Grupo | Participante | Tempo de magistério superior | Formação <i>Stricto Sensu</i> / Área de Atuação na pesquisa | Disciplina que ministra |
|-------|--------------|------------------------------|---|--|
| A | 1 | 9 anos | Mestrado em Educação: Ensino de Ciências/ Formação de professores | Didática, Prática de Ensino e Metodologia |
| | 2 | 17 anos | Doutorado em Bioquímica e Biologia Molecular/ Química de Proteínas | Bioquímica |
| | 3 | 24 anos | Doutorado em Ciências Biológicas/ Ensino de Biologia, Formação de Professores e Conceitos | Biofísica |
| | 4 | 12 anos | Doutorado em Ciências Biológicas/ Biodiversidade e Genética de Insetos | Genética Geral, Genética das Populações e Evolução |
| B | 5 | 1 ano e meio | Mestrado em Educação/ Processos de ensino-aprendizagem, Educação em Saúde, Recursos Didáticos e Linguagens no ensino de ciências. | Prática de Ensino e Métodos e Técnicas |
| | 6 | 2 anos e meio | Doutorado em Biologia de Fungos/ Microorganismos | Genética, Citologia, Histologia e Embriologia |

Quadro 1 - Caracterização dos docentes das IES (atuação e área de pesquisa).

3.1 Material e Método

Além dos jogos propriamente ditos, foram também usados: filmagem para registro das argumentações e negociações intra-grupo; fotografia digital para registro das associações estabelecidas e; questionário para avaliação dos jogos enquanto ferramenta didática e de sua aplicabilidade. Uma ferramenta utilizada para a construção dos jogos foi o mapa conceitual, que permitiu mostrar relações hierárquicas significativas entre conceitos (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1998) e evidenciar as relações de subordinação mostrando maior consistência nas articulações e sobreposições dos conceitos em estudo.

O jogo “*Trinca Genética*” propõe o estabelecimento da associação de uma tríade: **Palavra/Conceito/Imagem**, sendo organizado a partir de treze tópicos: gene, genótipo, fenótipo, cromossomo, cromossomo homólogo, alelos, ciclo celular, probabilidade, RNA, DNA, cromatina, proteína e 1ª Lei de Mendel. Os procedimentos propostos pelo jogo constavam de duas etapas: o reconhecimento das cartas e o jogo propriamente dito. O jogo “*Dominogêneo*” foi construído representando a estratégia do jogo de dominó tradicional composto em nove tópicos relevantes para o estudo da Genética, bem como em conceitos e imagens a serem relacionados. Cada “carroça” era formada por palavra e conceito referentes a um mesmo tópico. Foram disponibilizadas 45 pedras de associação e “conectores das associações”, que são pequenas pedras coloridas, contendo os nomes dos nove conceitos. Estas pedras foram disponibilizadas para serem usadas em cada associação a fim de identificar o contexto que o grupo decidiu relacionar. Portanto, o desafio estava em associar o maior número possível de pedras, identificando os conectores e estabelecendo uma topografia desses conceitos na concepção do grupo. Os dois jogos foram trabalhados sequencialmente, em um único encontro e não foi estabelecido limite de tempo para a aplicação.

Antes de iniciar o primeiro jogo foram lidas as regras, de ambos os jogos, e esclarecidas quaisquer dúvidas. Em seguida, partindo do procedimento estabelecido pelas regras deu-se início ao jogo “*Trinca Genética*”. Concluída essa etapa, seguiu-se o jogo “*Dominogêneo*”. Após a aplicação, todos os participantes responderam a um questionário contendo itens de identificação dos participantes e perguntas para validação dos jogos.

Para validação dos jogos como ferramenta didática foram analisadas e criadas categorias a partir das respostas contidas no questionário. O questionário abordou os seguintes tópicos: expectativa dos participantes; avaliação dos jogos quanto à duração e clareza das regras; viabilidade dos jogos na sala de aula; sensações provocadas após os jogos; aspectos positivos e negativos; interesse de jogar novamente. Para a avaliação diagnóstica quanto ao estabelecimento de relação/associação entre Palavra-Conceito-Imagem foram analisadas as treze trincas do jogo, sendo criadas as seguintes categorias: trincas formadas com facilidade (sem discussão); trincas formadas com dificuldade parcial + discussão; trincas formadas com dificuldade total + discussão. Por fim, para a avaliação diagnóstica, a partir do jogo “*Dominogêneo*”, ao estabelecer articulação e sobreposição dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins foram criadas categorias de acordo com as associações entre as pedras, juntamente com os conectores: associações corretas + conectores corretos; associações corretas + conectores parcialmente corretos; associações corretas + conectores incorretos;

associações incorretas + conectores corretos; associações incorretas + conectores parcialmente corretos; associações incorretas + conectores incorretos e associações + sobreposições de conceitos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das respostas ao questionário proposto no final dos jogos foi possível constatar que: todos os participantes trazem como expectativa a curiosidade ou o interesse em participar e colaborar com os jogos; com unanimidade ambos os jogos foram considerados “bem elaborados”, havendo uma predileção no jogo *dominogêneo* para Ensino Superior e para formação de professores; foi unânime em dizer que as regras estavam claras e compatíveis com a prática dos jogos, contento algumas sugestões; é viável sua aplicação em sala de aula como reforço de conceitos, levantamento de ideias prévias e introdutório ao tema (*Trinca Genética*) e após a vivência do conteúdo (*Dominogêneo*); ao jogar trouxe auto-avaliação, revisão, esclarecimento, sentimento de união e satisfação; todos os participantes estariam dispostos a jogar novamente.

Uma das preocupações ao final de uma produção técnica é a clareza das informações, sejam conceitos ou imagens, e a adequação ao relacioná-las a cada termo proposto pelos jogos. A partir dos resultados de cada grupo, além das discussões e sugestões dadas, pôde-se abrir uma discussão quanto aos conceitos e as imagens que mais chamaram a atenção do jogo “trinca genética” para que possam viabilizar uma produção com qualidade. O conceito que chamou atenção do grupo A foi “cromossomo homólogo: estrutura cujo pareamento é melhor visualizado durante a metáfase I da meiose I, apresentando a mesma disposição de genes”. A discussão girou em torno da palavra estrutura, sendo sugerido mudar para elementos, talvez. Para fundamentar o uso deste termo faz-se necessário um breve comentário sobre o que acontece com os cromossomos desde a sua replicação até a prófase da divisão meiótica I. Após a replicação de cada cromossomo numa célula diplóide, produzindo duas cromátides-irmãs, há uma progressiva compactação dos cromossomos replicados, denominada condensação cromossômica. Tal cromossomo parecia com seu homólogo duplicado, formando uma **estrutura** chamada de **bivalente**, que contém quatro cromátides. Neste instante, uma série de eventos complexos ocorre durante a longa prófase I, iniciando a recombinação genética entre cromátides não-irmãs (um fragmento de uma cromátide materna pode ser trocado por um fragmento correspondente de uma cromátide homóloga paterna) e cada par de homólogos se reúne numa estrutura chamada complexo sinaptotênico (ALBERTS *et al.*, 2004).

Outra discussão foi em relação às imagens atribuídas a “genótipo” e “1ª Lei de Mendel”, colocando que a imagem de genótipo poderia servir tanto para alelos quanto para 1ª lei de Mendel, devido à presença da ervilha como exemplo de cruzamento para representar o genótipo. A observação das professoras foi louvável e relevante para se pensar qual a imagem que representaria melhor o termo “genótipo”. Por outro lado, a outra figura ilustra os dois fatores (fenótipo e probabilidade) que foram importantes para que Mendel, diante das limitações da época, pudesse formular suas Leis a partir dos cruzamentos entre ervilhas puras e entre ervilhas híbridas. A participante 4 sugere o *quadrado de Punnett* para representar graficamente a imagem da 1ª Lei de Mendel, pois “suas proporções podem ser desenhadas de acordo com as proporções genéticas que estão sendo consideradas, obtendo-se assim uma representação visual dos dados obtidos” (GRIFITTHS *et al.*, 2006, p. 37). Quanto à imagem de genótipo foi sugerido reduzir o excesso de elementos na figura para não dar margem a outras possibilidades.

Outra dúvida lançada para a imagem “genótipo” foi colocada pelo grupo B, sugerindo ser a imagem de probabilidade, devido ao percentual que continha na mesma. No entanto outra imagem foi mostrada como a melhor que representaria probabilidade, sanando tal dúvida. Neste caso, foi sugerido retirar da imagem “genótipo” a porcentagem (100%). A figura escolhida para representar o termo “genótipo” ilustra o cruzamento com dominância entre indivíduos de linhagens puras para uma determinada característica. O resultado desse cruzamento na geração F1 é representado pelo fenótipo dominante (100%). Neste caso, não haveria necessidade de colocar a porcentagem, pois já estaria subtendido que todos os indivíduos híbridos teriam a mesma característica fenotípica, embora a preocupação fosse sempre deixar o mais claro possível. Então, diante dessas colocações poderia se pensar em uma imagem que representasse um conjunto de alelos específico para uma determinada característica, por exemplo?

A imagem de cromatina também foi alvo de discussão nos grupos A e B, deixando claro que a mesma não retratava com clareza a imagem de cromatina. A proposta de introduzir fotomicrografia é desvencilhar a ideia explicativa que apenas os esquemas possam representar de forma “legível” ou “fácil”, fenômenos celulares que na verdade têm pouca ou nenhuma semelhança com o real. Segundo Ardenghi e Wolff (2004), os recursos semióticos podem promover a compreensão dos conceitos durante o processo ensino-aprendizagem. No entanto, não há intenção de descartar o uso de esquemas, porém a imagem mais próxima do real deveria obter melhor entendimento e compreensão daquilo que se quer conhecer, mesmo

porque “seu processamento e registro capturam apenas um dado momento e um dado aspecto morfológico da amostra” (LOPES, 2007, p. 67) que se deseja. Percebe-se, muitas vezes, que alguns esquemas passam informações equivocadas, mesmo que o autor tenha a intenção de destacar situações da fenomenologia microscópica importante para determinado estudo pontual da Biologia Molecular. Nesse sentido, foi sugerido escolher outra representação mais elucidativa como uma micrografia óptica, considerando ser o microscópio óptico um instrumento mais próximo do aluno, inclusive da Graduação.

4.1 Avaliação diagnóstica ao estabelecer relação/associação entre palavra-conceito-imagem: jogo “trinca genética”

O procedimento proposto pelo Jogo de trincas contemplava dois momentos: o reconhecimento das cartas e o jogo propriamente dito. O reconhecimento das cartas é fundamental para que haja conhecimento dos conceitos tratados no jogo. O Grupo A realizou esse procedimento sem diálogo e sem relacionar as cartas, apenas alguns questionamentos sobre as regras. O grupo B procedeu apenas com o manuseio das cartas sem diálogo. No segundo momento (jogo propriamente dito) o grupo A fazia considerações a respeito da proposta, das regras e das imagens e conceitos do jogo. Houve negociação com as cartas. Já no grupo B as discussões surgiam apenas quando a trinca não era aceita até chegar ao consenso. Ao iniciar o jogo propriamente dito, os participantes do grupo A se mostraram preocupados em saber qual o nível dos estudantes e se estes teriam contato prévio com os conceitos trabalhados para que tais jogos fossem utilizados. Em verdade, a proposta dos jogos vem inovar a forma de diagnosticar conceitos a serem investigados e, de forma dinâmica e rica em discussões e negociações e a partir do consenso dos aprendizes. Conhecendo as principais dificuldades na aprendizagem dos conceitos trabalhados é possível, ainda utilizando os jogos, elaborar uma sequência didática dentro de uma abordagem sistêmica e contextualizada. Essa forma de diagnose poderá abrir novas frentes de pesquisa, supondo cair por terra a ideia singela de que os jogos só teriam finalidade de fixar conceitos, mesmo porque tais conceitos não seriam, por completo, inusitados para os alunos. Algumas questões foram levantadas durante o jogo propriamente dito. A participante 2 lançou sua dúvida para o grupo com a trinca: 1ª Lei de Mendel (P) – Fenótipo (C) – 1ª Lei de Mendel (I). A participante 4 logo identificou que o conceito em questão não fazia parte da trinca. Outra dúvida surge quando são expostas três cartas, o termo “cromatina” e os conceitos “cromatina” e “cromossomo”. De imediato a participante 2 aponta para o conceito do próprio termo e então o conceito de cromossomo é liberado. A interação social entre participantes de níveis de

compreensão diferentes contribuiu para o avanço do grupo. A cooperação foi o fator que mais se destacou no grupo A. Com o decorrer do jogo, havia preocupação em lançar a carta que o outro precisava para concluir sua trinca. Nesse sentido, a participante 1 expôs suas cartas, cujos pares foram: cromossomo homólogo (P) – alelos (I); cromossomo (P e I); cromatina (P e I). Dessa forma foi observado que a imagem de alelos que estava associada ao termo cromossomo homólogo foi reconhecida. As demais trincas foram formadas sem discussão. O grupo B também fez algumas discussões durante a formação de algumas trincas no jogo propriamente dito. A participante 6, por exemplo, lança a trinca: cromossomo (P) – cromossomo homólogo (C) – Cromossomo (I). No entanto, em seguida, a trinca foi recolhida após a colocação da participante 5, dizendo ser dois cromossomos que o conceito está se referindo. Então a carta-conceito é descartada.

O conhecimento específico tende a conduzir os conceitos de forma não articulada, impossibilitando ultrapassar os limites da especificidade. Tal situação conduz a uma reflexão em relação à atual realidade da Educação Superior, embora não represente uma situação estática, mas dinâmica que faz com que os professores formadores de professores possam participar de alternativas como a proposta por esta pesquisa. Desta forma novos olhares se fazem presentes em relação a jogos desta magnitude.

4.2 Avaliação diagnóstica ao estabelecer articulação e sobreposição dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins: jogo “dominogêneo”

A relação dialética entre os conceitos científicos da intra-Biologia e áreas afins são mediados pelos eventos biológicos numa relação macro e microscópica. Neste sentido, o jogo “Dominogêneo” oferece compreensão nesta perspectiva sistêmica, trazendo uma contribuição significativa ao processo ensino-aprendizagem dos conceitos básicos da Genética. Além disso, criar novas possibilidades de arranjos diante dos enlaces conceituais garante a não linearidade do jogo neste processo, enriquecendo a aplicabilidade dos conhecimentos, ora científicos ora do senso comum.

Os procedimentos propostos pelos grupos quanto aos critérios das jogadas (arranjos) foram distintos. O grupo A superou nos aspectos de argumentação e negociação, bem como no estabelecimento de sobreposições entre os conceitos escolhidos: realizou adequação das associações com argumentações em diferentes aspectos, macro e microscópico para em seguida relacionar com os conectores possíveis. O grupo B procedeu de forma linear e fragmentada que impossibilitou o universo dos enlaces conceituais em abundância: foram feitas as leituras e a identificação do conceito para em seguida associar.

4.3.1 Estabelecendo articulação dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins

A Figura 1 ilustra o resultado de algumas das associações discutidas durante o jogo. Ao ler a pedra “para as células somáticas a fase de divisão pode ser mitótica” (Figura 1A) a participante 4 justifica a associação com a imagem de ciclo celular dizendo:

- Pode ser porque para as células somáticas a fase de divisão pode ser mitótica, mas também pode ser meiótica, porque você tem a somática, mas tem a germinativa. Mas, dentro da linhagem germinativa você tem aquelas que fazem mitose antes da germinativa. Ex. ovogônias e espermatogônias.

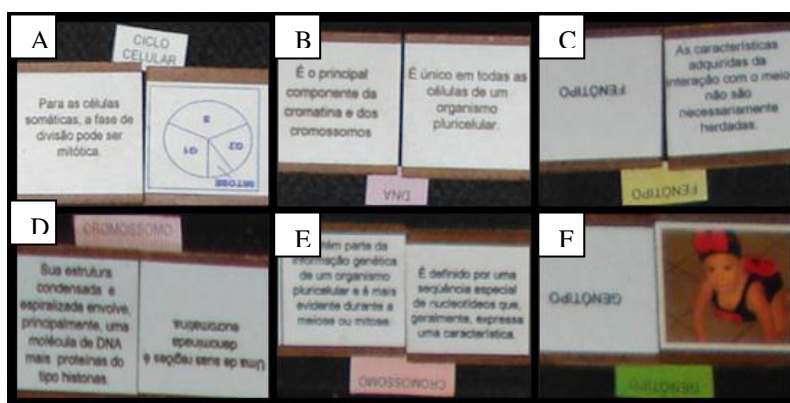


Figura 1 – Algumas associações do grupo I: Associações corretas com conectores corretos (A, B e C); associação incorreta com conector parcialmente correto (D e E); associação correta com conector parcialmente correto (F).

A Figura 1B ilustra o resultado de uma discussão numa abordagem mais molecular com outra relacionada à bioquímica.

- Ele não é único em todas as células, você não tem um padrão de DNA. Ele é único pra todas as células, o que vai mudar é a regulação dos genes que estão nas células, o que faz a diferenciação, mas o DNA é um só. (participante 4)*
- É genoma. Tem genoma não? (participante 2)*
- Tem genótipo. (pesquisadora)*
- Não é não? Porque, veja bem, você tem um tipo de célula que é única. Agora... (foi interrompida). (participante 3)*
- Não. Olhe, você tem um tipo de molécula que é única que é o DNA, você vai receber o mesmo DNA nos cromossomos. Os genes você recebe todos eles, o que vai diferenciar uma célula da outra é como um gene é ativado e o outro não. (participante 4)*
- Não, mas aí não tá falando de uma molécula. (participante 3)*
- Tá, é único em todas as células de um organismo pluricelular. (participante 4)*

As colocações das duas participantes estavam certas dentro da área específica de cada uma, porém a argumentação de uma delas prevaleceu diante da outra. A ideia de uma discussão rica como esta é poder articular e relacionar tais áreas de forma que vários olhares possam contemplar situações e perceber o quanto elas são interdependentes a luz da visão sistêmica. As discussões e as suposições trazidas pelo jogo são fundamentais para que se torne mais rico ao fazer inferências a outros conceitos e poder, ao final, construir uma “resposta” partindo do consenso do grupo. O objetivo é realmente instigar e provocar tais discussões para diagnosticar, inicialmente, o nível de conhecimento dos alunos. Além disso, caso os alunos

mergulhassem com profundidade ao colocar a questão da própria Evolução, o professor já teria outra abordagem ao preparar uma sistematização e aplicar com os alunos.

As Figuras 1D e 1E ilustram associações dentro do contexto “cromossomo”. A primeira associação coloca que o cromossomo também possui regiões de eucromatina. Tal região se caracteriza pelo grau intenso de atividade transcricional. Desta forma, o cromossomo, estando envolvido no processo da divisão celular dificilmente poderia estar genicamente ativo, no aspecto puramente funcional. Já a Figura 1E ilustra outra associação em se que poderia utilizar também o conector gene, pois apenas com o conector cromossomo estaria afirmando que o mesmo é constituído por uma sequencia especial de nucleotídeos que geralmente expressa uma característica. Além disso, outras moléculas estão envolvidas na constituição do cromossomo, como as proteínas e o RNA. A Figura 1F ilustra também dificuldade de conexão entre os universos macro e microscópicos, podendo estar relacionado com o contexto fenótipo.

O grupo B iniciou o jogo sem discussão e argumentação. As associações fluíam numa velocidade constante e se apresentavam de forma coerente com os conectores. No entanto, algumas associações foram discutidas e estão ilustradas na Figura 2.

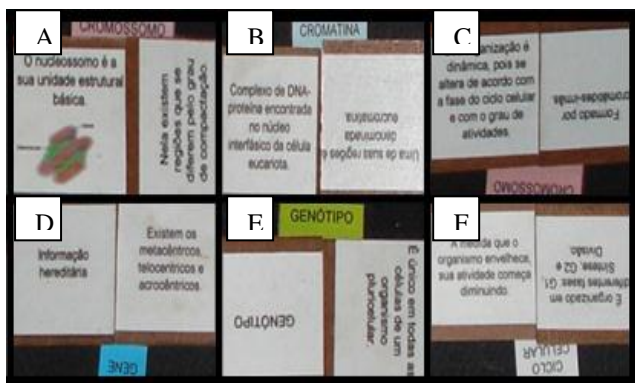


Figura 2 – Algumas associações do grupo J: Associação correta com conector incorreto (A); associação correta com conector correto (B, E e F); associações incorretas com conector parcialmente correto (C); associação correta com conector parcialmente correto (D).

As figuras 2A, 2B e 2C ilustram discussões que envolvem cromossomo e cromatina. A participante 5 levanta uma dúvida em relação à pedra “nela existem regiões que diferem pelo grau de compactação”, surgindo o diálogo:

- Tô na dúvida. Quem tem grau de compactação é a cromatina ou o cromossomo? Cromossomo ou cromatina que tem essa coisa da condensação, região diferente de condensação? (participante 5)
- É o cromossomo. (participante 6)

Então, a participante 6 associou essa pedra ao nucleossomo e identificou como cromossomo (Figura 2A). No entanto, a Figura 2B ilustra outra situação em que a participante 5 indaga:

- Então é o cromossomo que tem essa região?
- É cromatina. (participante 6)

- *É eucromatina é?* (participante 5)
- *Heterocromatina, são duas regiões.*

Outras colocações são feitas ainda neste contexto: ora o cromossomo possui as regiões de compactação, ora a cromatina aparece na fase de divisão celular, dizendo:

- *Então, a cromatina é mais evidente durante a meiose e mitose?* (participante 5)
- *Porque na interfase ela não é bem evidente.* (participante 6)

A Figura 2D ilustra uma associação correta, entretanto na qual caberia o conector cromossomo. Vejamos o diálogo:

- *Quer dizer que esses cromossomos aí, em relação à posição do centrômero são cromossomos, eles são encontrados na informação hereditária.* (participante 6)
- *Agora a informação hereditária não seria... Ah! É o gene. Então não é gene (referindo-se a peça em associação). Porque aqui já é uma carroça. Essa informação tá ligada à idéia de gene, não? Então, todas as vezes que a gente tratar aqui vai ser com gene.* (participante 5)
- *Com os dois.* (participante 6)
- *Porque, tudo bem que os cromossomos, eles detêm o...* (participante 5)
- *A informação hereditária.* (participante 6)
- *É, mas aí a gente teria DNA.* (participante 5)
- *Sim, mas os cromossomos não apresentam os genes!* (participante 6)
- *Não.* (participante 5)
- *É a mesma associação de sua célula haplóide com os cromossomos metacêntricos, que foi justamente a pedra que você colocou.* (participante 6)

A Figura 2E traz uma discussão semelhante ao grupo anterior no que diz respeito à Figura 1B.

A Figura 2F ilustra uma das associações corretas a respeito do ciclo celular. No entanto, além do envelhecimento a partir do processo de multiplicação das unidades celulares, existem alterações estruturais e bioquímicas do envelhecimento celular, relacionadas à redução gradativa de várias funções celulares em função da idade: a fosforilação oxidativa das mitocôndrias está reduzida; a síntese de ácidos nucléicos e de proteínas estruturais e enzimáticas; a receptores celulares e fatores de transcrição; e a capacidade de captar nutrientes e reparar lesões cromossômicas (KUMAR *et al.*, 2005). Ao argumentar a escolha das associações junto ao conector, é dito:

- *Eu desconfio que seja alguma coisa relacionada ao telômero do cromossomo, esse telômero, à medida que o indivíduo vai envelhecendo ele vai encurtando. À medida que ele vai encurtando aí não há mais o que? Divisão celular.* (participante 6)
- *Então, tem a ver também com ciclo celular?* (participante 5)
- *tem a ver com ciclo celular.* (participante 6)
- *Então, tanto pode ser uma pedra de cromossomo com de ciclo celular, não é isso?* (participante 5)
- *Sim.* (participante 6)

A visão linear no processo ensino-aprendizagem vem conferir uma compreensão isolada dos conceitos da Genética, mantendo-os distantes de outros relacionados com disciplinas afins. Além disso, a própria “biologia tradicional sempre teve a tendência de centrar a atenção nos organismos individuais, e não no *continuum* biológico” (MOROWITZ, 1992, p. 54 *apud* CAPRA, 2002) que, no contexto celular, possui complexa rede metabólica e de produção

macromolecular que se interligam. Esta abordagem reducionista mostra a falácia na Genética, que se limitou ao conhecimento dos genes, por exemplo. Em uma visão linear, os genes ocupavam posições especiais ao longo dos cromossomos o que corresponderia a um traço hereditário determinado, unicamente, por sua composição genética. Não se pode ignorar que os organismos são sistemas de múltiplos níveis de complexidade que interagem mutuamente e interferem no desenvolvimento do organismo, resultando em amplas variações da cópia genética (CAPRA, 2002).

A Figura 3 ilustra as sobreposições realizadas pelo grupo A. Este grupo obteve o maior número de sobreposições. Neste sentido, a participante 4 fica preocupada com a quantidade de associações (com mais de um conector) e fica, a princípio, receosa pelas associações, mas entende que ao colocar as possibilidades o jogo flui melhor.

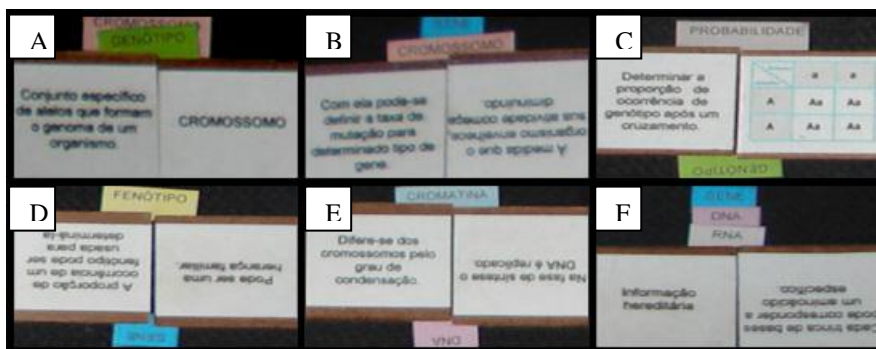


Figura 3: Sobreposições do grupo I: cromossomo e genótipo (A); gene e cromossomo (B); probabilidade e genótipo (C); fenótipo e gene (D); cromatina e DNA (E); gene, DNA e RNA (F). Desta forma, percebe-se a riqueza de associações que demonstram a importância da articulação e relação além das interseções entre tais conceitos para compreensão e abstração dos conceitos básicos da Genética.

O grupo B realizou poucas sobreposições em relação ao grupo anterior. É de se imaginar que a união de diversas áreas possa ter proporcionado maior número de sobreposições. No entanto, faz-se necessário oportunizar a partir da formação de professores e da formação continuada um novo olhar para o ensino da Genética, e esta é a proposta desta pesquisa.

A Figura 4 ilustra as quatro sobreposições realizadas pelo grupo B.

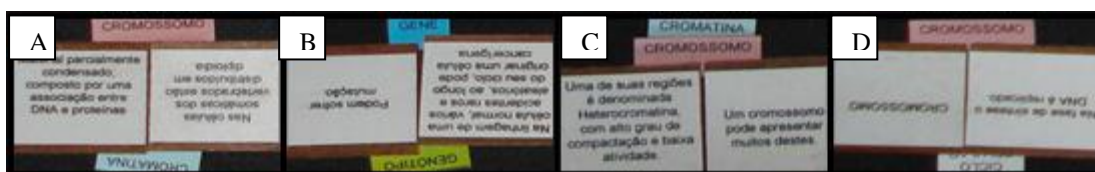


Figura 4 - Sobreposições do grupo J: cromossomo e cromatina (A e C); gene e genótipo (B); entre cromossomo e ciclo celular (D).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do trajeto da pesquisa, os resultados apontam para a eficácia dos jogos como ferramenta diagnóstica e facilitadora para a construção de novos conceitos, reforçando a importância dos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Desta forma, a partir desses dados, é possível elaborar uma sistematização adequada, utilizando os jogos como ferramenta na sequência didática e na avaliação. Ao mesmo tempo, associar uma resolução de problema oriunda de uma situação contextualizada dentro de uma concepção sistêmica e integrada ao universo macro e microscópico, oferece ao aprendiz a oportunidade de abstrair tais conceitos ao aplicá-los em situações diversas. Além disso, os jogos propostos estimulam a interação e a cooperação, dois fatores importantes na construção do conhecimento. Neste sentido, utilizá-los como diagnose foi fundamental para enriquecer e valorizar este instrumento não apenas no aspecto avaliativo, mas conhecer as dificuldades de aprendizagem e poder estruturar uma sistematização adequada ao aprendiz. Deste modo, a partir dos resultados, os jogos desta natureza abrem portas para novas investigações.

6. CONCLUSÕES

- Os jogos “Trinca Genética” e “Dominogêneo” demonstraram ser excelentes ferramentas diagnósticas, considerando a qualidade e a quantidade de dados obtidos, endossando a importância de conhecer as dificuldades de aprendizagem para estruturar a sistematização.
- A argumentação e a negociação nos grupos, a partir do jogo “Trinca Genética”, permitiu conhecer as dificuldades de associação/relação entre Palavra-Conceito-Imagem, bem como pontuar quais os conceitos mais difíceis para estabelecer tal relação/associação nos diferentes níveis de escolaridade. O jogo “Dominogêneo”, permitiu mostrar que os conceitos básicos de Genética são trabalhados de forma fragmentada, desarticulada e sem contextualização, numa perspectiva macro e microscópica.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. *et al.* Biologia Molecular da Célula. São Paulo: Artmed, 2004.

ALMEIDA, P. N. **Educação lúdica: técnica e jogos pedagógicos.** São Paulo: Loyola, 1987.

ARAÚJO, V. C. **O jogo no contexto da educação psicomotora.** São Paulo: Cortez, 1992.

ARCANJO, A. P. *et al.* Trilha do gene: um novo caminho de aprendizagem. In: XVII ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17, 2006, Recife. **Programa...** Recife: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. CD.

ARDENGI, L. P.; WOLFF, M. R. Photographs in lectures: gestures as meaning-making resources. In: **Linguistics and Education**, vol. 15. Issue 3, Summer 2004, pages 275-293.

BARBOSA, W.; OLIVEIRA, A. C.; RAMOS, E.; SOBREIRA, M. Cromossomos reciclados: um prático modelo didático para o ensino da Genética. In: XVII ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17, 2006, Recife. **Programa...** Recife: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. CD.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**: PCNEM. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – PCNEM. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999. 364p.

_____. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias./ Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC: SEMTEC, 2002. 144p.

_____. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias / Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, 2006. 135p. (**Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Volume 2).

CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 1996.

_____. **As conexões ocultas**: ciência para uma vida sustentável. São Paulo: Cultrix, 2002.

_____. (org.). Prefácio: como a natureza sustenta a teia da vida. In: CAPRA, F. **Alfabetização ecológica**: a educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Cultrix, 2006. p. 13-22.

CERQUEIRA, E. M. M. e AZEVÊDO, E. E. de S.. A incorporação do conceito de gene na percepção do corpo e sua relação saúde-doença: aspectos biológicos e éticos. In: **Sitientibus**. Feira de Santana, n. 20, jan./jun., 1999. p. 69-79.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002. (Coleção Docência em Formação).

FERNANDES, L. D.; FURQUIM, A. A.; BARANAUSKAS, M. C. Jogos no computador e a formação de recursos humanos na indústria, In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 6., 1995: Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1995. p.1-13.

GRIFFITHS, A. J. F.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M.; SUZUKI, D. T.; MILLER, J. H. **Introdução à genética**. 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabra Koogan, 2006. 743 p.

GÓMEZ, R. S. e SAMANIEGO, V. P. A aprendizagem através dos jogos cooperativos. In: MORENO MURCIA, J. A. **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Artmed, 2005. Págs. 123-138.

HUIZINGA, J. **Homo ludens**. 4 ed. São Paulo: Perspectiva, 2004.

KUMAR, V.; ABBAS, A.K.; FAUSTO, N. **Patologia**: bases patológicas das doenças. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. P. 282 – 356.

LEODORO, M. P. Palestra: "Por um outro lúdico na educação científica". In: **Agência EducaBrasil**, 2001. Disponível em: <<http://www.educabrasil.com.br/eb/exe/texto.asp?id=433>> Acesso em: 14 jun. 2004.

LEWONTIN, R. **A tripla hélice**: gene, organismo e ambiente. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

LOPES, F. M. B. **Ciclo celular: Estudando a formação de conceitos no ensino médio**. 2007. 101. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

LOPES, M. G. **Jogos na educação**: criar, fazer, jogar. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Mapas conceituais**: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo. São Paulo: Editora Moraes, 1998.

ORTIZ, J. P. Aproximação teórica à realidade do jogo. Cap. 1. In: MORENO MURCIA, J. A. **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Artmed, 2005. Págs. 9-28.

ODA, W.; DELIZOICOV, D. Docência no Ensino Superior: as disciplinas Parasitologia e Microbiologia na formação de professores de Biologia. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 11, Nº3, 2011.p. 101-121.

PIETROCOLA, M. Curiosidade e Imaginação - os caminhos do conhecimento nas Ciências, nas Artes e no Ensino. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa (Org.). **Ensino de Ciências. Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2004. p. 119-133.

REGO, T. C. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. 6 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1998.

ROCHA, B. H. A.; ROCHA, M. F.; QUEIROZ, A. N. Aplicação e análise do jogo “plantando genética”. In: XVII ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17, 2006, Recife. **Programa...** Recife: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. CD.

SCHWARZ, V. R. K. **Contribuição dos jogos educativos na qualificação do trabalho docente**. 2006. 93f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

SILVA, C.; OLIVEIRA, T.; SANTOS, N.; BOSSOLAN, N.; BELTRAMINI, L. Evaluation of the game synthesizing proteins addressed to high school students. In: XII Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo – SIICUSP; **Resumes...** Engenharia e Exatas, 2004.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121 p.

VYGOTSKY, L. S. **Psicologia pedagógica**. Edição comentada. Porto Alegre: Artmed, 2003.

_____. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.