

DIAGNÓSTICO INICIAL DAS DIFICULDADES DE ARTICULAÇÃO E SOBREPOSIÇÃO DOS CONCEITOS BÁSICOS DA GENÉTICA UTILIZANDO JOGOS DIDÁTICOS

PRELIMINARY DIAGNOSIS ON DIFFICULTIES OF JOINING AND OVERLAPPING BASIC CONCEPTS OF GENETICS USING GAMES

Alba Flora Pereira¹

Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão², orientadora

Zélia Maria Soares Jófili³, co-orientadora

¹UFRPE/Aluna da Pós-Graduação Mestrado em Ensino das Ciências/alba.flora@uol.com.br

²UFRPE/Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal/amanjos@hotmail.com

³UFRPE/ Pós-Graduação Mestrado em Ensino das Ciências/jofili@uol.com.br

Resumo

A Biologia Molecular e a Genética Clássica têm sido abordadas a partir de um pensamento reducionista e linear, considerado eficaz para explicar determinados fenômenos celulares. Entretanto, o ser vivo pode ser considerado como uma rede complexa de eventos (biológicos, físicos e químicos) que interage de forma ordenada com o meio. Uma vez que os conceitos básicos da Genética continuam a ser trabalhados de forma tradicional no processo de ensino e aprendizagem, algumas dificuldades tornam-se marcantes, como a sua articulação com áreas afins da própria Biologia, as dificuldades de abstração dos conteúdos e de sua aplicação em qualquer contexto apresentado. Considerando que os jogos didáticos são instrumentos que favorecem a compreensão e o interesse nos conteúdos bem como, a socialização entre os aprendizes, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento e aplicação de dois jogos utilizando conceitos formais básicos da Genética a fim de diagnosticar o estabelecimento da associação/relação, da articulação e da sobreposição desses conceitos com os de áreas afins.

Palavras-chave: Ensino de Genética, jogos.

Abstract

Molecular Biology and Classic Genetics have been approached from a reductionist and linear thought, considered efficient to explain some cellular phenomena. However, the alive being can be considered as a complex network of events (biological, physical and chemical) that interacts orderly with the environment. Once that the basic concepts of Genetics carry on to be worked of a traditional way in the teaching-learning process, some difficulties become remarkable, as its connection with similar areas of the Biology, as well as the difficulties of dealing with abstract concept and its application in different contexts. The didactic games are instruments that favor the understanding and the interest on to the contents, even for favoring the socialization among the apprentices. The objective of this work is to present the development and application of two games based on basic formal concepts of Genetics in order to diagnosis the establishment of association/statement, of joint and overlapping these concepts with others of similar areas.

Keywords: Genetics Teaching, games.

INTRODUÇÃO

Entre os conteúdos da Biologia, a Genética tem sido evidenciada nas últimas décadas, por ocupar “[...] uma posição central em toda a área biológica” e no contexto de vários aspectos de interesse humano (GRIFFITHS *et al.*, 2006, p. 2). No entanto, pesquisas vêm apontando as dificuldades de compreensão acerca dos conceitos que a fundamentam ao final do Ensino Médio (FABRÍCIO *et al.*, 2005; CID; NETO, 2005; PAIVA; MARTINS, 2005). Estas dificuldades são oriundas de um ensino cujo modelo, reducionista e sem contextualização, leva a concepções simplificadas que não consideram a relação dialética entre as partes e o todo, mantendo uma distância significativa entre os conteúdos estudados em sala de aula e a realidade vivenciada fora dela. O desenvolvimento técnico na área de Biologia Molecular prestigia e favorece uma abordagem de concepção simplista, prendendo-se às explicações isoladas que as estruturas moleculares oferecem. O estudo dos elementos isolados do todo se contrapõe à compreensão sistêmica da vida, como explicitado por Capra (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 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.

Outro aspecto a ser considerado é a necessidade de apropriação/articulação do conteúdo específico para que as atividades em sala de aula tenham 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, p.41). 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 atuam como causas e efeitos, trás o entendimento dos eventos hereditários mais complexos (LEWONTIN, 2002), pois:

Tanto os genes como o ambiente são causas dos organismos, os quais, por sua vez, são causas dos ambientes, de maneira que os genes, pela mediação dos organismos, tornam-se causas dos ambientes (LEWONTIN, 2002, p. 105).

Nessa perspectiva, o Ensino da Genética vem elucidar a complexidade da unidade da vida partindo da compreensão dos mecanismos evolutivos e da hereditariedade numa perspectiva macro e microscópica de mundo, acompanhando os pressupostos biotecnológicos contemporâneos. Os conceitos básicos da Genética são, necessariamente, articulados entre si e, por esse motivo, aumentam as possibilidades de sobreposições entre eles. Numa visão linear, tais conceitos não ultrapassam os limites determinados pelo pensamento cartesiano. Além disso, essa visão está arraigada na prática pedagógica dos docentes de Biologia, que não procedem numa linha sistêmica e articulada dos conceitos da Genética e de áreas afins, como a Bioquímica e a Ecologia. Infelizmente, na contemporaneidade,

A maioria dos professores de Biologia transforma a aula em uma seqüência de possíveis combinações entre as letras que correspondem aos genes, sem que os alunos compreendam o que é o gene, e como ele se comporta de geração para geração. Depois disso, a aula se transforma em sucessivos cálculos de frações e porcentagens para determinar as chances de um indivíduo possuir ou não um caráter hereditário (CAMPOS; BORTOLOTO; FELÍCIO, 2002, p. 49).

A reforma do Ensino Médio, envolvendo aspectos interdisciplinares, de contextualização e de uma visão sistêmica da Biologia (CAPRA, 2006) tem evidenciado o contexto sócio-histórico-cultural para o desenvolvimento cognitivo do aprendiz. A zona de desenvolvimento proximal (ZDP), compreendida como “a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de

desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação do adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes” (VIGOTSKY, 2007, p. 97) pode ser explorada a partir de atividades pedagógicas bem elaboradas. Prevalecendo a relação aluno-aluno nesse processo, o mais capaz contribuirá para o avanço cognitivo do aluno menos capaz, pois as interações sociais 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 tal, propostas inovadoras na prática docente permitem criar inquietude interna no aluno, favorecendo a apropriação de conhecimentos (KISHIMOTO, 1996). Assim, o uso de jogos educativos no processo de ensino-aprendizagem tem sido uma excelente ferramenta para promover, desde a fase infantil até a fase adulta, o interesse, a participação, a socialização, a criatividade, a aprendizagem, a cooperação e a maturidade, pois torna o sujeito ativo no processo (FREIRE; MORAES, 2005; MORENO MURCIA, 2005; HUIZINGA, 2004; KISHIMOTO, 1996).

A partir dessas considerações, os jogos educativos têm surgido como uma alternativa viável, geralmente como parte de uma estratégia para o desenvolvimento de conceitos, tendo sido testados e aprovados por professores de Biologia (FITTIPALDI; ROCHA, 2006; JUSTINIANO et al., 2006; RAMALHO et al., 2006; LOPES, 2005; BARROS, 2004). Estes relatos descrevem resultados significativos que expressam a satisfação do aluno e do professor com os jogos didáticos. Enquanto ferramenta propõe-se que o jogo ofereça novas formas para ajudar na compreensão e no interesse em estudar os conteúdos da Genética, favorecendo a apropriação do conhecimento pelo aluno. Além disso, possibilita um diagnóstico por parte do professor quando do contato inicial dos alunos com esses conteúdos (FREIRE e MORAES, 2005). Vale ressaltar ainda que este contato inicial refere-se também, como aplicado neste trabalho, a uma forma inovadora de analisar os fenômenos biológicos dentro de uma perspectiva articulada e contextualizada, compatível com a visão sistêmica proposta por Capra (1996, 2002; 2006).

Nesta perspectiva foram desenvolvidos e aplicados dois jogos baseados em conceitos formais da Genética, caracterizados pela abstração e descontextualização, focando as possíveis inter-relações e sobreposições na área da própria Biologia. Como marcos teóricos ressaltam-se o sócio-interacionismo (VYGOTSKY, 2007) e a visão sistêmica dos sistemas vivos (CAPRA, 2002;1996). Assim, o objetivo deste trabalho foi diagnosticar o estabelecimento de associações entre os conceitos científicos propostos, articulando-os e sobrepondo-os a partir da negociação dos saberes já adquiridos anteriormente.

METODOLOGIA

Este estudo de caso, exploratório, foi desenvolvido com uma amostra (n=8), oriunda de diferentes escolas particulares do Recife (PE), com idade entre 17 e 21 anos. Foram organizados em dois grupos: **A**, alunos do 3º ano do Ensino Médio (participantes 1, 2, 3 e 4) e **B**, graduandos em diferentes áreas, sem relação direta com as Ciências Biológicas, como Direito (participante 5), Design (participante 6) e Sistemas de Informação (participantes 7 e 8). Este piloto serviu como base para a aplicação posterior em alunos de licenciatura e em professores formadores de Biologia (formação inicial) para identificar as dificuldades desses indivíduos em trabalhar numa perspectiva sistêmica. Foram desenvolvidos e utilizados dois jogos: (1) jogo Trinca de Cartas e (2) Jogo de Dominó, para trabalhar conceitos relacionados à Genética. Além dos jogos, outros

instrumentos foram também usados: filmagem para registro das argumentações e negociações intra-grupo e fotografia digital para registro das associações estabelecidas.

O jogo Trinca de Cartas propõe o estabelecimento da associação de uma tríade: **Palavra/Conceito/Imagem**, sendo organizado a partir de treze tópicos: gene, genótipo, fenótipo, cromossomo, cromossomo homólogo, gene alelo, ciclo celular, probabilidade, RNA, DNA, cromatina, proteína e 1ª Lei de Mendel. O Jogo de Dominó baseou-se em nove tópicos relevantes para o estudo da Genética, bem como 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 peças coloridas, contendo os nomes dos nove conceitos. Vale ressaltar que foi seguida a estratégia do jogo de dominó, pois:

Antes da confecção do jogo, é necessário um planejamento prévio e um estudo do jogo de dominó para que o arranjo das pedras fique perfeito, pois é preciso que todas as peças se encaixem; portanto, é importante [...] fazer um jogo com a mesma estrutura original (LOPES, 2005, p.93).

Os dois jogos foram trabalhados seqüencialmente. No primeiro jogo, Trinca de Cartas, os grupos teriam que formar as treze trincas articulando Palavra/Conceito/Imagem. Para o Jogo de Dominó, o desafio estava em associar o maior número possível de pedras, identificando os conectores, estabelecendo um mapa conceitual de forma modificada. Para isso, o trabalho cooperativo entre os participantes, utilizando argumentos e negociações, permitiria o avanço cognitivo de cada grupo. O aspecto diferencial no Jogo de Dominó são as possíveis conexões conceituais numa mesma associação, permitindo expor a visão de cada grupo quanto às articulações e sobreposições entre esses conceitos no macro e micro-universo. Esta proposta fortalece uma concepção não-linear da Genética, onde esta “teia interconexa de relações” (CAPRA, 1996, p. 49) conceituais permite uma melhor compreensão de escala, sobreposições e particularidades desses conceitos em contraste à fragmentação dos mesmos como abordados em uma visão linear. A análise dos dados fundamentou-se nos comportamentos atitudinais, na argumentação e nas representações conceituais, considerando suas articulações e sobreposições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível evidenciar negociação e atitudes cooperativas nos dois grupos. A análise dos registros áudio-visuais evidenciou maior interesse e atitudes mais cuidadosas com as tomadas de decisões entre os participantes do grupo A, caracterizado pelo compartilhamento de conhecimentos e dúvidas, retomando ou lembrando de situações vivenciadas em sala de aula. As atividades do grupo B, ainda que cooperativas, se diferenciaram marcadamente pelo uso principalmente do raciocínio lógico.

1. Estabelecendo associações/relações entre Palavra-Concepto-Imagem: Jogo Trinca de Cartas

Foi possível identificar diferentes etapas, peculiares de cada grupo. O primeiro momento destinado ao Jogo de Trinca foi o conhecimento das cartas. Uma vez que o grupo A não teve a iniciativa desta prática, foi necessário estimulá-lo. A partir daí, este grupo não só tentou conhecer as cartas, como também discutiu as possíveis trincas. Assim, duas etapas foram identificadas durante as atividades do grupo A: (1) o **reconhecimento das cartas com formação das trincas** - que retrata quase todas as discussões e negociações, algumas com resistência argumentativa - e (2) o **jogo propriamente dito**. Com exceção das trincas “fenótipo” e “alelos” as demais permaneceram iguais às pré-formadas. Já no grupo B registraram-se três etapas, distintas daquela: (1) o **reconhecimento das cartas** de forma rápida e dinâmica, com pouco ou nenhum diálogo; (2) o **jogo propriamente dito** com pequenas dúvidas apreciadas e sanadas, no decorrer, a partir das interações, sem resistência argumentativa; e (3) **revisão das trincas construídas**,

com discussões e negociações relevantes ao final do jogo. O perfil de saída do grupo B faz pensar que o “domínio de conteúdo” tenha favorecido a não formação das trincas durante o conhecimento das cartas.

Durante a primeira etapa, o **grupo A**, identificou as imagens com os termos para, em seguida, “encaixar” os conceitos. Então, inicialmente surge a questão:

- *O que é Alelo?* (participante 3)
- *Alelo é a interação do ser com outro ser, tá ligado! Só que tem cenobiose e alelobiose. É diferente. A cenobiose que é o ser com outro ser da mesma espécie...* (participante 2)

Percebe-se que o participante tentou estabelecer uma homologia conceitual entre Genética e Ecologia. Será que o alelo da Ecologia não teria o mesmo significado do alelo da Genética? Esta idéia fez estabelecer a relação do termo “alelos” com a imagem de “fenótipo”. Já a imagem “genótipo” foi associada ao termo “fenótipo”. Em discussão, surge o diálogo:

- *Fenótipo é o que é hereditário?* (participante 2)
- *Não, é genótipo.* (participante 4)
- *Fenótipo é o adquirido?*
- *É.*

Nesta etapa, as associações entre palavra e imagem foram rápidas, quase sem discussão. Já para os conceitos, algumas associações foram desfeitas e refeitas na primeira etapa. O conceito de fenótipo, por exemplo, antes de ser relacionado ao próprio termo, foi associado à palavra e imagem de “gene”, surgindo à contrapartida:

- *Não, isso é fenótipo. Você nasce branquinho, seu gene diz que você tem a característica de ser branco, você leva sol e fica pretinho. É a interação genótipo com o meio.* (participante 4)

A Figura 1 ilustra algumas associações obtidas após a discussão e a negociação dos grupos, das quais merecem destaque pelas discussões e argumentações as Figuras 1A e 1E: o participante 2 associou o conceito de “ciclo celular” à palavra “alelos”, embora sem argumentação. Já a participante 3 achava que o conceito de “cromossomos homólogos” estava na carta correspondente ao ciclo celular. A participante 4 discorda e argumenta que o conceito de ciclo celular está claro quando a palavra eventos é citada e associa à imagem que retrata os eventos pelos quais passa a célula. Nesta oportunidade, argumenta que o conceito de alelo é a carta apontada pela participante anterior. A princípio, houve resistência à aceitação.

Na segunda etapa do grupo A, o jogo propriamente dito, quando alguma trinca era associada diferente àquela formada anteriormente, os componentes questionavam. Por exemplo, o participante 1 descarta a trinca – Cromossomo Homólogo (P) - Gene (C) – Cromossomo (I). O discurso da contrapartida em relação à imagem revela dificuldade de escala entre cromossomo e gene, embora o argumento esteja relacionando à trinca pré-formada. Vejamos:

- *Acho que não. Essa imagem é cromossomo. É esse o desenho (imagem de gene). Veja, porque aqui ele tá mostrando o locus que é o espaço onde o cromossomo fica.* (participante 2)

Durante o jogo outras trincas retomavam a discussão, porém sem alteração. Já nas últimas trincas houve questionamentos entre as imagens de genótipo e fenótipo, respectivamente:

- *Essa imagem é o que? É probabilidade?* (participante 4)
- *Não.* (participante 3)
- *Essa deve ser genótipo, eu quero saber qual a imagem de fenótipo.* (participante 2)

Participante 4 mostra a imagem dos bebês (fenótipo).

- Acho que isso é alelo... Tem outra imagem que pode ser fenótipo? Sei não, deve ser essa mesmo. (participante 2)

Algum tempo depois...

- Isso aqui é o quê, genótipo é? (participante 4)

- Eu acredito que essa seja o que tô procurando, fenótipo, não? (participante 2)

- Isso não é alelo, pô! (participante 1)

- Qual é o conceito de fenótipo? (pesquisadora.). Participante 2 lê o conceito.

- Qual é a imagem que mais se aproxima de fenótipo? (pesquisadora)

Participante 3 aponta para as imagens dos bebês.

Eu acho que é essa porque fala das características... É fenótipo? (participante 2)

- Eu acho que é genótipo. Ele não tem nenhuma interação com o meio... São bebês (participante 4)

Você acha que os bebês não têm nenhuma interação com o meio? (pesquisadora)

É. (participante 4)

Após o exemplo dos gêmeos uni - vitelinos que se separaram, vivendo em diferentes contextos, há um consenso e decidem ser fenótipo. A imagem de “genótipo” foi associada ao termo “alelos”.

A partir dos resultados finais, observa-se uma inversão entre os termos e as imagens propostas, quando a seqüência esperada deveria relacionar, respectivamente: “alelos”, 1B; “cromossomos homólogos”, 1C e “genótipo”, 1A. As demais imagens foram associadas às respectivas palavras corretamente. É importante ressaltar que os conceitos citados estão intimamente relacionados quanto à estrutura e função, porém se diferenciam numa questão de escala, pois o genótipo compreende o conjunto de cromossomos homólogos, os quais hospedam o conjunto dos genes, inclusive os alelos.

A discussão para “encaixar” os conceitos corretos inclui outras situações, além da inversão. O conceito escolhido para a trinca da Figura 1A foi o que melhor conceitua cromossomos homólogos (e vice-versa), e o que chamou a atenção deste grupo foi a palavra “pareamento”, que logo remeteu à imagem das duas ervilhas emparelhadas. Também houve troca de conceitos entre 1ª Lei de Mendel e genótipo (Figuras 1C e 1D), justificados pelos participantes que a lei da segregação envolve a separação dos genes maternos e paternos. Assim que identificaram na imagem de cromossomos homólogos as palavras “pai” e “mãe”, associaram conceito e imagem.

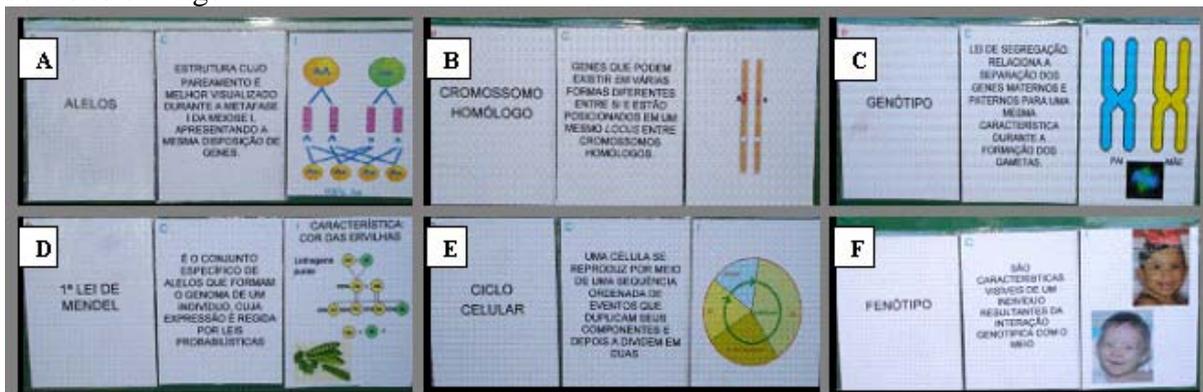


Figura 1: Trincas formadas pelo grupo A (A, B, C e D) e por ambos os grupos (E e F).

Da mesma forma que ocorreu nos conceitos anteriores, os conceitos de gene, cromatina e cromossomo foram invertidos entre si. Esta tríade de obstáculos lacunares observada em conexão linear compõe-se de uma visão desarticulada dos conceitos. No entanto, se estabelecêssemos articulações, dizendo que o gene está presente na cromatina e que esta, durante a divisão celular, assume as características de cromossomo, veríamos o quanto estão próximas. Considerando o fato desses conceitos serem trabalhados de forma fragmentada e linear, o aluno não consegue

visualizar estas relações. E qual a relevância deste fato? Compreender a complexidade dos sistemas vivos. Assim, não basta conhecer a localização de determinados genes; é preciso conhecer o seu funcionamento, pois o elemento principal passa a ser a organização das redes metabólicas juntamente com as complexas e dinâmicas restrições físicas e químicas do ambiente. Essa abordagem é compatível com a compreensão não-linear da Biologia (CAPRA, 2002).

A discussão de maior relevância, do **grupo B**, se deu ao final do jogo quando a última trinca formada - “cromossomo homólogo” (P) – “cromossomo” (C) – “fenótipo” (I) – pareceu estranha. A última palavra não batia com a carta-imagem que havia sobrado. Neste momento o grupo sentiu a necessidade de rever algumas imagens dos seguintes termos: “fenótipo”, com imagem de 1ª Lei de Mendel (Figura 1D), “cromossomo homólogo”, com imagem de fenótipo (Figura 1F) e “1ª Lei de Mendel”, com imagem de cromossomo homólogo (Figura 1C). Então, surge o diálogo:

- *Por que essa imagem dos bebês em cromossomos homólogos?*(participante 6)
- *Esta poderia se encaixar na trinca de fenótipo. Então para onde iria esta imagem (1ª Lei de Mendel)?* (participante 7).
- *Caberia na trinca 1ª Lei de Mendel* (participantes 5 e 6).
- *A imagem das ervilhas (1ª Lei de Mendel) poderia ficar em fenótipo e a imagem de bebês (Fenótipo) ficaria em probabilidade.* (participante 8)
- *A chance de ocorrência tem a ver com probabilidade.* (participante 5 se referindo a imagem da trinca “probabilidade”)
- *A figura dos bebês também poderia dizer isso.* (participantes 7 e 8)
- *Por que usaria logo ervilha pra falar sobre fenótipo e não 1ª Lei de Mendel?* (participante 5)

Por que este grupo teve maior dificuldade nas imagens? A interpretação de imagens pleiteia um olhar mais profundo que promove condições e habilidades plenas para aplicá-las em qualquer situação contextual. O grau de abstração e contextualização permite favorecer tais habilidades juntamente com a capacidade de relacionar o macro com o micro-universo. Isto reforça a importância de utilizar não apenas os esquemas propostos nos livros didáticos, mas também fotomicrografias que ilustram dentro de um contexto mais próximo do real. O perfil de saída do grupo B, após a conclusão do Ensino Médio, parece não contemplar esta vertente epistemológica. Neste trabalho, vale ressaltar, que o objetivo primordial foi estabelecer um diagnóstico preliminar acerca das dificuldades de associação/articulação entre alguns conceitos básicos da Genética, previamente trabalhados. Assim, as imagens selecionadas para a construção dos jogos realmente deveriam privilegiar aspectos facilmente reconhecíveis pelos componentes da amostra.

O Quadro 1 mostra os resultados finais das trincas de ambos os grupos. No grupo B todas as trincas formadas foram compatíveis, sendo apenas invertidos os conceitos de “cromossomo homólogo” e “cromossomo”. No grupo A, é importante ressaltar que o estabelecimento da associação Palavra e Imagem foi favorecida (10/13), enquanto apenas foram registrados 6 associações corretas. As associações Palavra-Concepto (0/10) e Concepto-Imagem (1/10) foram pobremente utilizadas. A utilização de imagens dentro da proposta do jogo foi avaliar o processo de leitura e interpretação a partir da comparação entre as variáveis encontradas em cada imagem com as variáveis de percepção de cada grupo (LOPES, 2007). Reforçando esse viés, a habilidade de interpretação de gráficos, tabelas e diagramas é trabalhada durante o Ensino Médio e avaliada pelo ENEM (DALEFI, 2007). Sugere-se, então, que tais circunstâncias favoreceram, *a priori*, a relação entre imagens e palavras, para somente depois, “encaixar” os conceitos. Outro aspecto observado foi o estabelecimento de algumas associações sem dificuldades cognitivas, tais como: DNA, RNA, probabilidade e proteína. Embora o grupo B não tenha seguido esta estratégia, foi observadas dificuldades de interpretação com as imagens, principalmente a dos bebês. O diagnóstico deste procedimento faz crer que a negociação entre os participantes de cada grupo foi fundamental para a formação dessas associações. Embora o grupo A tenha obtido apenas 6

trincas corretas, o levantamento de questões e discussões durante o processo, retratam concepções prévias dos alunos que, por sua vez, são fundamentais para a elaboração de uma intervenção sistematizada acerca desses conteúdos. Tal sistematização favoreceria a interação professor-aluno, assim como as condições propícias para a necessária abstração dos conceitos propostos, de acordo com a proposição de Vygotsky (2007). Ele enfatiza a importância da interação social e coloca que a discussão e a negociação entre indivíduos de competências diferentes são fundamentais no processo de aprendizagem. A interação social permite a ampliação da ZDP, pois há uma construção conjunta de estratégias para solucionar pequenos desafios pertinentes para a compreensão contextualizada e articulada dos conceitos básicos da Genética (FROTA; ANGOTTI, 2002).

Quadro 1: Registro das trincas formadas pelos grupos A e B.

Palavra	Grupo A		Grupo B	
	Conceito	Imagem	Conceito	Imagem
Gene	Cromatina	Gene	Gene	Gene
G. Alelo	C. homólogo	Genótipo	G. Alelos	G. Alelos
Cromossomo	Gene	Cromossomo	C. Homólogo	Cromossomo
C. homólogo	G. Alelos	G. Alelos	Cromossomo	C. Homólogo
DNA	DNA	DNA	DNA	DNA
RNA	RNA	RNA	RNA	RNA
Cromatina	Cromossomo	Cromatina	Cromatina	Cromatina
Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo	Fenótipo
Genótipo	1ª Lei de Mendel	C. Homólogo	Genótipo	Genótipo
Ciclo celular				
Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade	Probabilidade
1ª Lei de Mendel	Genótipo	1ª Lei de Mendel	1ª Lei de Mendel	1ª Lei de Mendel
Proteína	Proteína	Proteína	Proteína	Proteína

Em suma, a discussão do grupo A se voltou para os conceitos, enquanto o grupo B se remeteu às imagens. Por que isso aconteceu? Com relação ao grupo A não há compreensão de escala entre gene (incluindo alelos), cromossomo (incluindo homólogos) e genótipo, além de apresentar lacunas conceituais entre estes conceitos. O grupo B apresentou dificuldades de compreensão e aplicação de imagens no macro e micro-universo. Esta situação trás a realidade atual a respeito do ensino fragmentado e não-linear da Biologia, especialmente da Genética.

2. Articulação dos conceitos científicos entre si e entre áreas afins: Jogo de Dominó

Inicialmente, foi explicitado que ambos os grupos poderiam retornar ao jogo de trincas para auxiliar no lance das pedras. O grupo A o fez em vários momentos, além de retornar às seqüências anteriores, fundamentando as negociações e tomadas de decisões nas jogadas. Embora utilizasse a lógica das palavras, prendendo-se a determinadas palavras para explicar e/ou fundamentar algum conceito, o fator diferencial do grupo A foi o surgimento de discussões ao escolher uma pedra independente de associá-la ou não à jogada. Dessa forma, alguns registros dialógicos revelam as chances de articulação entre os conceitos, embora os participantes não percebessem. Já o grupo B descartava de imediato a peça em mãos quando não se relacionava com o conector, previamente identificado, pois prevalecia a lógica das palavras. Além disso, sabendo da lógica do jogo de dominó, o participante 7 fazia a contagem de pedras a partir dos conectores para saber se tinha chances de associar novamente ao mesmo conector. No entanto, não percebia que as sobreposições também poderiam acontecer e, neste caso, aumentariam as

chances de aparecimento. Isto evidencia a desarticulação dos conceitos entre si e entre áreas afins durante os argumentos discursivos dos participantes. Por exemplo, proporção e quantitativamente dava a idéia de probabilidade, visão unicamente matemática. O genótipo trás as possibilidades de combinações gênicas a partir do cruzamento e, desta forma, representa também a proporcionalidade deste evento. O próprio Mendel observou aspectos quantitativos relacionados com as características fenotípicas das ervilhas. Portanto, os aspectos biológicos estão bem próximos e articulados com os aspectos matemáticos e não em dimensões diferentes.

A Figura 2 ilustra algumas lacunas conceituais em ambos os grupos. Observa-se que existem lacunas conceituais entre os termos “cromatina” e “cromossomo” (Figuras 2A e 2B). O grupo B, escolhe inicialmente o conector cromossomo, porém como já havia este na associação vizinha, foi descartada esta opção para não parecer uma carroça (Figura 2A). Em nenhum momento cogitaram a possibilidade de ser cromatina. Vejamos o diálogo:

- *É ciclo celular por conta da palavra interfásico.* (participante 6)
- *Não, ele quer saber o que é composto de DNA e proteína.* (participante 5)
- *Não é RNA?*
- *Não.*
- *Cromossomo você encontra no núcleo interfásico que ele começa a se condensar.* (participante 7)
- *Se colocar cromossomo seria uma carroça, então é gene.* (participante 6)

Em outros momentos, mesmo com a ausência do conector “cromatina”, não foi questionado a ausência e nem sugerido nas demais associações. Assim, foi colocando o conector cromossomo em todas as situações que cabia cromatina e, só ao final do jogo, optou em redistribuir esses conectores (Figuras 2C e 2D). Neste caso, não ocorreu sobreposição de conceitos. É importante ressaltar que esta lacuna conceitual não foi evidente no jogo anterior, provavelmente por estabelecer apenas associação/relação sem outras possibilidades. Vejamos a discussão:

- *O cromossomo no começo você não vê aí depois ele vai se condensando em forma de espiral.* (participante 7)
- *Aqui fala da heterocromatina que é uma parte do cromossomo que tem um alto grau de compactação e baixa atividade.* (participante 8)

É sabido que tanto o cromossomo como a cromatina possuem os mesmos componentes químicos, porém se diferenciam pela configuração/estrutura das moléculas diante dos eventos observados no ciclo celular, daí o diferencial funcional. A Figura 3 ilustra as dificuldades de dimensionalidade/escala entre gene e genótipo. Embora, o participante 7 tenha afirmado que o “*genótipo é conjunto tipo Aa e gene é só um tipo A*”, não foi aplicada sua compreensão nesta associação (Figura 3B). Já os participantes do grupo A demonstraram esta dificuldade em ambos os jogos (Figura 3A).

3. Visão linear e não linear da Genética: um caminho para as possibilidades (sobreposição de conceitos): Jogo de Dominó

A visão linear no processo de ensino e 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, pois 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 4 ilustra algumas associações lineares e não lineares. O discurso da Figura 4A retrata uma situação de linearidade, endossando a compreensão fragmentada dos conteúdos:

- *Sua expressão é regida.... É probabilidade.* (participante 8)
- *Não sua expressão... Genótipo ou Fenótipo.* (participante 5)
- *Mas fenótipo são as características visíveis.* (participante 7)
- *É exatamente, então é genótipo.* (participante 5)

Outras situações de linearidade são ilustradas nas Figuras 4B e 4C, no qual a mesma imagem obteve interpretações diferentes nas duas amostragens. Enquanto o grupo A foi direto no termo “DNA”, o diálogo do grupo B mostrou que a idéia de continuidade da molécula de DNA não estava presente na imagem em questão e, por isso, surgiu à discussão:

- *Isso é gene.* (participante 5)
- *Isso é DNA..* (participante 7)
- *Como é? É DNA ou gene?* (participante 6)
- *Não, porque o gene tá dentro do DNA.* (participante 7)
- *Mais isso aqui só tem um trecho.* (participante 5)
- *Realmente só tem um pedacinho.* (participante 6)
- *Eu acho que é DNA.* (participante 7)

Quanto à sobreposição dos conceitos é provável que o reforço da pesquisadora, neste aspecto, tenha favorecido a colocação de mais de um conector, pois se observou não haver uma visão conceitual em rede nos dois grupos. Esta pode ser compreendida na perspectiva de CAPRA (1996, 2002 e 2006), em que os fenômenos biológicos interagem e se articulam nos diferentes níveis de organização (molécula, célula, tecido, órgão, sistema, indivíduo, ecossistema), sem que um nível prevaleça frente aos demais. Uma alteração no metabolismo celular poderá desencadear alterações significativas na fisiologia do indivíduo e em suas interações com o meio – esta compreensão tem sido considerada importante na gênese e na fisiopatologia de muitas doenças, como as neoplasias. Por outro lado, modificações em escalas maiores (a exemplo do efeito do aquecimento global sobre a conservação e manutenção da sanidade das espécies) interfere em sistemas celulares e moleculares originalmente normais. Pelo exposto, compreender as interações e articulações entre os diversos conceitos trabalhados favorece a apropriação de um continuum biológico (MOROWITZ, 1992, apud CAPRA, 2002).

As Figuras 4D, 4E, 4F, 4G e 4H ilustram as sobreposições, exclusivamente, entre genótipo, fenótipo e probabilidade. A Figura 4G ilustra uma sobreposição de conceitos sem a articulação das duas pedras. Na figura 4H foi cogitada a palavra gene, no entanto quando leram a palavra “quantitativamente” então, relacionaram de imediato com probabilidade. Quanto à imagem várias possibilidades surgiram como: gene, genótipo e probabilidade.

CONCLUSÃO

Concluimos que os alunos de Ensino Médio e graduandos de diversas áreas do conhecimento compreendem parcialmente os conceitos básicos da Genética quanto às associações/relações, sem estabelecer articulações e sobreposições. O ensino desses conteúdos científicos, fragmentado e dissociado, nos contextos intra e interdisciplinar, impossibilita estabelecer articulações e sobreposições, de forma coerente com as idéias propostas por Capra.

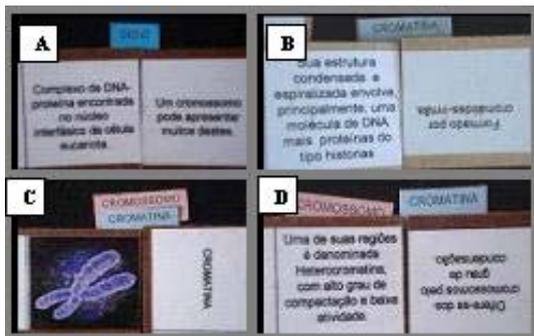


Figura 2: Lacunas conceituais entre cromossomo e cromatina: grupo A (B) e grupo B (A, C e D).

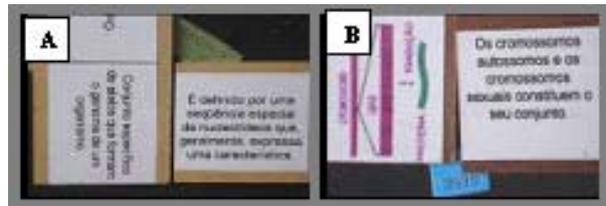


Figura 3: Dificuldade de escala do grupo A (A) e grupo B (B) entre genótipo e gene.

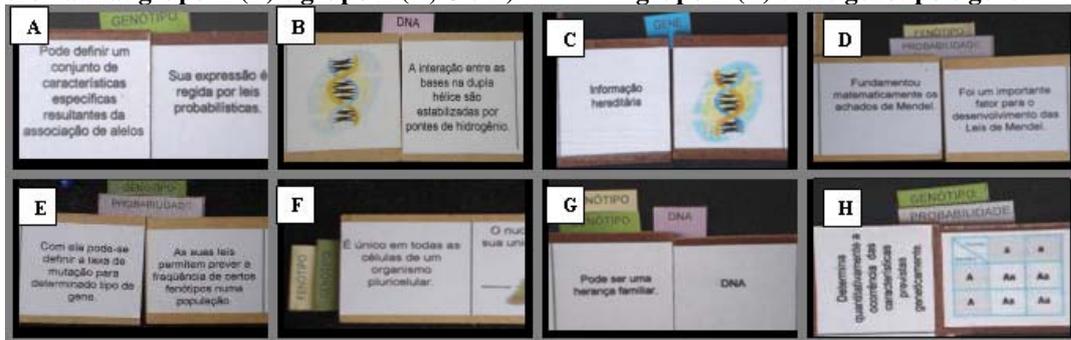


Figura 4: Visão linear do grupo A (B e D) e do grupo B (A e C); visão não linear - sobreposições de conceitos do grupo A (D, E e F) e do grupo B (G e H).

REFERÊNCIAS

BARROS, M. P. O uso do jogo “dominó/DNA” na aprendizagem de duplicação de cromossomo na escola de aplicação da FFPG/UPE. 2004. 126. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELÍCIO, A. K. C. **A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e Biologia:** uma proposta para favorecer a aprendizagem. Disponível em: <[http://www.unesp.br/prograd/PDFNE 2002/aproducaodejogos.pdf](http://www.unesp.br/prograd/PDFNE%202002/aproducaodejogos.pdf)> p. 47- 60. Acesso em: 06 out. 2006.

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

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

_____. et al. (STONE, M. K., BARLOW, Z., eds.). **Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável.** São Paulo: Cultrix, 2006.

CID, Marília e NETO, Antônio J. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. In: **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, n. extra, p. 1-5, nov. 2005. VII Congreso sobre Investigación en la didáctica de las ciencias. Institut de Ciències de L’Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona. Disponível em: <www.blues.uab.es/~sice23/>. Acesso em: 15 jan. 2007.

DALEFI, R. Além do conhecimento. In: Guia ENEM (Fascículo 1), **Época**. n. 476, p. 4-5. 2007.

FABRÍCIO, Maria de Fátima Lima. Obstáculos à compreensão das Leis de Mendel por alunos de Biologia na Educação Básica e na Licenciatura. 2005. 102. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

FITTIPALDI, C. D.; ROCHA, M. F. Aplicação e análise do jogo “determinando o sexo”. In: XVII ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17, 2006, Recife. **Programa...** Recife: Sociedade Brasileira de Genética, 2006. CD.

FREIRE, Alexandre de Sá; MORAES, Milton Ozório. O lúdico na aprendizagem significativa como instrumento para a introdução dos conceitos da “Nova Biologia”. In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5, 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005. p.1-7. Disponível em: <<http://www.accessexcellence.org/RC/AB/BC/casestudy2.html>>. Acesso em: 06 jan. 2006.

FROTA, P. R. O.; ANGOTTI, J. A. P. ZDP – Potencialidade para a construção de estratégias de desempenho educacional. In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2002, Águas de Lindóia: São Paulo. **Atas....** São Paulo:SBF, 2002.

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: Guanabara Koogan, 2006.

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

JUSTINIANO, S. C. B.; MORONI, R. B.; MORONI, F. T.; SANTOS, J. M. M. Genética revisando e fixando conceitos. In: **Genética na escola** – SBG, v. 1, n. 2, p. 51-53, 2006.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. São Paulo: Cortez, 1996.

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

LOPES, Fernanda Muniz Brayner. 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, Maria da Glória. **Jogos na educação: criar, fazer, jogar**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MORENO MURCIA, J. A (org.). **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky - Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. 4 ed. São Paulo: Scipione, 1997.

PAIVA, A. L. B; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. In: **Ensaio** – Pesq. Educ.Ciência, Belo Horizonte, vol. 7 n. Especial, p. 1-20, dez., 2005. Disponível em: <www.fae.ufmg.br/ensaio/vol7especial/artigopaivamartins.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2007

RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B.; SILVA, G. S.; SOUZA, J. C. Ajudando a fixar os conceitos de genética. In: **Genética na escola** – SBG, v. 1, n. 2, p. 45-49, 2006.

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

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