

A INFERÊNCIA NA CONSTRUÇÃO DE MODELOS MENTAIS DE CÉLULA^a

THE INFERENCE IN CELL MENTAL MODELS CONSTRUCTION

Mônica Fogaça¹

¹USP/ Faculdade de Educação/ m.fogaça@uol.com.br

Lino de Macedo²

²USP/ Instituto de Psicologia – professor titular / lmacedo@usp.br

Formatado

Resumo

Neste trabalho, baseado na Epistemologia Genética de Piaget, investigamos o processo de compreensão do modelo científico de célula por estudantes de Ensino Médio e a sua relação com as transformações de seus modelos e operações mentais por meio de oficinas com o jogo “dominó do ciclo celular”, inventado pelos autores. A análise sugere que a compreensão progressiva deste modelo depende da produção de diversos tipos de inferências que possibilitam aos sujeitos agir cognitivamente sobre objetos que não podem ser assimilados diretamente, transformando seus modelos mentais em função do nível das operações empregadas. Assim, o uso de inferências de alto nível permitiu a construção de um tipo de conhecimento referente ao estágio do pensamento formal, chamado pelos autores de “noção do objeto invisível”. A seqüência observada quanto ao nível das inferências foi: indução, abdução e dedução.

Palavras- chave: célula, ensino de biologia, aprendizagem de conceitos, aprendizagem de modelos científicos, inferência

Abstract:

This research, based on Piaget’s Genetic Epistemology, evaluated the relationship between the comprehension of cell’s scientific models by secondary level school students and the changes on their mental models and skills while they played a game named “Domino of cellular cycle”, constructed by the authors. The results of the research draw to the conclusions that the comprehension of cell’s scientific models depends on the use of several types of inferences: induction, abduction and deduction. We propose that the use of high level inferences allow the construction of a type of knowledge related to the formal operatory stage: the “invisible” object notion.

Key- words: cell, biology education, concept learning, science models learning, inference.

^a Este artigo é uma versão condensada da dissertação de mestrado (Fogaça, 2006) do primeiro autor sob a orientação do segundo.

INTRODUÇÃO

As disciplinas do ensino médio, em geral, recorrem a modelos científicos que representam a explicação de fenômenos sem atributos observáveis diretamente (ou com poucos atributos). Estes modelos são complexos e necessitam do uso de operações hipotético-dedutivas para sua assimilação, o que oferece muitas dificuldades aos estudantes.

Dentre esses modelos, encontram-se os que explicam a célula. Uma revisão bibliográfica feita por Palmero (2000) acerca da aprendizagem do conceito “célula” identificou várias dificuldades na sua compreensão, por estudantes que possuíam entre 13 e 18 anos, em 72% dos trabalhos que investigou. As dificuldades encontradas se referiam à compreensão da organização celular e dos processos vitais, ao desconhecimento de conceitos físicos e químicos para integrá-los aos biológicos e à dissociação entre o padrão celular e o de vida em outras escalas de tamanho. Uma queixa comum dos estudantes aos autores deste trabalho refere-se à sua dificuldade em compreender o modelo, porque não conseguem “visualizá-lo”, mesmo quando dispõem de ilustrações. O termo visualizar quer dizer poder enxergar o objeto internamente, em sua mente.

A compreensão do modelo de célula pelos estudantes é fundamental na disciplina de Biologia. O fenômeno vida é um sistema que integra elementos em múltiplos níveis, sendo a célula o menor elemento e o que se repete na estruturação dos demais. presentes nas outras escalas. A célula é o elemento que determina a estrutura e os mecanismos existentes em todo o mundo vivo. Além disso, múltiplas questões chegam à sala de aula, decorrentes, principalmente, do bombardeio de informações e imagens apresentadas pela mídia, versando sobre transgênicos, clonagem, molécula de DNA, células-tronco, drogas que atuam no comportamento humano, reações e mecanismos envolvidos na constituição das doenças (AIDS, câncer, estresse). Ou seja, essas informações e imagens fazem parte da cultura dos estudantes do Ensino Médio. Assim, a compreensão do modelo de célula de forma contextualizada pode contribuir para que os estudantes se apropriem destes elementos e possam tomar decisões quanto ao consumo de produtos e à seleção de práticas culturais. Trata-se de uma aprendizagem relevante para a vida de cada estudante e para o cuidado com a vida em seu entorno.

Tendo em vista o que foi exposto, tomamos por objeto de estudo o processo de compreensão da representação da célula, um modelo científico referente a um objeto com poucos atributos perceptíveis.

O SISTEMA COGNITIVO PROPOSTO POR PIAGET E O PAPEL DA INFERÊNCIA

Optamos por fundamentar a pesquisa na Epistemologia Genética de Piaget, segundo a qual compreender não é internalizar o real como uma cópia, nem tampouco reduzir o real a uma projeção mental do sujeito. Compreender, em uma visão construtivista, é um processo em que o conhecimento da realidade ocorre por meio de uma relação de interdependência entre o sujeito e o objeto (Macedo, 2002a). Interdependência significa que as partes e o todo constituintes do processo influenciam-se mutuamente. Assim, a compreensão do objeto por parte do sujeito é responsabilidade de ambos, sendo necessário que haja interação entre eles de forma efetiva. A interdependência é uma relação dialética entre sujeito e objeto expressa, por exemplo, no modelo de interação proposto por Piaget (1976 a, p.52) conforme a figura 1.

As *coordenações do objeto* (Coord. O) correspondem às suas propriedades intrínsecas, como por exemplo, a organização de sua estrutura. Essas propriedades não são observáveis diretamente, mas apresentam alguns atributos que podem ser percebidos, denominados *observáveis do objeto* (Obs. O). As *coordenações do sujeito* (Coord. S) referem-se ao seu

sistema cognitivo, em relação ao modo como está estruturado em determinado momento histórico. O *observável do sujeito* (Obs. S) é o que o observador selecionou dentre as características presentes no objeto físico com que entrou em contato. A cada mudança em um dos elementos do modelo, todos os outros também sofrem transformações.

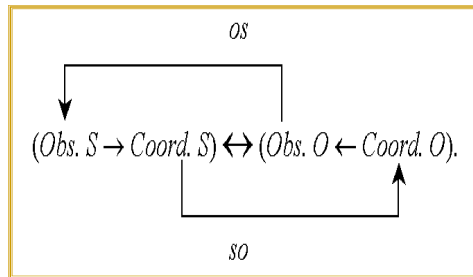


Figura 1. Modelo de interação sujeito – objeto, segundo Piaget (1976).

Segundo Piaget (1967/ 2003) os elementos básicos do sistema cognitivo são os esquemas de ação. Cada tipo de esquema é um modo organizado e abstraído de um tipo de ação ou operação que o sujeito efetua. Os esquemas de ação possuem duas funções: a assimilação e a acomodação. A assimilação torna o sujeito capaz de atuar sobre vários objetos e compreendê-los de certa maneira, *assimilando-os*. Mas os objetos oferecem resistências ao modo como o esquema de ação está estruturado em função de suas características próprias, o que implica *acomodar* ou adaptar cada tipo de esquema de ação às características do objeto ou situação. O processo de acomodação gera diferenciações no esquema de ação mais primitivo e o desenvolvimento dos esquemas de ação (produzidos a partir de alguns esquemas reflexos) forma outros tipos de esquemas mais sofisticados, como os operatórios, por exemplo.

No entanto, a transformação contínua dos esquemas, denominada diferenciação, em determinados momentos, cria um feixe tão rico de possibilidades de assimilação dos objetos que se torna necessária a integração das variações do esquema original ou deste esquema com outros para organizar o sistema cognitivo total, ou seja, é importante estabelecer um padrão que garanta a unidade entre as várias possibilidades dos esquemas anteriores.

A integração deste feixe de esquemas diferenciados é feita por uma assimilação mútua ou recíproca entre eles, isto é, uma coordenação de esquemas. Os esquemas de ação se coordenam quando encontram um ponto de afinidade entre eles e isso é obtido pela atividade mental de inferir. Inferir é, portanto, deduzir pelo uso do raciocínio o que falta em uma situação a partir de alguma proposição. Ao inferir, o sujeito parte do que já sabe (os esquemas de ação habituais) e lança-se ao desconhecido pela tentativa de unir os esquemas anteriores em uma nova configuração.

Assim, a inferência reorganiza o antigo padrão das várias operações mentais (as coordenações do sujeito), constituindo novas possibilidades de assimilação da realidade. Piaget (1959; 1983) explica que a necessidade de integração dos esquemas de ação cria problemas que obrigam o sujeito a reconstruir operações mentais, mas estas por sua vez, não são extraídas do objeto, mas das coordenações de esquemas existentes naquele momento da história do sujeito. Entretanto, a reatualização das operações mentais constrói novos observáveis do sujeito e conseqüentemente novos observáveis do objeto.

Quando as coordenações do sujeito sofrem alterações muito intensas e geram certo nível de complexidade na configuração de sua estrutura, esta pode ser suficiente para que a estrutura cognitiva alcance um novo estágio, por exemplo, passando de um nível operatório- concreto para o das operações formais, que permitem o raciocínio hipotético-dedutivo.

Este referencial teórico e as observações descritas na introdução permitiram-nos construir a hipótese de que a compreensão do modelo científico da célula e de outros que possuem poucos atributos observáveis diretamente depende de um processo de desenvolvimento de operações mentais em que o emprego da inferência tem papel primordial para que a evolução ocorra. À medida que a compreensão do modelo científico se aprimora, novos modelos mentais são construídos pelos estudantes, o que modifica sua visualização interna e facilita a continuidade do processo de aprendizagem. Por este motivo, acreditamos que o desenvolvimento das operações mentais possa ser acompanhado pela descrição das características que os estudantes percebem nos modelos (observáveis). Dentro desse contexto, o objetivo desta pesquisa foi investigar as relações entre a compreensão do modelo científico de célula por estudantes de Ensino Médio, a transformação de seus modelos mentais e a produção de inferências.

O JOGO COMO PROCEDIMENTO DE PESQUISA

Com o intuito de alcançar esta meta, optamos por realizar uma pesquisa de cunho qualitativo. A metodologia de coleta de dados baseou-se no método clínico de Piaget em sua versão experimental, aplicada por intermédio de um jogo, denominado “dominó do ciclo celular”. O objetivo da criação deste jogo foi facilitar ao pesquisador: (1) a identificação dos elementos comunicados pelos sujeitos de modo a caracterizar os níveis de compreensão do seu modelo científico da “célula”; (2) a descrição dos processos pelos quais os sujeitos inferem as características e processos invisíveis de suas representações das células a partir dos elementos que identificam nos esquemas e fotografias das fases do ciclo celular presentes nas cartas do jogo; (3) a inferência das características dos modelos mentais que os sujeitos utilizam, durante as negociações que efetuam no jogo, ao longo do processo de compreensão do modelo científico da “célula”.

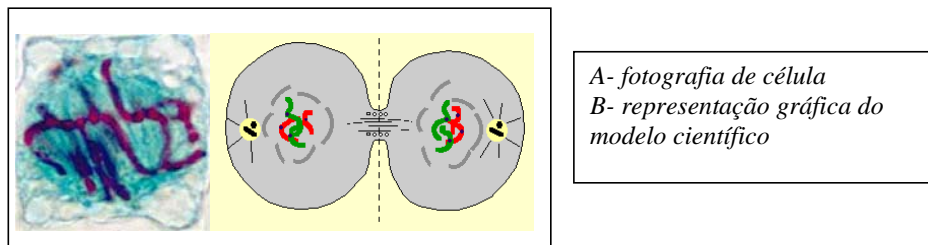
Sujeitos

Participaram da pesquisa 15 estudantes de uma escola particular do Ensino Médio, da cidade de São Paulo. Os alunos foram distribuídos em três grupos de 4 a 6 alunos e participaram de oficinas de jogos em períodos diferentes. Dois deles eram constituídos por alunos do primeiro ano, que não haviam estudado os modelos científicos correspondentes a cada fase do ciclo celular. O outro grupo era composto por alunos de terceiro ano que já tinham estudado este conteúdo.

Material

O jogo contém 36 peças de face dupla, confeccionadas em papel e plastificadas. Cada peça exibe na mesma face, de um lado, uma fotografia de uma das principais fases do ciclo celular e, do outro lado, uma representação do modelo científico de um das fases do ciclo celular, conforme está apresentado na Figura 2. As fases representadas do ciclo celular (em foto e em modelo) são: interfase, prófase, metáfase, anáfase, cariocinese da telófase, citocinese da telófase. No conjunto das peças, para cada fase do ciclo celular, há seis fotografias diferentes, mas apenas um “tipo” de representação gráfica do modelo científico. A confecção das peças se deu de forma a configurar todas as possibilidades de combinações entre fotos e modelos.

As fotografias das fases do ciclo celular foram selecionadas em alguns “sítios” da Internet (Denoulet, P. e Prat, R.; Eduvignet Service Education via networks; Radboud Universiteit Nijmegen; Thibault, J.R.). Essas fotos foram obtidas por diferentes técnicas de microscopia, que tanto geraram colorações distintas, como evidenciaram elementos celulares diferentes.



A- fotografia de célula
B- representação gráfica do modelo científico

Figura 2. Exemplos de cartas do jogo de dominó celular.

Procedimentos de coleta e de análise dos dados

A coleta de dados foi feita durante quatro oficinas com o jogo “dominó do ciclo celular” oferecidas para cada um dos três grupos de estudantes. Cada oficina teve duração de aproximadamente uma hora. Elas foram realizadas em uma sala e aconteceram em horário inverso ao das aulas curriculares. Na primeira e terceira oficinas foram realizadas duas partidas do jogo, uma em cada vez. Na segunda oficina, foi proposta uma situação-problema com as cartas do jogo. Na quarta, apresentou-se um texto a respeito do ciclo celular, adaptado de Amabis (2002) e solicitamos a cada aluno que elaborasse um desenho representando o processo descrito no texto.

Propusemos que, em cada grupo de alunos, eles se dividissem em duas duplas ou trios para que fosse possível observar o raciocínio empregado durante o jogo, conforme os alunos discutiam suas decisões. A cada jogada, eles deveriam identificar e justificar oralmente o critério de correspondência (foto / modelo) que usaram para colocar uma nova peça no dominó. Caso a dupla adversária discordasse da correspondência efetuada, deveria justificar o veto e, nessa situação, deveria haver uma negociação entre as partes para definir o desfecho da jogada. Não houve juiz para validar as ações ou argumentos. Cada encontro foi registrado por meio de um gravador de fita magnética e da listagem da seqüência das cartas escolhidas pelos estudantes-jogadores.

Os dados coletados foram analisados de acordo com os seguintes passos: (1) transcrever a totalidade dos diálogos dos sujeitos e do entrevistador ocorridos em cada partida do jogo; (2) transformar as transcrições em narrativas, onde incorporamos detalhes do texto verbal e gestual, indicamos as cartas do jogo selecionadas pelos estudantes para a negociação efetuada a cada jogada, identificando os momentos decisivos de evolução do conhecimento e das operações mentais e entrelaçamos as idéias identificadas e selecionadas; (3) reler as narrativas e inferir os modelos mentais referentes às respostas dos estudantes a partir dos indícios (Ginzburg, 1986) identificados nos diálogos de cada partida. O modelo mental dos estudantes inferido por nós foi desenhado ao longo das narrativas para indicar seu processo de transformação; (4) reler as narrativas e classificar os tipos de respostas em categorias de análise, selecionando os trechos em que existem mudanças significativas na compreensão do modelo da célula, baseando-nos nas inferências utilizadas por eles neste processo; (5) estabelecer uma seqüência entre as categorias construídas na análise anterior para organizar o processo de desenvolvimento dos modelos mentais e das operações mentais associadas à produção de inferências realizadas pelos alunos; (6) interpretar as características presentes nos desenhos realizados pelos estudantes a partir do texto expositivo oferecido pelo pesquisador; (7) confrontar esses desenhos com os modelos mentais dos estudantes inferidos pelo pesquisador.

OS OBSERVÁVEIS E A COMPREENSÃO DO MODELO CIENTÍFICO DE CÉLULA

As respostas dos alunos, identificadas nas narrativas de cada encontro, foram analisadas, à princípio, de modo a identificar os observáveis. Assim, a primeira categoria de análise estabelecida contém a descrição dos elementos identificados pelos sujeitos alunos, que estão presentes nas cartas do jogo dominó “ciclo celular” (Obs S e Obs. O) e que foram percebidas pelo sujeito pesquisador (um segundo sujeito com seus observáveis e coordenações).

Devido às limitações do espaço desse artigo não pudemos apresentar as correspondências efetuadas pelos alunos entre as cartas do jogo. Apresentamos aqui apenas uma pequena amostra de respostas dos alunos investigados, mas as narrativas completas de cada encontro podem ser lidas em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-16072007-143217>.

Quadro 1: Relação entre os elementos identificados pelos alunos nas cartas do jogo “Dominó Celular” e os níveis de compreensão do modelo científico de célula.

Amostra de algumas respostas dos alunos	Categoria 1- (Obs O e Obs S)	Nível do modelo
<p>- Nossa, todos (as cartas) têm o negócio igual. Psora, olha como eu sou geninha. Todos esses são iguais e todos esses são iguais, aqui ó (vai mostrando todas as colunas com os desenhos iguais)</p> <p>-As células têm corantes diferentes, então será que elas são cada uma com um corante e essa é a diferença?</p> <p>-Parece que é a mesma foto. As cores podem ser diferentes, mas ó. Tá vendo? Aqui eles tão mais separados, aqui eles tão juntando, aqui eles tão um pouco mais juntos. Aqui abriu de novo. Viu?</p> <p>- Tem desenhos iguais nas cartas, então as fotos também podem ser iguais.</p> <p>- Oh, a gente pôs essa porque aqui ainda tá junto, né? E já tem...- Duas bolinhas separadas (esse comentário demonstra que G está focalizando uma estrutura diferente das colegas, como veremos adiante)...</p> <p>- É como se fosse assim. É um círculo só. Vão se separar, só que não separou ainda, então tudo o que tem no meio, é dividido pelos dois. Como aqui mostra, entendeu?</p>	<p>-Reconhece modelos científicos semelhantes.</p> <p>-Identifica e compara as cores nas fotografias das células.</p> <p>- Reconhece formas semelhantes nas fotografias e modelos científicos.</p> <p>-Identifica o núcleo em fotografias e modelos científicos.</p> <p>-Observa o movimento relativo do núcleo ao comparar fotografias e modelos científicos</p>	1
<p>-Que tem duas bolinhas aqui, né? (os centríolos do modelo).- Mas sabe o que eu acho? Ó, porque todas figuras (modelos) têm essas bolinhas em algum lugar. Mas nem todas as fotos têm as duas bolinhas na célula (descobre os centríolos no modelo)</p> <p>- Parece que é a mesma foto. As cores podem ser diferentes, mas ó. Tá vendo? Aqui eles tão mais separados, aqui eles tão juntando, aqui eles tão um pouco mais juntos. Aqui abriu de novo. Viu?(K lembra da existência de seqüências de movimentos nas cartas do jogo e descreve detalhadamente a movimentação dos cromossomos ao comparar as várias cartas dispostas sobre a mesa, embora não explique o significados destes movimentos).</p>	<p>-Identificar alguns elementos intracelulares (cromossomos, fibras do fuso e nucléolo), nas fotografias e modelos científicos.</p> <p>-Observar o movimento de separação dos cromossomos para os pólos da célula, ao comparar fotografias e modelos.</p>	2
<p>-Aqui (foto) a gente acha que tem o nucléolo, mas que a gente não está vendo.</p> <p>-Quer dizer, eu acho tipo assim, tá puxando essas coisinhas coloridas (fuso puxa os cromossomos). Essas bolinhas tão puxando as linhas, as linhas devem ser imaginárias, mas elas devem representar alguma coisa.</p>	<p>Observar a ausência de estruturas celulares nos locais das fotos e modelos, onde os sujeitos esperavam encontrá-las.</p>	3

CARACTERÍSTICAS DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO MODELO CIENTÍFICO

Em seguida, estabelecemos mais duas categorias de análise. A segunda categoria indica as operações mentais associadas à produção das inferências necessárias aos sujeitos alunos para assimilar as fotografias e modelos científicos da célula (Coord S inferida pelos pesquisadores), conforme a descrição dos observáveis da categoria 1. A terceira categoria contém a caracterização do modelo científico da célula por meio do respectivo modelo mental construído pelos sujeitos alunos (Coord. O, inferida pelos pesquisadores). A classificação das respostas e a ordenação em níveis permitiram ao pesquisador inferir o modo como os sujeitos da pesquisa aprimoram a compreensão do modelo científico da célula e, por extensão, talvez de outros modelos.

Embora cada tipo de modelo científico possua um conteúdo específico, ele é compreendido por um sujeito, com um certo grau de aproximação, mediante a coordenação de esquemas, acomodados ou ajustados ao que é próprio de cada sistema ou domínio a ser conhecido. Daí, nossa hipótese, apoiados em Piaget, de que esta configuração de esquemas possa ser empregada para assimilar novos objetos de conhecimento. Assim, o conhecimento do objeto permanece como uma forma e não exatamente como um conjunto de conteúdos específicos. Esta forma de pensamento, por sua vez, provavelmente tem características semelhantes às que são necessárias à assimilação de outros tipos de modelos científicos.


1. Nível 1- A indução e o modelo “célula- ovo frito” :

A forma de pensamento deste nível caracteriza-se pela reunião dos observáveis do objeto (cores e formas das células expressas nas cartas) em um conceito genérico classificado e ordenado, por meio de um processo indutivo, conforme apresentado no Quadro 2. A indução é uma forma de pensar que conclui algo geral e abstrato, pelo que se pode construir a partir dos observáveis destacáveis pelo sujeito. Porém este tipo de compreensão não integra as características das várias fases da divisão celular, pois as coordenações do sujeito ainda não permitem uma análise detalhada dos elementos celulares e de suas relações.

Os sujeitos do nível I compreendem o modelo de célula privilegiando seu contorno, o que implica estabelecer seus limites, ou seja, diferenciá-la de seu entorno. Compreender significa conter, envolver. Os sujeitos compreendem a célula como contida por um envoltório. Graças a isso podem recriar o objeto em seu pensamento, construindo um modelo mental simples, com poucos elementos internos e com estruturas estáticas, que expressa a repetição das mesmas formas (aqui identificada pela metáfora “ovo frito”).

Afirmar o que é um conceito requer, igualmente, dizer o que ele não é. Esse é o esforço expresso pelos sujeitos deste nível em sua tentativa de definir um objeto tão complexo como a célula. Por isso, apesar de suas limitações, a forma de compreensão característica deste nível é uma matéria-prima de grande valor para o que se verá ocorrer nos dois níveis seguintes.

Quadro 2. Características do Nível 1 de compreensão do modelo científico de célula: metáfora célula “ovo frito”.

<p>Categoria 2- Operações mentais associadas à produção de inferências (Coord. S)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ter interesse em identificar as correspondências entre modelos científicos e fotografias de células. 2. Comparar as semelhanças entre várias amostras da mesma classe de objetos (fotografias ou modelos científicos, entre si). 3. Selecionar alguns predicados (tipo e intensidade das cores, formas) para usar como critério de classificação das fotografias e modelos científicos ou para uma primeira aproximação de ordenação (diacrônica). 4. Identificar características que se destacam nas fotos e modelos, a partir da região externa para as internas. 5. Inferir por meio da indução (reorganização dos esquemas de comparação, classificação e ordenação) uma representação simples da célula, que corresponde ao modelo mental do sujeito. 6. Objeto compreendido pelos sujeitos como constituído de atributos perceptíveis diretamente.
<p>Categoria 3- Caracterização do modelo científico da célula e do modelo mental associado (Coord. O)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • O modelo mental da célula é representado por um objeto estático, com poucos elementos ou propriedades. O modelo em geral apresenta contorno externo e interno correspondentes à membrana plasmática e ao núcleo.
<p>Teste de hipótese – desenho do aluno</p>	

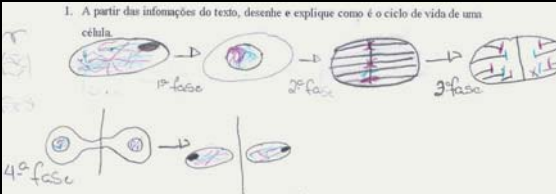
2. Nível 2- A abdução e o modelo “célula- cromossomos em movimento”

A operação mental característica deste nível é a abdução, um processo que reúne pistas sobre alguma coisa, criando uma narrativa que as organiza com sentido. Essa forma de pensamento caracteriza os sujeitos do nível II, pois se observa que identificam muitas características no interior das células, selecionam as que servem como indícios, comparando sua localização e forma nas várias cartas, conforme apresentado no Quadro 3.

Os sujeitos do nível II constroem modelos mentais dinâmicos, com riqueza de detalhes a respeito dos cromossomos e de suas relações com as fibras do fuso e centro celular, hipóteses que pôde ser validada na observação dos desenhos dos alunos.

A riqueza de detalhes observados pelos estudantes corresponde a uma intensa diferenciação dos esquemas de ação, que desencadeia, por sua vez, a necessidade de integração (Piaget, 1983), o que ocorre pela criação de uma explicação da divisão celular por meio de relações de causa e efeito. A explicação causal corresponde a uma narrativa que completa o todo, isto é, integra os observáveis do sujeito pela criação de mecanismos invisíveis nas representações disponíveis nas cartas. No entanto, falta neste nível, a possibilidade de inferir propriedades da célula que não estejam alicerçadas nos elementos observáveis nas cartas, mas que se fundamentam em outras propriedades ou na necessidade de um elemento invisível.

Quadro 3. Características do nível II de compreensão do modelo científico da célula apresentado pelos sujeitos no jogo dominó “ciclo celular”: metonímia célula “cromossomos em movimento”.

<p>Categoria 2- Operações mentais associadas à produção de inferências (Coord. S)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar um maior número de indícios nas fotos e modelos. 2. Ter interesse em explicar os fenômenos observados. 3. Estabelecer relações de causa e efeito entre as estruturas intracelulares para explicar (dialeticamente) a movimentação dos cromossomos. 4. Antecipar as etapas desconhecidas da divisão celular. 5. Inferir por abdução dos indícios a seqüência da divisão celular. 6. O objeto é compreendido pelos sujeitos como constituído de atributos perceptíveis diretamente, sendo que alguns são bem pequenos e difíceis de visualizar.
<p>Categoria 3- caracterização da compreensão do modelo científico da célula e do modelo mental associado (Coord.O)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • O modelo mental da célula é representado por um objeto dinâmico (estrutura e função) com muitos elementos e propriedades. Os cromossomos estão ligados às fibras do fuso e estas, por sua vez, aos centríolos ou centrossomos. Os movimentos ocorrem no citoplasma. Há nucléolo dentro do núcleo.
<p>Teste de hipótese- desenho do aluno</p>	 <p>1. A partir das informações do texto, desenh e explique como é o ciclo de vida de uma célula.</p>

3. Nível 3- A dedução e o modelo “célula- modelo científico”

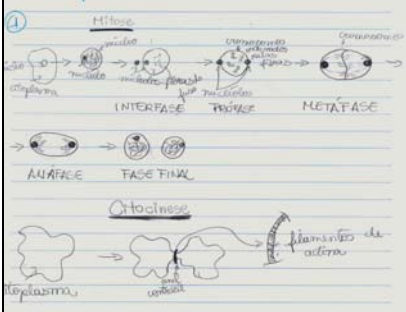
Deduzir é uma forma de raciocínio que chega a uma conclusão construída a partir de noções hipotéticas, isto é, cuja observação direta do objeto é impossível e mesmo desnecessária no sistema que se procura compreender. Neste nível, ocorre a constatação da necessidade de existirem elementos celulares que estão invisíveis sob qualquer técnica de microscopia. Os estudantes percebem que esse elemento pode ser imaginado, isto é, visualizado internamente como uma forma de linguagem: um modelo mental que é a metáfora do fenômeno (célula – modelo científico). A compreensão e o uso deste modelo implicam no estabelecimento de múltiplas relações sincrônicas ou diacrônicas - de causa e efeito ou outras - entre os elementos observados ou imaginados. Envolvem, também, o domínio das funções dos elementos e dos mecanismos de auto-regulação. Trata-se de construir uma nova noção de espaço (que abriga relações entre objetos não observáveis, pois são de tamanho abaixo do limite visual). Essa representação não provém da lembrança de algo que se viu, mas da consideração do uso do esquema de ação que possibilitou a construção do elemento invisível. Daí a necessidade do recurso a múltiplas analogias com outros objetos conhecidos e observáveis visualmente.

A ausência de observáveis do sujeito presente nas falas dos sujeitos, ilustra a forma e os conteúdos do pensamento próprios ao nível de respostas de estudantes de nível III. A organização dos esquemas de ação torna possível assimilar o modelo de célula por meio de operações mentais mais complexas, presentes na estrutura das operações formais, como a

dedução. Neste nível, os estudantes sentem também a necessidade de usar ou conhecer os nomes “corretos” (científicos) das estruturas celulares, pois tais esquemas presentativos (Piaget, 1976 b) podem assimilá-los, em favor de sua significação.

Os desenhos dos alunos com nível de resposta 1, 2 e 3 representam os modelos mentais dos sujeitos em níveis gradativos de compreensão do modelo científico de célula. Assim, o desenho referente ao modelo de compreensão de nível 3 sintetiza as várias operações mentais empregadas pelos sujeitos com base em dados visíveis e invisíveis. Essa síntese, apresentada por meio de uma representação visual, é composta por elementos celulares (observados ou inferidos), pelas funções desses elementos (indicadores das operações mentais) e pelos mecanismos de auto-regulação que garantem a conservação e a integridade da célula como um organismo vivo e com determinados funcionamentos, conforme as características apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4. Características do nível III de compreensão da célula apresentado pelos sujeitos no jogo dominó “ciclo celular”: – metáfora célula “modelo científico”.

<p>Categoria 2- Operações mentais associadas à produção de inferências (Coord. S)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Imaginar diferentes elementos não - observáveis nas fotografias para complementar as explicações causais. 2. Deduzir (de modo criativo) explicações para a ausência das estruturas esperadas. 3. Reorganizar os elementos da célula para integrar as partes recém conhecidas ao todo. 4. Usar analogias e adotar vocabulário científico; 5. Produzir inferências de forma dedutiva ou dialética, empregando em níveis mais avançados o pensamento divergente na criação de modelos. 6. O objeto é compreendido pelo sujeito como um modelo (construído por ele) e não como uma cópia do real.
<p>Categoria 3- Caracterização da compreensão do modelo científico da célula e do modelo mental associado (Coord. O)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • O modelo mental da célula em sua dimensão sincrônica corresponde a um arranjo arquitetônico das estruturas observáveis e não - observáveis e em sua dimensão diacrônica, pela narrativa ou ordenação dos eventos com suas causas. Há uma descrição dos processos em que participam os elementos celulares, o que possibilita a construção da célula como um objeto invisível. O modelo proposto pelos sujeitos tem a mesma natureza do modelo científico da célula.
<p>Teste de hipótese- desenho do aluno</p>	 <p>The diagram illustrates the cell cycle with the following stages and components:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mitose: <ul style="list-style-type: none"> Prophase: Shows chromosomes condensing and spindle fibers forming. Metáfase: Shows chromosomes aligned at the equatorial plate. Anáfase: Shows sister chromatids separating and moving to opposite poles. Fase Final: Shows the beginning of telophase and cytokinesis. Interface: The period between mitosis and the start of the next cycle. Citocinese: <ul style="list-style-type: none"> Tópulasma: Shows the formation of a cell plate between two daughter cells.

O caminho que possibilita a transformação dos modelos mentais (1 em 2, 2 em 3, etc.) é a produção de inferências capazes de integrar esquemas referentes às operações mentais de indução, abdução e dedução. À medida que a integração dos esquemas cria uma nova configuração no sistema cognitivo, ela permite assimilar a célula por um patamar de operações mentais cada vez mais complexas. Assim, a representação dos modelos mentais pode fornecer um bom indicador para o professor poder acompanhar a evolução da aprendizagem dos alunos.

FATORES QUE INFLUENCIAM A COMPREENSÃO DO MODELO CIENTÍFICO

A análise dos resultados obtidos neste trabalho nos leva a supor que a compreensão do modelo científico de célula e de outros objetos não depende de uma ordenação adequada de conteúdos ou temas. Constatou-se que alunos que nunca tiveram aulas acerca de células participaram muito bem, alguns até com desempenho melhor do que dos outros que haviam estudado este tema na escola, indicando que não há necessidade de pré-requisitos.

Os resultados dessa pesquisa possibilitam-nos questionar uma das propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), os quais indicam a reordenação das várias áreas da Biologia, de objetos de estudo macroscópicos para microscópicos (da ecologia para a citologia e biologia molecular). Seguir a proposta dos Parâmetros Curriculares, no entanto, implica em apresentar tarde demais no percurso escolar, conceitos de maior dificuldade de compreensão, sem tempo suficiente para o aprimoramento dos modelos e operações mentais necessárias a sua compreensão. Além disso, pressupor que a ecologia seja uma área de aprendizagem mais fácil, por se referir a objetos e acontecimentos observáveis, nega a complexidade da abstração e compreensão dos modelos relacionados aos sistemas ecológicos.

Outro pressuposto é o de que a aprendizagem do modelo científico de célula, por sua complexidade, depende de operações mentais muito desenvolvidas. A presente pesquisa não corrobora essa hipótese. Observamos que elas não atuaram como pré-requisito, mas foram se desenvolvendo, junto e solidariamente com os conteúdos propostos como problema no jogo. Mas, tal fato levanta uma questão relevante: dominar algo em um nível 1, por exemplo, é suficiente para o que a escola deseja ensinar? Certamente não, como ponto de chegada, mas como uma das etapas ao longo do caminho, sim. Daí a importância que damos a um planejamento ao longo das séries em que conceitos fundamentais da Biologia, o de célula, por exemplo, apareçam muitas vezes, de diversos modos e em temas diferentes.

Este trabalho possibilita a verificação de como a metodologia da aula é um fator preponderante para a compreensão dos modelos científicos. Ela deve conter atividades que proporcionem o desenvolvimento das operações mentais e o tempo para a reconstrução, pelos alunos, dos modelos científicos. As situações de aprendizagem em que as operações mentais podem ser mobilizadas estão disponíveis no cotidiano dos estudantes e podem ser aproveitadas pelo professor na construção de situações-problema.

Vemos o jogo com grande vantagem, dentre os vários tipos de situação-problema, desde que ele tenha esta característica, ou seja, que proponha um desafio que mobilize diversos recursos internos do sujeito (operações mentais, conhecimentos, modelos mentais...) e que, ao ser resolvido, tenha promovido uma reorganização destes recursos. Logo, não se trata de qualquer tipo de jogo. Não há desenvolvimento de operações mentais e reconstrução de modelos mentais em jogos de fixação de conteúdos por memorização, por exemplo. Outro aspecto a ser ressaltado é que, no momento do jogo, ele deve ser mais importante do que as aprendizagens que dele podem advir. Do contrário, o jogar em si mesmo perde o caráter lúdico e passa a ser visto pelo aluno como mais um artifício para lhe ensinar algo.

Porém, o jogo em si não é o fator causador do desenvolvimento das operações mentais, pois é claro que não bastava entregar o jogo aos alunos e deixar que jogassem livremente sem

nenhuma mediação do professor. Situações-problema (Macedo, 2002 b), principalmente quando aplicadas na forma de jogos e com mediação adequada do professor, permitem superar diversos obstáculos, como os de ordem cognitiva e até afetiva. Os jogos têm a vantagem de mobilizar emoções, valores, interesses e recursos internos dos alunos e do professor em torno de uma meta comum. Com isso, fundam-se as condições para um diálogo genuíno, onde se articulam os vários pontos de vista de cada um, seus modelos mentais, suas fantasias.

Logo, o diálogo, entendido como relação, é a peça fundamental. Na oficina, todos os sujeitos se relacionaram com os objetos que queriam compreender. Os objetos ora eram as cartas do jogo, ora as atitudes dos colegas, ora as próprias atitudes. No jogo, o outro é constantemente objeto de conhecimento, sendo parceiro ou adversário, ele confronta o saber do sujeito e sua forma de ver (seus observáveis). Estes conflitos fazem o sujeito ser também o seu próprio objeto, quando reflete acerca do modo como compreende a célula, como a vê e como joga. Dessa forma, a reflexão do sujeito sobre o jogo e sobre o modo como joga permite-lhe compreender como pensa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que a compreensão de um modelo científico supõe a interdependência entre ação e linguagem. A ação participa do processo por intermédio das operações mentais, resultantes das ações concretas sobre objetos e que integram diversos esquemas de ação. A mobilização das operações mentais adequadas à compreensão de cada modelo ocorre por meio da produção de inferências, que criam a assimilação mútua entre esquemas de ação existentes no sistema cognitivo anterior.

A linguagem participa do processo por intermédio da representação do modelo mental. Esta resulta da retomada dos movimentos que deram origem à percepção do objeto (mesmo que o modelo seja reconstruído permanentemente e se modifique). O mecanismo inferencial (Piaget, 1959; 1983), por sua vez, organiza novos esquemas de ação e coordenações de esquemas de ação.

Porém, no caso de modelos que se referem a objetos que possuem poucos atributos perceptíveis diretamente, não é possível lembrar deles e então os sujeitos precisam compará-los com outros objetos de seu repertório cultural e atuar sobre este objeto invisível por meio de operações mentais. Assim, as estratégias de aula devem ser planejadas com o propósito de estimular o desenvolvimento dessas operações. Neste trabalho pudemos verificar o sucesso do uso do jogo e da mediação do professor na promoção de um diálogo desafiador para tal fim.

O desenvolvimento das operações mentais permite que o sujeito empregue metáforas que lhe possibilitam transpor as propriedades dos objetos macroscópicos conhecidos para o objeto invisível. Possibilitam, também articular os elementos componentes do objeto, criando um sistema imaginado, ou seja, criando a noção de “objeto invisível”. Assim como a noção do “objeto permanente” de Piaget (1967/ 1996), o “objeto invisível” também é composto por elementos espaciais e temporais, deslocamentos e múltiplos tipos de relações, mas num espaço microscópico. O modelo científico de célula é uma expressão deste sistema. Os resultados desta pesquisa nos levam a indagar se a compreensão dos outros modelos científicos ensinados nas escolas ocorra de modo semelhante. Ficamos intrigados, inclusive, com as semelhanças que possam existir como o modo como são compreendidos outros conceitos referentes a objetos com poucos atributos observáveis diretamente que não fazem parte das disciplinas da área de ciências.

REFERÊNCIAS :

- AMABIS, J.M. e MARTHO, G.R. *Fundamentos de Biologia Moderna*. Volume único. São Paulo: Moderna, 2002.
- DENOULET, P. ; PRAT, R. *La mitose des cellules végétales*. Université Pierre et Marie Curie. Disponível em <<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/sommaires/bc.htm>>. Acesso em: 20 de fev. 2004.
- EDUVINET SERVICE EDUCATION VIA NETWORKS. *Die Zellteilung Mitose: eine interaktive Unterrichtseinheit*. Disponível em: < [http://www.eduvinet.de/mallig/bio/ Repetito/ Mitose1.html](http://www.eduvinet.de/mallig/bio/Repetito/Mitose1.html) >. Acesso em: 20 de fev. 2004.
- FOGAÇA, M. . *O papel da inferência na relação entre modelos mentais e modelos científicos sobre célula*. 2006. 230 f. Dissertação (Mestrado em Educação)- Faculdade de educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- GINZBURG, C. Sinais: Raízes de um paradigma indiciário. In: *Mitos, emblemas e sinais: Morfologia e história*. Trad. Federico Carotti. São Paulo: Companhia das Letras, 1986.
- MACEDO, L. de A questão da inteligência: todos podem aprender? In: Oliveira, M. K. de; Souza ,D. T. R. e Rego ,T. C. (Org). *Psicologia, educação e as temáticas da vida contemporânea*. São Paulo: Moderna, 2002a
- _____. Situação-problema: forma e recurso de avaliação, desenvolvimento de competências e aprendizagem escolar. In: PERRENOUD, P; THURLER, M.G.; MACEDO, L. de; MACHADO, N.J. ; ALLESSANDRINI, C.D. *As competências para ensinar no século XXI: A formação dos professores e o desafio da avaliação*. Porto Alegre: Artmed, 2002 b.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/SENTEC, 1999.
- PALMERO, M. L. R. Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.5, n.3, dez. 2000. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>. Acesso em: 05 fev 2005
- PIAGET, J. Apprentissage et connaissance. In: P. Gréco e J. Piaget. *Apprentissage et connaissance*. Études D'Épistemologie Génétique, Vol. VII. Paris: Presses Universitaires de France, 1959.
- _____. Le possible, l'impossible et le nécessaire. *Archives de Psychologie*, 1976 b, 44: 281-299.
- _____. (1967). *A construção do real na criança*. Trad. Ramon Américo Vasques.3.ed. São Paulo: Ática, 1996
- _____. (1967) *Biologia e Conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos*. Trad. Francisco M. Guimarães. 4.ed. Petrópolis: Vozes, 2003.
- _____. *A equilibração das estruturas cognitivas: problema central do desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976 a.
- _____. *O possível e o necessário: evolução dos necessários na criança*. Trad. B. M. de Albuquerque. Porto Alegre: Artes médicas, 1983. v. 2.
- RADBOUD UNIVERSITEIT NIJMEGEN. *Virtual classroom biology: mitose-functie/stadia*. Disponível em < <http://www.vcbio.science.ru.nl/virtuallessons/mitostage>>. Acesso em: 28 de dez. 2005.
- THIBAUT, J.R. FACULTÉ DE FORESTERIE ET DE GÉOMATIQUE. *La mitose*. Université Laval, Québec, Canada. Disponível em < [http://sylva.for.ulaval.ca/foret/ mitose/index.html](http://sylva.for.ulaval.ca/foret/mitose/index.html)>. Acesso em : 20 de fev. 2004.