

# Teorias sobre a origem do conhecimento biológico na infância: avanços, limites e implicações

Francimar Martins Teixeira\*

## RESUMO

Revisamos estudos que apresentam contribuições para o entendimento de como ocorre a estruturação de conhecimentos biológicos na infância. As investigações revisadas são agrupadas em duas abordagens: a primeira atribui a aquisição e a ampliação de conhecimentos biológicos à identificação de similaridades e à memorização de informações; a segunda propõe que o conhecimento biológico é uma rede de conhecimentos constituídos por meio de vários processos cognitivos guiados por expectativas, crenças, emoções, valores e consideração ao contexto em que o conhecimento é aplicado. São discutidas as implicações de ambas as abordagens para a prática pedagógica e apontadas necessidades de novas investigações.

**Palavras-chave:** Aquisição de Conhecimentos Biológicos; Abordagem Prototípica; Abordagem Teórica.

## ABSTRACT

This paper presents a review of studies that have contributed for the understanding of how take place the structuring of biological knowledge in childhood. The studies reviewed are grouped into two approaches. The first attributes the acquisition and increase of biological knowledge to the identification of similarities and the second approach argues that the biological knowledge is a net of knowledge construed through several cognitive processes guided by expectations, beliefs and values concerning the context in which the knowledge is applied. It is also discussed the implications of both approaches to the pedagogical practice and called attention to the importance of new researches in this field.

**Keywords:** Biological Knowledge Acquisition; Prototypical Approach; Theoretical Approach.

\* PhD. em Educação pela Universidade de Bristol (Inglaterra) e professora adjunta do Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino e do Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Pernambuco.  
E-mail: fmrmt@terra.com.br

## RESUMEN

Hemos revisado estudios que presentan contribuciones para la comprensión de cómo ocurre la estructuración de conocimientos biológicos en la infancia. Las investigaciones revisadas son divididas en dos enfoques. El primero atribuye la adquisición y la ampliación de conocimientos biológicos a la identificación de similitudes y a la memorización de informaciones. El segundo propone que el conocimiento biológico es una red de conocimientos constituidos a través de variados procesos cognitivos, guiados por expectativas, creencias, emociones, valores y consideración del contexto en el que se aplica el conocimiento. Se discuten las implicaciones de ambos enfoques para la práctica educativa y se indican nuevas investigaciones que se hacen necesarias.

**Palavras-clave:** Adquisición de Conhecimentos Biológicos; Enfoque Prototípico; Enfoque Teórico.

---

## Introdução

Há algumas décadas vêm sendo investigadas as concepções que crianças e adultos têm sobre fenômenos biológicos. Tais investigações são relevantes, particularmente no âmbito escolar, se considerarmos que a identificação do conteúdo dos conhecimentos preexistentes constitui informação essencial para a elaboração das situações de aprendizado: os conhecimentos prévios constituem elementos de compreensão para os novos saberes; os primeiros são mobilizados e funcionam como uma estrutura de recepção, um 'filtro' de atribuição de sentidos no processo de apropriação dos segundos. Conseqüentemente, as idéias prévias são o ponto de partida para a estruturação dos novos saberes (Piaget, 1975; Vygotsky 1987).

Se, além da identificação do que os indivíduos sabem, entendermos o processo pelo qual esses conteúdos foram adquiridos, estaremos avançando ainda mais na compreensão do funcionamento cognitivo humano e ampliando a possibilidade de elaboração de situações mais eficazes de aprendizado.

O interesse em como ocorre a estruturação de conhecimentos acerca de fenômenos biológicos justifica-se também pela consideração do papel crucial que esses conhecimentos têm na vida dos humanos. Desde os primórdios da nossa história até os dias atuais, a existência da espécie humana tem estado estreitamente relacionada ao entendimento produzido sobre si e sobre o mundo em que vive. A sobrevivência dos humanos dependeu da elaboração de conhecimentos sobre hábitos dos animais, época de safra de plantas nativas e onde encontrá-las, distinção entre plantas apropriadas para consumo e venenosas, assim como elaboração de explicações para doenças e morte, além da criação de modos de transformar a fauna e a flora.

Mais do que nunca, nas sociedades avançadas tecnologicamente, tem havido a busca contínua do entendimento do mundo natural com o intuito de promover não apenas a sobrevivência humana, mas, sobretudo, de buscar mais qualidade de vida e até mesmo estabelecer supremacia econômica entre diferentes povos. Há, atualmente, grande pre-

ocupação com a descoberta de novos usos de recursos naturais (produção de remédios, cosméticos, criação de animais, clonagem de espécies, etc.), com o uso sustentável desses recursos, com a degradação ambiental, com o impacto de fatores ambientais na saúde dos seres vivos em geral e com a cura de doenças.

No presente artigo, buscamos contribuir para o esclarecimento de como se adquirem conhecimentos sobre fenômenos biológicos na infância, revisando a produção de diferentes investigadores que, por meio de métodos de pesquisa e abordagens teóricas variados, sistematizaram informações que contribuem para o entendimento da questão. Interpretamos, nas investigações revisadas: 1) quais as explicações subjacentes a como acontece a aquisição de conhecimentos biológicos; 2) os mecanismos de evolução dos mesmos. Agrupamos as pesquisas em função das similaridades e diferenças nas explicações que apresentam, discutimos as implicações das diversas explicações sobre como acontece a aquisição de conhecimentos biológicos para a prática pedagógica e apontamos a necessidade de investigação sobre aspectos da estruturação do conhecimento biológico ainda não esclarecidos.

### Percepções e sensações como fonte dos conhecimentos biológicos

A fim de compreendermos como ocorre a aquisição de conhecimentos biológicos na infância, revisamos 101 trabalhos relacionados ao saber das crianças sobre os diversos fenômenos biológicos (ver Tabelas 1 e 2.) publicados entre 1953 e 2000, em periódicos, livros ou anais de encontros científicos.

Tabela 1: Distribuição do material consultado

Material Consultado	Quantidade Consultada
Periódicos	64
Artigos em livros	32
Trabalhos publicados em anais de encontros científicos	5
TOTAL	101

Tabela 2: Identificação e distribuição da quantidade de periódicos consultados

Periódicos Consultados	Quant. Consultada
<i>Ensino em revista</i>	1
<i>Health Education Theory &amp; practice</i>	1
<i>Science Education</i>	1

<i>Primary Science Review</i>	1
<i>Journal of Genetic Psychology</i>	1
<i>Journal of Vocational Behavior</i>	2
<i>Enseñanza de las ciencias</i>	4
<i>Journal of biological education</i>	6
<i>Child development</i>	11
<i>International Journal of Science Education</i>	4
<i>Journal of Nutrition Education</i>	1
<i>European Journal of Psychology of Education</i>	4
<i>Genetic Psychology Monographs</i>	1
<i>Developmental Psychology</i>	4
<i>Cognition</i>	4
<i>Cognitive Development</i>	3
<i>British Journal of Developmental Psychology</i>	2
<i>Cognitive Psychology</i>	6
<i>Psychological Bulletin</i>	1
<i>Research Intelligence</i>	1
<i>Journal of Experimental Child Psychology</i>	1
<i>Cognitive Science</i>	1
<i>Journal of Cross-Cultural Psychology</i>	1
<i>Psicologia: Teoria e Pesquisa</i>	1
<i>School Science and Mathematics</i>	1
<i>Journal of Research in Science Teaching</i>	1
<i>Science Education International</i>	1
<i>Journal of Applied Developmental Psychology</i>	1
<b>Total</b>	<b>64</b>

Identificamos que as investigações anteriores à década de 1970 descreviam as concepções das crianças sobre fenômenos biológicos sem explicar como os mesmos eram estruturados. Tal preocupação, surgida nos anos 70, foi marcada até metade dos anos 1980 pela proposta da psicóloga e antropóloga norte-americana Eleanor Rosch (1973, 1977) de que o mundo é comumente mais organizado em torno de características correlacionadas, previsíveis, dependentes umas das outras do que de relações arbitrárias, imprevisíveis e com atributos uniformes para todos os objetos.

Por exemplo: na interação com o mundo, registramos em nossas mentes que animais com penas têm maior probabilidade de ter asas do que pêlos, embora existam exceções, como é o caso do morcego, que tem ambos. Assim, diante de um animal até então desconhecido que apresenta penas, tende-se a prever que ele tem asas mesmo que sejam verificadas diferenças em atributos tais como cor e tamanho, em relação aos demais animais que também têm penas e asas.

Segundo Rosch (*ibidem*), tais correlações são registradas mentalmente como classes hierárquicas com diferentes graus de complexidade: há as que reúnem maior número de membros, partilhando características comuns, e outras cujos membros apresentam poucos atributos semelhantes uns aos outros. Aqueles exemplos que congregam o maior número de semelhanças são considerados os casos típicos ou característicos das classes e são reconhecidos como protótipo, isto é, modelos mais completos de uma classe, aqueles que reúnem o maior número de características correlacionadas são os casos mais claros, o melhor exemplo de uma categoria. Uma ilustração da proposta de Rosch poderia ser a referência a pássaros como sendo aves mais típicas do que galinhas, dado que aqueles realizam vôos a grandes alturas – o que justificaria a existência das asas – e estas, não.

Segundo a proposição roschiana, os conhecimentos são adquiridos por associações percepto-sensitivas, mais exatamente, por meio da identificação de atributos salientes ou características externas dos objetos e eventos, seguidas do julgamento das similaridades e diferenças desses atributos salientes com os dados registrados na memória. Porém, ela admite que a identificação e o registro mental das classes, além de serem influenciados pela percepção, também são influenciados pela linguagem. Assim, a identificação de criaturas com penas, bico, asas e habilitadas para voar como aves tanto é resultado da atividade perceptual quanto do aprendizado do sistema de categorias lingüísticas já existentes na cultura do indivíduo, que denomina por aves criaturas que reúnem tais características.

Vários estudos registraram evidências das associações percepto-sensitivas como fonte de aquisição de conhecimentos biológicos. Contudo, diferentemente de Rosch, não fazem referência à linguagem. Por exemplo, pesquisas apontam que o conceito inicial das crianças sobre o que é um animal coincide com o protótipo de mamíferos quadrúpedes terrestres, por serem os animais mais frequentemente encontrados em casas, zoológicos e fazendas e, assim, serem os mais vistos pelas crianças (Bell, 1981; Trowbridge & Mintez, 1985, 1988; Rusca & Tonucci, 1992).

Implicitamente, esses estudos apontam que, a partir da percepção e da memorização das similaridades partilhadas pelos animais, as crianças estabelecem um modelo inicial do que eles são. Quando a criança se depara com animais que têm características não-estabelecidas nesse primeiro modelo (por exemplo, a observação de que nem todos os animais têm quatro patas), ela reorganiza sua representação sucessivamente, de modo a chegar a um momento em que gera um modelo ao qual são incorporadas características comuns a todos eles (locomotoção, respiração, reprodução). Assim, por meio do acúmulo de registro de características e propriedades somado às memórias de registros anteriores, as crianças estruturam os seus conhecimentos sobre animais. É como se a aquisição de conhecimentos biológicos ocorresse meramente devido à capacidade humana de perceber, comparar e memorizar. A linguagem, por exemplo, parece não ter participação na estruturação dos conhecimentos, restringindo-se a ser vista como o meio pelo qual se rotula e expressa o conhecimento adquirido.

Seguindo essa proposição, a limitada representação inicial apresentada pelas crianças do que seja um animal foi atribuída à falha na interpretação e na generalização entre exemplos e não-exemplos (Trowbridge & Mintzes, 1985), uma inabilidade em reconhecer instâncias e não-instâncias de um conceito (Ryman, 1974). A comparação de diferentes animais e, particularmente, o ensino de estratégias que estimulasse o desenvolvimento de um protótipo foram apontados como meios para ampliar o conhecimento das crianças (Bell, 1981; Trowbridge & Mintez, 1985, 1988; Rusca & Tonucci, 1992).

Trowbridge & Mintzes (1985) sugeriram as seguintes etapas a serem seguidas para o ensino de conceitos biológicos: introdução do conceito, desenvolvimento do protótipo do conceito a ser ensinado e práticas de discriminação e generalização. Ao introduzir o conceito, seriam apresentadas definições, seguidas por diversos exemplos por meio dos quais o estudante pudesse perceber características relevantes. Para desenvolver um protótipo, o professor deveria apresentar exemplos e não-exemplos do conceito, focalizando a atenção dos alunos nos atributos críticos. Pode ser dito que essa estratégia de ensino consiste basicamente em estimular os processos de discriminação, generalização e reforço da memória. A linguagem é utilizada como guia para a observação dos atributos, isto é, meio para chamar a atenção sobre as propriedades a serem percebidas e rótulo para nomear o que é observado e que será memorizado. Desse modo, a linguagem não é considerada, em si, fonte de conhecimento, pelo menos nesta etapa do desenvolvimento da aprendizagem infantil.

Estudos sobre as concepções das crianças a respeito de outros conteúdos biológicos apresentam indicadores que reafirmam a conclusão de que os conhecimentos nessa área seriam inicialmente estruturados devido à identificação de atributos externos e à elaboração de protótipos. Foram encontradas evidências de que: 1) para crianças com 6 anos de idade, a visão do que seja doença restringe-se à descrição de um conjunto de propriedades que ocorrem quando se está doente: efeitos físicos (ex. nariz escorrendo), efeitos psicológicos (ex. sensação de fraqueza, debilidade) e con-

seqüências sociais (ex. não ir à escola) (Campbell, 1975; Kalish, 1996); 2) a definição de sexo é descrita em termos perceptuais salientes (estilo de cabelo, roupas) em vez de genitália (ver revisão em Bem, 1989); 3) a classificação de animais como vertebrados ou invertebrados por crianças é feita considerando atributos morfológicos externos, tais como segmentação e forma do corpo (Ryman, 1974; Trowbridge & Mintzes, 1985, 1988; Braund, 1991, 1998). Por exemplo, o gafanhoto é julgado como vertebrado porque tem cabeça e membros bem-definidos; cobras e peixes são classificados como invertebrados por serem, respectivamente, longo e estreito para acomodarem a coluna vertebral.

## Críticas à abordagem prototípica da construção dos conhecimentos biológicos

Apesar da quantidade substancial de suporte empírico considerada como indicador de que o conhecimento biológico é estruturado por meio da identificação de características, propriedades e modelos prototípicos, essa interpretação tem sido questionada em pontos relevantes, entre eles, se encontram como se dá a decisão de quais atributos são relevantes e como ocorre a emergência de explicações causais.

Considerando que o conhecimento biológico é construído pela percepção e pela memorização de características visíveis freqüentemente correlacionadas, como as crianças distinguirão características essenciais das não-essenciais, se a todas elas é dada igual importância? Por exemplo, se a criança vê um pássaro apenas quando a mãe está por perto, como decidirá se a correlação mãe/pássaro é ou não significativa para a elaboração da noção do que é um pássaro (Keil, 1991)?

Adicionalmente, o conhecimento biológico não se limita a fatos ou propriedades visíveis. Por exemplo, narinas indicam que o animal respira com pulmões, apesar de eles não serem visíveis. A ligação teórica entre narinas e pulmões é um critério para identificação de alguns animais marítimos, como mamíferos, em vez de peixes, embora eles sejam fisicamente mais similares a peixes do que a mamíferos e vivam em meio típico de peixes (Gelman & Coley, 1990). Assumindo a perspectiva de que o conhecimento biológico é estruturado apenas por meio da identificação de elementos visíveis, fica-se sem explicação para como se dá a estruturação de justificativas causais que envolvem a correlação de atributos não-visíveis, como o acima apresentado sobre a classificação dos mamíferos marítimos.

Ao mesmo tempo, se a construção de conhecimentos biológicos ocorre por meio da identificação de atributos externos, do estabelecimento de um protótipo, como seriam explicados fenômenos biológicos que são únicos e acontecem no interior dos organismos? Estes, conseqüentemente, não podem ser classificados em função do maior ou menor grau de tipicidade? Por exemplo, a integração de diversos órgãos a fim de executar as funções digestivas nos mamíferos acontece no interior do corpo, portanto não

faz sentido pensar na identificação de atributos externos. Também não se pode considerar que o aparelho digestivo dos mamíferos tenha maior grau de tipicidade do que outros aparelhos, ou que o aparelho digestivo de um filo é o melhor exemplo, caso mais claro, mais típico, portanto, um protótipo de aparelho digestivo.

Cada filo possui o aparelho digestivo organizado de forma peculiar. Portanto, não há parâmetros para comparação. Que sentido teria se alguém dissesse que o aparelho digestivo dos mamíferos (ex. humanos) é mais típico que o de um artrópode (camarão ou aranha)? Tal afirmação soaria tão estranha que seria como se afirmássemos que o avião é um meio de transporte mais típico que a bicicleta ou o carro.

Outro aspecto que pode ser questionado em estudos que adotam a abordagem prototípica para explicar a aquisição de conhecimentos biológicos é a limitação metodológica. As estratégias de investigação adotadas por eles não lançam às crianças desafios para que elas possam ir além da identificação de características externas e atributos visíveis. Por exemplo, investigações em que as crianças foram requisitadas a registrar seus conhecimentos sobre o que há no interior do corpo humano e no de outros animais têm revelado que aos 5 anos de idade elas já conhecem a existência de atributos não-visíveis, tais como coração (Gellert, 1962; Reiss & Tunnicliffe 1999), estômago (Teixeira 2000) e esqueleto (Tunnicliffe & Reiss 1998, 1999).

Mais recentemente, investigações em que foram utilizados estímulos nos quais as semelhanças entre os atributos externos não coincidiam com a categoria dos mesmos reforçam o argumento de que a emergência do conhecimento biológico em crianças não pode ser explicada exclusivamente em termos de identificação e memorização de atributos perceptíveis. Por exemplo, foi encontrado que aos 3 anos de idade as crianças julgam que porco e vaca têm mais propriedades internas em comum que um porco e um cofre em forma de porco. Se fosse o caso de a criança construir o conhecimento biológico exclusivamente pela identificação de atributos externos, era esperado que elas apontassem que um porco e um cofre em forma de porco fossem internamente semelhantes (Gelman e Wellman, 1991). Os dados contrariam essa hipótese e sugerem que as crianças vão além da aparência e fazem inferências sobre propriedades não-óbvias.

Alguém poderia contra-argumentar que aos 3 anos de idade a criança já aprendeu alguns conhecimentos sobre fenômenos biológicos. Conseqüentemente, elas teriam condições de avaliar a semelhança de propriedades internas entre objetos com atributos externos distintos.

Essa possibilidade foi averiguada por Gelman e Coley (1990) quando investigaram a habilidade de crianças, aos 2 anos de idade, de inferir sobre propriedades não-visíveis, apresentando-lhes desenho com características típicas e atípicas de uma mesma categoria, de modo que a categoria dos estímulos ficava em conflito com a da semelhança externa. Em uma das séries de desenho foram mostrados um pássaro com traços típicos, um pássaro que lembrava um peru e um dinossauro que parecia um pássaro. Às crianças era per-



guntado se as gravuras tinham ou não propriedades similares em duas condições, uma em que foram ditos os nomes da categoria (no caso, ave e dinossauro) e outra sem nomeação. Embora elas tenham apresentado melhor performance ao considerarem traços típicos, quando os itens atípicos foram nomeados, houve significativa melhora na performance.

Esse resultado sugere que já na idade de 2 anos as crianças focalizaram mais atenção nos nomes das categorias do que na identificação de similaridade da aparência externa para inferir propriedades. Contudo, não se pode desconsiderar o papel da aparência no processo de inferência de propriedades, já que o atributo visível foi o meio básico de inferência sobre a categoria quando os estímulos não foram nomeados.

Gelman e Coley (1990) propuseram que as crianças aprendem a linguagem dos adultos e fazem inferências de acordo com essa linguagem, produzindo informações similares, embora sem entendimento dos processos biológicos envolvidos ou das leis e princípios que explicam esses processos. Portanto, o uso da linguagem adulta também seria fonte de conhecimento a respeito de conteúdos biológicos, não ficando restrita apenas à função de rotular o que se observa ou guiar a observação, tal como implicitamente fica registrado na maioria dos estudos sobre formação de conhecimentos biológicos embasados na abordagem prototípica.

## Superando o critério da identificação de atributos na explicação da emergência de conhecimentos biológicos

Para entendermos como ocorre a estruturação de conhecimentos biológicos, é importante observar o fato de que fenômenos nessa área não podem ser tratados como fatos brutos, estáticos, que podem ser entendidos pela mera identificação de propriedades visíveis e das correlações entre essas propriedades. Faz-se necessário o entendimento dos mecanismos que causam os fenômenos e como estes estão relacionados às propriedades visíveis. Por exemplo, quando as crianças, aos 4 anos de idade, dizem que comem para crescer, ficar saudáveis e não morrer, elas estão relacionando o alimento ao efeito final dele para o organismo, baseadas na descrição de propriedades observáveis e no que ouvem: verificam que quem não come perde peso e morre, os adultos dizem "coma para crescer e não adoecer". Todavia, ao estabelecer essa correlação, descrever o que observam e repetir o que ouviram, elas não explicam o que de fato acontece no interior do organismo que resulta em tais fenômenos (Teixeira, 2000). Portanto, não se pode dizer que as crianças realmente entendem o fenômeno em sua complexidade.

Tais fenômenos resultam da seqüência de eventos que acontecem devido à interação entre protagonistas (Martins, Ogborn & Kress, 1999) que, individualmente, têm funções e ações peculiares (no caso do nosso exemplo, os protagonistas seriam os diferentes órgãos do sistema digestivo e demais sistemas relacionados à digestão). Os protagonistas nem sempre são familiares ou ordinariamente visíveis a olho nu. Geralmente produzem ações complexas e inacessíveis no dia-a-dia.

Identificar quais são os protagonistas que estão relacionados a determinado fenômeno e compreender a ação individual de um protagonista e seu efeito sobre os outros protagonistas envolvidos no fenômeno requer a articulação de várias informações que, em conjunto, são os elementos que permitem descrever, prever e explicar as causas do fenômeno, constituindo teorias.

Por conseguinte, a estruturação de conhecimentos sobre os fenômenos biológicos requer que os indivíduos vão além da mera identificação de atributos visíveis e suas respectivas propriedades seguidas da criação de um modelo mental. Vários estudos evidenciam que a identificação de atributos e propriedades visíveis, embora seja um dos aspectos da construção de conhecimentos sobre fenômenos biológicos, não explica todo o processo. Esses estudos reúnem dados que podem ser interpretados como sugestivos de que a identificação de propriedades e atributos é um processo complexo que envolve mais elementos do que a mera criação da imagem mental do objeto percebido.

O trabalho de Bloom (1990) é um desses estudos. Ele registrou a construção de conhecimentos sobre minhocas por parte de crianças canadenses com idades entre 6 e 8 anos enquanto observavam, manipulavam e falavam com o animal. Foi observado que as crianças se colocavam na 'posição' da minhoca e, por meio de analogias, faziam inferências e processavam informações, gerando novos conhecimentos. Uma das crianças, após se imaginar vivendo no chão, concluiu que a pele da minhoca é como se fosse a roupa para os humanos. Outra disse que a minhoca tem muitas coisas dentro dela parecidas com humanos porque ambos, humanos e minhocas, contorcem o corpo quando algo os machuca.

Temos a impressão de que, ao se colocar na posição da minhoca, as crianças ultrapassam a observação objetiva, isto é, a simples identificação de atributos e registro mental do que é observado. Elas estão lidando com crenças (a criança acredita que internamente humanos e minhocas têm algo parecido), emoções (humanos e minhocas sentem dor) e imaginação (é como se a pele fosse roupa). Estão também fazendo uso de analogias, ou seja, comparando situações distintas e transferindo, para uma dessas situações, informações sobre a outra, de modo discriminado, gerando predições e explicações pertinentes aos eventos e propriedades observados.

Conseqüentemente, embora concordemos que, conforme previsto pelos seguidores da abordagem prototípica, a construção de conhecimentos sobre a minhoca pareceu iniciar-se pela observação de atributos por meio das atividades dos órgãos dos sentidos, argumentamos que, concomitantemente, ao observar, os sujeitos articulavam diversas informações guardadas na memória, gerando novo conhecimento que extrapolava o imediatamente observável e a aplicação linear e racional do que já sabiam sobre os atributos e propriedades que eram observados. Para um dos sujeitos, isso aconteceu a partir da imaginação de situações que não têm existência visível (por exemplo, a semelhança entre a função das roupas dos humanos e a pele da minhoca) e, para outro,

devido à mobilização de emoções (a inferência de que ambos, humanos e minhocas, devem ser internamente semelhantes porque se contorcem quando sentem dor).

Portanto, o conhecimento foi gerado em decorrência da capacidade de articulação de informações. Notem que não estamos falando na capacidade de relacionar informações em função da descrição de atributos e propriedades concretamente percebidos, mas, sim, de articular informações que, para o sujeito que está gerando novo conhecimento, parecem estar relacionadas, independentemente da existência de semelhanças físicas (os atributos) ou de propriedades concretas entre o que está sendo comparado. Por exemplo, apesar da diferença física entre a minhoca e o homem, uma das crianças da investigação conduzida por Bloom inferiu que pele e roupa têm funções semelhantes porque sabia qual é a função da roupa para os humanos e estendeu essa função para a pele da minhoca.

A perspectiva de que a estruturação do conhecimento em geral, o que inclui o conhecimento sobre fenômenos biológicos, ocorre não apenas por meio de reconhecimento de propriedades, dado que envolve também o inter-relacionamento de informações, tem sido denominada de abordagem teórica. O princípio básico dessa abordagem é que o conhecimento é um conjunto de informações mobilizadas pelo sujeito quando está fazendo uso das mesmas (Carey, 1985; Keil 1985, 1991). É como se fosse uma rede em que diversas informações são concatenadas. As redes de conhecimento são consideradas teorias por serem fonte de informações coerentes, se analisadas segundo os argumentos dos sujeitos, que lhes possibilitam compreender e gerar novas informações sobre os fenômenos, mesmo que tais informações sejam distintas e com limitações quando comparadas ao entendimento dos especialistas.

O depoimento que uma garota de 4 anos nos deu sobre o destino e o que acontece ao alimento no interior do organismo ilustra o que está sendo denominado de *teoria* (Teixeira, 1995). Dei-lhe uma barra de chocolate, solicitei que desenhasse as partes do corpo por onde ele passava após ser ingerido, ao tempo em que explicava o que acontecia em cada uma das partes por que passava. No desenho, o corpo é representado como um grande espaço vazio em sua maior parte, exceto na região abdominal, na qual um círculo delimita a barriga.

No entender dessa criança, a única transformação que o alimento ingerido sofre no interior do organismo é o de ficar em pedacinhos, devido à mastigação. Ao indagar sobre o que acontece quando furamos o dedo, ela disse que se o furo for só na pontinha do dedo sairá sangue, mas, se for um corte 'bem dentro do dedo', vão sair pedaços de comida. Quando perguntei por que comemos, ela disse que é para crescer, ficar forte e, se não comemos, morremos. Ao explicar como a comida promove o crescimento, ela diz que quando comemos o alimento cai da barriga para os pés, e quando nos movimentamos, o que foi ingerido pode cair nos braços. Em ambos os membros, o alimento esticará o corpo, promovendo crescimento. Disse também que a comida nos faz fortes porque faz músculos originados em decorrência da sobreposição dos alimentos, isto é, um alimen-

to fica em cima do outro. Ao ser questionada sobre quando começou a comer, ela prontamente disse ter sido quando ainda era bebê e tornava leite. Sugerir que se a pessoa, desde que nasce, começa a comer, então ela iria ficar cheia de comida e talvez, em dado momento, não haveria mais espaço dentro do corpo para mais comida. Ela prontamente contra-argumentou que é por isso que gente grande come pouco e come comidas *diet*; caso continue a comer muito, fica gorda.

O que percebo no depoimento dessa menina é que, para gerar novas informações, ela vai concatenando o que sabe sobre fatos que não estão diretamente relacionados ao corpo, mas, sim, ao que ela observa no dia-a-dia sobre outros fenômenos. Por exemplo: a noção de queda livre dos corpos é aplicada para explicar como os alimentos chegam aos membros e que o peso destes esticaria o corpo; o conhecimento de que a sobreposição de matéria resulta no aumento de sua espessura é empregado para esclarecer a origem dos músculos. Analisadas no conjunto, as informações antigas e novas estão interligadas, apresentam coerência e dão sustentação à teoria – que não procede, sob o ponto de vista do conhecimento científico atual – de que o corpo é um grande espaço vazio.

Se fosse representar graficamente como essa criança foi apresentando seus conhecimentos, utilizaria a imagem de uma rede para pesca: não saberia dizer exatamente onde a rede foi iniciada, mas identifico que os diversos pontos da rede estão conectados entre si a fim de atender à função para a qual foi criada: descrever qual a trajetória do alimento no interior do organismo e explicar o que acontece a ele nesse trajeto. Em outras palavras, parece que os conhecimentos são gerados e articulados em função da necessidade ativada na criança para explicar os fatos na medida em que eles são apresentados. Diante de novas perguntas, são apresentadas respostas que sugerem que a criança cria novas informações em torno das idéias já existentes, enfatizando e ampliando as idéias anteriores.

O depoimento apresentado corrobora a hipótese de Keil (1985, 1991) de que as teorias fazem com que as pessoas criem e enfatizem correlações que são centrais para sua teoria e ignorem ou discordem de correlações que são mais periféricas a ela. Dessa forma, o conhecimento não estaria, necessariamente, organizado em classes hierárquicas em torno de um protótipo, como foi sugerido na abordagem prototípica, mas sim como uma estrutura que possibilita ao indivíduo fazer inferências, gerar analogias, explicar fatos, funcionando como teorias.

## A estruturação de conhecimentos biológicos na abordagem teórica

Desde 1985, após o lançamento do trabalho de Susan Carey, tem crescido o número de defensores e de evidências de que o conhecimento biológico é organizado em torno de teorias. Estas podem ser analisadas sob duas perspectivas: tanto são conhecimentos com os quais raciocinamos – o conteúdo propriamente dito – quanto conhecimentos sobre os quais raciocinamos e que podemos transformar, aprimorando-os e gerando novas informações.

Como decorrência de ambas as perspectivas, as teorias caracterizam-se como subjetivas e mutáveis, dado que varia de indivíduo para indivíduo o produto das reflexões feitas sobre um conhecimento, assim como a articulação estabelecida entre os conhecimentos e o produto gerado a partir das reflexões e articulações. Essas duas características, subjetividade e mutabilidade do conhecimento, não são contempladas na abordagem prototípica. Por outro lado, os indivíduos advindos de culturas similares partilham informações sistematizadas formalmente (com registro escrito sobre o conteúdo e de como foram produzidos) ou informalmente (pela transmissão oral), usam linguagem comum a todos e têm um aparato fisiológico que lhes possibilita observar atributos e propriedades, de modo que o conhecimento caracteriza-se por ser, ao mesmo tempo, subjetivo, peculiar a cada indivíduo, e também coletivo, partilhado por indivíduos.

Apesar de os pesquisadores que adotam a abordagem teórica concordarem quanto às características gerais da mesma, ainda não há consenso sobre como ocorre a estruturação de conhecimentos sobre fenômenos biológicos: alguns apontam fatores inatos, enquanto outros assinalam fatores não-inatos.

Entre os fatores inatos, tem sido apontada a predeterminação para o raciocínio teleoessencialista (Atran, 1995), que tanto guia as crianças para crerem que as coisas vivas têm mais probabilidade do que os artefatos de terem propriedades com funções voltadas para atender necessidades próprias (Keil 1995), quanto para crerem que certos objetos têm uma essência constitutiva que gera características visíveis e não-visíveis (Gelman e Welman, 1991; Hatano e Inagaki, 1994; Gelman, Coley e Gottfried, 1994; Atran, 1995).

Keil (1995) ilustra o uso de raciocínio teleológico reportando que as crianças, ao serem apresentadas à gravura de uma rosa e do arame farpado e perguntadas para que serviam o espinho, de ambos deram respostas que refletiam a idéia de que os espinhos da rosa serviam para elas se defenderem, enquanto os do arame não eram para uso próprio.

Evidência de crença essencialista foi encontrada entre crianças japonesas. Trata-se do vitalismo biológico descrito por Inagaki e Hatano (1993). Elas explicaram processos biológicos baseadas na crença de que o corpo tem uma força que o faz vivo e que a manutenção de funções corporais consiste da transmissão e no intercâmbio de forças vitais: "comemos todos os dias porque nosso estômago tira o poder vital da comida"; "se o sangue não vem para as mãos, as mesmas irão morrer porque o sangue não traz energia para elas" (Inagaki e Hatano, 1993).

Entre os vários fatores não-inatos apontados como fundamentais para a estruturação de conhecimentos biológicos estão: aprendizado formal da biologia (Hatano e Inagaki, 1994), tarefas diárias, como, por exemplo, criação de animais (Inagaki 1990b), interação com pessoas mais experientes por meio da fala ou outros instrumentos semióticos tais como artefatos (Hatano, 1990) e exigência do contexto social para o uso de modos específicos de raciocínio (Hatano e Inagaki, 1997).

Não encontramos, ao longo do desenvolvimento do presente estudo, investigações que apresentem evidências empíricas da integração dos fatores inatos e não-inatos no processo de elaboração de conhecimentos sobre os fenômenos biológicos, bem como estudos que esclareçam sobre os passos ou etapas de como acontece a construção das teorias. Esclarecer essas questões representaria avanço importante no entendimento do funcionamento cognitivo humano

## Implicações da abordagem teórica para o ensino

Voltando a atenção para a influência dos resultados de pesquisas mais recentes sobre a estruturação do conhecimento biológico na prática pedagógica, tem-se um quadro bem diferente do derivado da noção de que o conhecimento biológico é estruturado pela memorização de associações percepto-sensitivas. Advogando que o entendimento sobre fenômenos biológicos não é restrito apenas à descrição, mas também inclui explicações das relações percebidas, não se pode concordar que a tarefa do ensino consista, primordialmente, em usar meios didáticos para fornecer aos alunos a representação de modelos de respostas dos *experts*, como foi constatado, em escolas brasileiras, por Selles e Ayres (1999), mas, sim, procurar meios que lhes possibilitem gradualmente a construção dessas representações, entendendo as leis e princípios que norteiam os mesmos (Astolfi e Develay 1990) ao tempo em que são considerados os saberes dos alunos.

Adicionalmente, se os conhecimentos biológicos não constituem fatos brutos, já que envolvem diversos conceitos, leis causais e, em alguns casos, modelos explicativos diversos, a estruturação dos mesmos envolve crenças, emoções, analogias e, para alguns, também tendências inatas de raciocínios; então, para aprendê-los, deve ser adotada uma perspectiva ampla (Astolfi e Develay 1990) e múltipla (Bloom's, 1990) de ensino, isto é, em vez de estratégias para internalização de definições de um único conceito (tal como foi defendido por Trowbridge et al., 1985) com atividades restritas à estimulação da esfera cognitiva das crianças (basicamente trabalhando-se memória, abstração e generalização de informações), tem sido estimulado o uso de interações transconceituais (Astolfi e Develay, *ibidem*), como, por exemplo, ao se trabalhar a dimensão biológica do conceito de digestão (órgãos, função), abordarem-se também elementos físicos (estados da matéria, dissolução) e psicogenéticos (tempo e duração, causa, conservação da matéria) e atividades que possibilitem a expressão de crenças, emoções e fantasias, tais como desenhos, poemas e histórias (Bloom, 1990).

## Considerações finais

Em resumo, foram apresentadas duas abordagens explicativas sobre como as crianças constroem conhecimentos a respeito de fenômenos biológicos. A primeira defende que os mecanismos de construção do conhecimento biológico consistem na identificação da similaridade perceptual de objetos e propriedades por meio dos processos de generalização, discriminação e memorização. A segunda aponta a emergência do

conhecimento biológico a partir da linguagem, das crenças e das tendências inatas que guiam o modo de raciocinar das crianças, das emoções e diversos processos mentais, tais como generalização, discriminação e estratégias de raciocínio como o uso de inferências e analogias. A tabela a seguir sintetiza as diferenças entre as duas abordagens.

**Tabela 3: Modelos explicativos da origem do conhecimento biológico das crianças**

<b>Tópicos</b>	<b>Abordagem prototípica</b>	<b>Abordagem teórica</b>
Como a criança constrói conhecimentos biológicos	Percepção e memorização das frequências e co-ocorrências de fatos no mundo	Identificação de co-ocorrência de 'pistas' perceptuais e palpites explicativos dessas ocorrências
Mecanismos básicos por meio dos quais o conhecimento biológico é construído	- discriminação - generalização - memorização	- Articulação de informações por discriminação, generalização, memorização, crenças, analogias, imaginação, linguagem adulta, interação (com pessoas e artefatos), ensino formal, tendências inatas de raciocínio, exigência do contexto social
Organização do conhecimento	- Representação mental do que se vê	- Rede de informações sobre fatos e propriedades relacionados - Informações aplicadas a um contexto
Metodologia de investigação	- Identificação de características externas e atributos visíveis	- Atividades que vão além da identificação de características externas e atributos visíveis
Limites	- Não explica como se dá a decisão de quais atributos são relevantes - Não explica como ocorre a emergência de explicações causais	- Não explica em detalhes como ocorre a construção das teorias sobre os fenômenos biológicos, inclusive as explicações sobre os mecanismos causais dos mesmos

As duas abordagens têm implicações distintas para a prática pedagógica e deixam em aberto algumas questões. No que se refere à primeira abordagem, há dificuldade em explicar como as crianças constroem explicações e fazem inferências a respeito de fatos e propriedades relacionados a fenômenos biológicos, particularmente aqueles que não são usualmente visíveis. Na segunda, há um limitado entendimento de como são construídas as teorias, apesar de serem apontados fatores inatos, sócio-históricos e culturais na construção do conhecimento. Finalmente, fica registrada a necessidade de investigações que contribuam para ampliar o esclarecimento dos passos sobre como ocorre a construção de teorias sobre os fenômenos biológicos.

## Referências bibliográficas

- ASTOLFI, J. & DEVELAY, M.D. *A Didática das Ciências*. Campinas, SP: Papirus, 1990.
- Atran, S. Causal constraints and categorial constraints on biological reasoning across cultures. In: SPERBER, D. PREMACK, D. & PREMACK A.J. *Causal cognition a multidisciplinary debate*. Oxford University Press: New York, 1995. p. 205-233.
- BELL, B. When is an animal, not an animal? *Journal of Biological Education*. v. 15, n. 3. p. 213-218, 1981.
- BEM, S.L. Genital knowledge and gender constancy in preschool children. *Child Development* 60, p. 649-662, 1989.
- BLOOM, J. Contexts of meaning: young children's understanding of biological phenomena. *International Journal of Science Education*. v. 12, n. 5, p. 549-561, 1990.
- BRAUND, M. Children's ideas in classifying animals. *Journal of Biological Education*. v. 25, n. 2, p. 103-110, 1991.
- BRAUND, M. Trends in children's concepts of vertebrate and invertebrate. *Journal of Biological Education*. v. 32, n. 2, p. 113-118, 1998.
- CAMPBELL, J. D. Illness is a point of view: the development of children's concepts of illness. *Child Development*, v. 46, p. 92-100, 1975.
- CAREY. *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press, 1985.
- CAREY. In: SPERBER, D. PREMACK, D. & PREMACK A.J. *Causal cognition a multidisciplinary debate*. Oxford University Press: New York, 1995. p. 205-233.
- GELLERT, E. Children's conceptions of the content and Functions of the Human body. *Genetic Psychology Monographs*, v. 65, p. 293-405, 1962.
- GELMAN, S. & COLEY, J.D. The importance of knowing a Dodo is a bird: categories and inferences in 2-year-old children. *Developmental Psychology*. v. 26, n. 5, p. 796-804, 1990.
- GELMAN, S. A. & Wellman, H. Insides and essences: early understanding of the non-obvious. *Cognition*. v. 38, p. 213-244, 1991.
- GELMAN, S. A. COLEY, J.D. & GOTTFRIED, G.M. Essentialist beliefs in children: the acquisition of concepts and theories. In: Hirschfeld, L.A. & Gelman, S. A. *Mapping the mind domain specificity in cognition and culture*. Cambridge University Press: USA, 1994. p. 341-365.
- HATANO, G. & INAGAKI, K. Qualitative changes in intuitive biology. *European Journal of Psychology of Education*. v. 2, p. 111-130, 1997.
- HATANO, G. The nature of everyday science: a brief introduction. *British Journal of Developmental Psychology*. v. 8, p. 245-250, 1990.
- HATANO, G. & INAGAKI, K. Young children's naive theory of biology. *Cognition*, v. 50, p. 171-188, 1994.
- INAGAKI, K. & HATANO, G. Young children's understanding of the mind-body distinction. *Child Development*, v. 58, p. 1543-1549, p. 1993.
- INAGAKI, K. The effects of raising animals on children's biological knowledge. *British Journal of Developmental Psychology*. v. 8, p. 119-129, 1990b.



MARTINS, I. OGBORN, J. KRESS, G. Explicando uma explicação. *Ersao - Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 1, p. 29-46, 1999.

PIAGET, J. *A formação do símbolo na criança, imitação, jogo e sonho. Imagem e representação*. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

KALISH, C. Causes and symptoms in preschoolers' conceptions of illness. *Child Development*, v. 67, p. 1647-1670, 1996.

KEIL, F. *Concepts, kinds and cognitive development*. Cambridge, MA: MIT Press, 1985.

KEIL, F. The emergence of theoretical beliefs as constraints on concepts. In: CAREY, S. & GELMAN R. *The epigenesis of mind. Essays on Biology and Cognition*. Lawrence Erlbaum Associates: New Jersey, 1991.

KEIL, F. The growth of causal understanding of natural kinds. In: SPERBER, D. PREMACK, D. & PREMACK A. J. *Causal cognition a multidisciplinary debate*. Oxford University Press: New York, 1995. p. 234- 262.

REISS, M.J. & TUNNICLIFFE, S. D. Student's understandings of their internal structures as revealed by drawings. *Paper presented at ESEA*, (Kiel - Germany), August 31- September 4, 1999.

ROSCH, E. Natural categories. *Cognitive Psychology*, v. 4, p. 328-350, 1973.

ROSCH, E. Classification of real world objects: origins and representation. In: JOHSON, L. & WASON, p. C. *Thinking readings in cognitive science*. Cambridge: University Press, 1977.

RUSCA, G. & TONUCCI, F. Development of the concepts of living and animal in the child. *European Journal of Psychology of Education*. VII, n. 2, p. 151-176, 1992.

RYMAN, D. Children's understanding of the classification of living organisms. *Journal of Biological Education*. v. 8, n. 3, p. 140-144, 1974.

SELLES, S. E. & AYRES, A. C. B. M. Children's Representations of digestive system from a model based teaching learning perspective. *Paper presented at ESEA*, (Kiel - Germany), August 31- September 4, 1999.

TEIXEIRA, F. M. Concepções das crianças sobre alimentação, estrutura e funcionamento do aparelho digestivo. Recife: UFPE, 1995. (Dissertação de Mestrado)

TEIXEIRA, F. M. What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 5, may, p. 507-520, 2000.

TROWBRIDGE, J. & MINTES, J. Student's alternative conceptions of animals and animals classification. *School Sciences and Mathematics*. v. 85, n. 4, april, p. 304-316, 1985.

TROWBRIDGE, J. & MINTES, J. Alternative conceptions in animal classification: a cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 25, n. 7, p. 547-571, 1988.

TUNNICLIFFE, S. D. & REISS, M.J. *Students' understanding about animal skeletons*. Paper presented at ERIDOB, (Gotembörg - Sweden), 18-22 November, 1988.

TUNNICLIFFE, S. D. & REIS, M. J. Learning about skeletons and other organ systems of vertebrate animals. *Science Education International*. v. 10, n. 1, march, 1999.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

Data do recebimento: 2-12-03

Data da aprovação: 24-1-04