

# A compreensão de sistemas biológicos a partir de uma abordagem hierárquica: contribuições para a formação de pesquisadores<sup>1</sup>

---

Fernanda Aparecida Meglhioratti \*  
Mariana A. Bologna Soares de Andrade #  
Fernanda da Rocha Brando §  
Ana Maria de Andrade Caldeira ¶

---

**Resumo:** A visão da biologia como uma ciência integrada pode ser compreendida e organizada por meio de sistemas hierárquicos de complexidade. O estabelecimento de três níveis hierárquicos de organização do conhecimento biológico [ecológico (ambiente externo) [orgânico (organismo) [genético-molecular (ambiente interno)]]], tendo o organismo como ponto focal ancorando as relações entre ambiente externo e interno foi a base das discussões em um grupo de estudo e pesquisa em Epistemologia da Biologia com graduandos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Neste trabalho mostramos as mudanças na forma como esses pesquisadores em formação estabelecem relações entre esses três níveis. Os dados indicam que a estruturação do grupo a partir de uma abordagem hierárquica permitiu o estabelecimento de relações mais complexas e uma

---

<sup>1</sup> Projeto financiado pelo CNPq.

\* Docente da Universidade Estadual do Oeste de Paraná, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. E-mail: fglio@unesp.br

# Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Bolsista CAPES. E-mail: maria-na.bologna@gmail.com

§ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Bolsista FAPESP. E-mail: frochabrand@fc.unesp.br

¶ Orientadora e Docente do Departamento de Educação. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. E-mail: anacaldeira@fc.unesp.br

integração maior entre os conteúdos de biologia pelos graduandos participantes do grupo.

**Palavras-chave:** sistemas hierárquicos; ensino de Biologia; formação de pesquisadores.

### **The understanding of biological systems from a hierarchical approach: contributions to researchers' education**

**Abstract:** Hierarchical systems of complexity may organize and make biology to be understood as an integrated science. The establishment of three levels of hierarchical organization of biological knowledge [environmental (external environment) [organic (the organism) [genetic-molecular (internal environment)]]], taking the organism as a focal level anchoring relations between internal and external environment was the basis for discussions on a group of study and research in epistemology of biology with students and teachers from a Bachelor of Biological Sciences Course. In this study we present the changes in the way these researchers in training established relations between these three levels. The data indicate that the structuring of the group from a hierarchical approach enabled the establishment of relations more complex and a greater integration between the content of the biology students participating in the group.

**Keywords:** hierarchical systems; biology teaching; researchers' education

## **1 INTRODUÇÃO**

Os estudos em biologia preocupam-se com uma ampla gama de fenômenos, distribuídos desde os níveis molecular e celular até os níveis das populações, dos ecossistemas e da biosfera. Os fenômenos biológicos são complexos e integrados, no entanto, estudos indicam que o conhecimento biológico tem sido trabalhado de forma fragmentada e reducionista, sendo que conceitos fundamentais, como o de ser vivo, que caracteriza o próprio objeto de estudo do conhecimento biológico, têm ocupado um papel marginal na Biologia (Feltz, 1995; Emmeche & El-Hani, 2000; Ruiz-Mirazo *et al.*, 2000; Gutmann & Neumann-Held, 2000; El-Hani, 2002b).

Nesse sentido, uma abordagem hierárquica da Biologia que tivesse o organismo vivo como ponto focal de interesse poderia facilitar o entendimento da unidade do conhecimento biológico e a proposição de estratégias de ensino e aprendizagem que favoreçam a construção de uma visão integrada dos fenômenos biológicos. De acordo com James A. MacMahon *et al.*, uma concepção organizacional através de níveis hierárquicos pode contribuir para

a compreensão biológica tanto de estudantes quanto de pesquisadores (MacMahon *et al.*, 1978).

A importância da representação hierárquica é comum tanto na Biologia teórica (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2000) quanto no Ensino de Biologia (El-Hani, 2002a). Entretanto, Charbel Niño El-Hani considera que apesar do conceito de níveis de organização ser empregado no Ensino de Biologia, as conseqüências da utilização desse conceito para a formação e prática científica dos biólogos não foram suficientemente exploradas (El-Hani, 2002a, p. 2). El-Hani (2002a) considera que o sistema triádico básico apresentado por Stanley Salthe (1985) propicia uma unidade epistemológica/metodológica adequada para a pesquisa biológica e para o Ensino de Biologia (El-Hani, 2002a).

Considerando a importância da representação hierárquica para o Ensino de Biologia, objetiva-se: (1) discutir aspectos da representação hierárquica da natureza e sua associação com a idéia de emergência de novas propriedades; (2) descrever uma estrutura hierárquica do conhecimento biológico proposta com base no sistema triádico básico de Salthe (1985; 2001), tendo o organismo como nível focal; (3) evidenciar como a estrutura hierárquica proposta serviu para estruturar um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia”; (4) analisar se a organização hierárquica proposta facilita a mobilização de conceitos de diferentes níveis de organização biológica pelos graduandos participantes do grupo de pesquisa.

## **2 A REPRESENTAÇÃO HIERÁRQUICA DA NATUREZA**

Associada a idéia de uma representação hierárquica do mundo está a noção de que é possível distinguir diferentes níveis de organização na natureza. Esses níveis de organização estão relacionados à percepção de que a natureza não é um todo homogêneo, mas que é formada por entidades que se distinguem uma das outras e que podem ser constituídas por unidades menores. Em outras palavras, as entidades da natureza podem ser consideradas sistemas constituídos por unidades menores que se combinam para formar um todo. Portanto, para compreendermos uma repre-

sentação hierárquica da natureza é necessário apresentar uma concepção do que é um *sistema*.

Para Cliff Joslyn existem duas formas de definir sistema: a *padrão* ou *estrutural* e a *construtivista* (Joslyn, 2000). Na abordagem estrutural, um sistema é definido pela interação de múltiplas entidades (chamadas de partes), formando uma nova entidade (todo) com novas propriedades em um nível hierárquico distinto daquelas partes. Os limites dos sistemas aparecem pela estabilidade e coesão de certas vias de interação entre as partes. Portanto, existe na abordagem estrutural uma tentativa de compreender aquilo que as coisas são e como se organizam. Por outro lado, na abordagem construtivista, um sistema é definido como a distinção de uma região singular do espaço. Enfatiza-se a percepção e a significância da distinção realizada por um sujeito (Joslyn, 2000, p. 68). Fundamentando a visão construtivista, está a percepção que o ser humano não tem acesso direto aos fenômenos e fatos da natureza, mas que todo conhecimento se constitui numa representação do mundo e em um modo de interpretá-lo através da cognição e da linguagem. Dessa forma, o enfoque construtivista se baseia em como o conhecimento humano delimita e classifica as coisas. Conseqüentemente, a barreira que delimita o sistema é imposta pela percepção humana. Nessa perspectiva, os sistemas não são compostos de coisas, mas são definidos nas coisas.

Joslyn destaca a importância de um movimento de síntese entre essas duas visões (Joslyn, 2000). Portanto, mesmo que todo conhecimento seja uma representação busca-se compreender logicamente aquilo que as coisas são, tendo assim uma dimensão ontológica e outra epistemológica na definição de sistema. Um ponto comum nessas duas abordagens sobre sistema é a necessidade de estabelecer os limites dos sistemas, ou seja, em distinguir o sistema de seu ambiente, definindo entidades na natureza.

Para estabelecer uma estrutura hierárquica como uma ferramenta epistemológica/metodológica adequada, Salthe estabelece alguns pontos relativos à delimitação de sistemas ou identificação de entidades (Salthe, 1985). O primeiro ponto é que o limite do sistema (estabelecimento da entidade) é observado em relação a um período de *tempo* limitado. Salthe destaca que ao considerarmos um período ilimitado de tempo, acabaríamos por conectar todos subsistemas possíveis no universo via interações indiretas e

diretas até que tudo se tornaria mutuamente conectado, formando-se um único sistema (Salthe, 1985, p. 23). O segundo ponto ressaltado é a *escala*, as entidades são heterogêneas em relação ao tamanho, uma coisa só pode ser uma entidade se é percebida como maior ou menor em relação à outra. O terceiro aspecto é a *integração* do sistema, no qual se poderia considerar uma entidade como um sistema cibernético bem integrado, no qual a coesão seria mantida por redes de informação e relações recursivas. O quarto ponto é que a observação de duas ou mais partes de uma determinada entidade ao longo do tempo, mostraria que essas partes têm interações mútuas em qualquer dado tempo, isto é elas são co-variantes.

Para o estudo de um determinado sistema, uma estrutura hierárquica de representação da natureza tem se mostrado uma importante ferramenta (O'Neill, 1988; MacMahon *et al.*, 1978). Assim, o primeiro ponto para a utilização dessa ferramenta é o estabelecimento do sistema de interesse, que se encontraria no nível focal de análise (O'Neill, 1988; Salthe, 1985; Salthe, 2001). A partir da determinação do nível de interesse, é possível reconhecer outros dois níveis, um nível superior que restringe o sistema de interesse e um nível inferior que gera as condições apresentadas no sistema.

De acordo com essa perspectiva, de que é importante o reconhecimento de três níveis básicos, foi adotado como fundamentação nesse artigo o sistema triádico básico proposto por Salthe (1985; 2001). A partir de uma perspectiva externalista (isto é, do ponto de vista de um observador externo ao sistema), Salthe propõe uma teoria hierárquica escalar (Salthe, 1985; Salthe, 2001). Neste tipo de hierarquia é necessário estipular um nível focal, no qual ocorre o fenômeno de interesse, bem como os níveis superiores e inferiores, compondo um sistema triádico básico. As propriedades de nível superior promovem condições limitantes para o nível inferior, enquanto propriedades de nível inferior geram características apresentadas no nível superior. O nível focal ancora as relações entre os outros dois níveis. A hierarquia escalar é formada por partes encaixadas em todos, podendo ser representada por [nível superior [nível focal [nível inferior]]], descrevendo um momento singular no espaço.

A definição dos níveis de uma hierarquia está relacionada aos problemas que se colocam em determinadas áreas de pesquisa ou de ensino. Conforme Robert V. O'Neill é possível estabelecer diferentes hierarquias dirigidas a enfrentar determinados problemas de uma área (O'Neill, 1988). Portanto, a representação hierárquica se constitui, a partir de uma abordagem pragmática, uma ferramenta epistemológica para organizar e representar o mundo de acordo com determinados objetivos.

### **3 ESTRUTURALISMO HIERÁRQUICO E EMERGÊNCIA DE PROPRIEDADES**

Reconhecer a existência de níveis distintos de organização, no qual um sistema engloba outros sistemas, implica também em reconhecer a emergência de propriedades em níveis específicos de complexidade. Assim, a discussão sobre emergência de propriedades ao nível sistêmico a partir da interação entre inúmeras partes está associada a uma descrição hierárquica da natureza (Odum, 1988; Korn, 2005; Collier & Muller, 1998).

Eugene P. Odum destaca que numa hierarquia escalar da natureza “à medida que os componentes ou subconjuntos combinam-se para produzir sistemas funcionais maiores, emergem novas propriedades que não estavam presentes no nível inferior” (Odum, 1988, p. 3). Para MacMahon *et al.*, em cada nível de complexidade aparecem algumas propriedades emergentes, no entanto, as estruturas e funções de um determinado nível não são explicadas apenas pelas propriedades emergentes, ou seja, na interpretação de um sistema devem-se considerar além das propriedades sistêmicas os níveis inferiores e superiores que interagem com ele (MacMahon *et al.*, 1978).

O conceito de emergência é aplicado para designar o aparecimento de novidades que não são dedutíveis nem das propriedades isoladas das partes do sistema, nem do comportamento que os componentes do sistema mostram quando em um sistema mais simples (Mayr, 1998; Jones, 2002; Johnson, 2006; Boogerd *et al.*, 2005). Como apontado por Mayr:

Os sistemas quase sempre têm a peculiaridade de que as características do todo, por mais completo que seja, não podem (nem mesmo em teoria) ser deduzidas do conhecimento das partes,

consideradas em separado ou em outras combinações parciais. Este aparecimento de características novas nos conjuntos foi designado *emergência*. (Mayr, 1998, p. 83)

No entanto, a discussão sobre a emergência, segundo El-Hani e João Queiroz (2005), coloca dois problemas. O primeiro é: se todos os eventos de nível superior são realizados por eventos, estados e propriedades físicas de nível inferior, como podem surgir novidades genuínas? Os autores consideram que uma propriedade emergente pode ser considerada irredutível (uma novidade genuína) em termos de não-dedutibilidade do comportamento das partes em sistemas mais complexos através do conhecimento do comportamento dessas mesmas partes em sistemas mais simples. Portanto, não é possível deduzir o comportamento de uma propriedade sistêmica, antes de seu primeiro aparecimento, pelo conhecimento de sistemas mais simples.

O segundo problema diz respeito ao modo como o todo modifica suas partes componentes e como esta modificação resulta na emergência de novas propriedades, isto é, o problema da causalidade descendente. El-Hani e Emmeche propõem que a forma ou estrutura do sistema restringe o comportamento de suas partes através do modo que os componentes de nível superior selecionam entre os conjuntos de estados que poderiam ser realizados pelo nível inferior (El-Hani & Emmeche, 2000). Portanto, os elementos que compõem determinado sistema assumem um comportamento específico devido à seleção dos comportamentos possíveis dentro da estrutura global do sistema em que estão inseridos. Da mesma forma, Robert Korn entende que os componentes de um sistema têm suas liberdades limitadas pela dinâmica global do sistema do qual fazem parte (Korn, 2005).

O aparecimento de determinadas propriedades emergentes em um determinado nível de organização é dependente, portanto, tanto do nível inferior (que gera as propriedades) quanto do nível superior que restringe as possibilidades de surgimento dessas propriedades. Pensando numa relação triádica dinâmica, quando consideramos o fator tempo, percebe-se um movimento recíproco de interação e dependência entre os níveis.

## 4 O SISTEMA TRIÁDICO BÁSICO NA ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO BIOLÓGICO

Considerando que uma abordagem hierárquica pode facilitar a organização e integração do conhecimento biológico, foi proposto investigar como a utilização da estrutura triádica de Salthe pode contribuir na formação de graduandos de Biologia quanto pesquisadores (Salthe, 1985; 2001). Para isso, procurando integrar diferentes níveis de complexidade do conhecimento biológico. Foram estabelecidos três níveis hierárquicos de organização do conhecimento biológico: [ecológico (ambiente externo) [orgânico (organismo) [molecular e/ou celular (ambiente interno)]]], tendo o organismo como ponto focal ancorando as relações entre ambiente externo e interno.

O organismo foi escolhido como ponto focal da hierarquia por ser considerado um dos conceitos integradores do conhecimento biológico e pela necessidade de recolocar esse conceito em evidência, uma vez que as pesquisas em Biologia teórica indicam que o organismo perdeu seu papel central nas discussões conceituais desde de 1920, devido a crescente ênfase nos aspectos moleculares (Feltz, 1995; El-Hani & Emmeche, 2000; Ruiz-Mirazo *et al.*, 2000; Gutmann & Neumann-Held, 2000; El-Hani, 2002a).

Para entender o organismo é necessário compreendê-lo como um sistema coeso, no qual emergem propriedades como os comportamentos e certa individualidade. No entanto, para compreender de forma adequada as propriedades que aparecem no nível focal (orgânico), devem-se relacionar essas propriedades ao ambiente externo (nível superior) no qual o organismo se insere.

Como Richard Lewontin, entende-se o ambiente externo como as condições externas (aspectos bióticos e abióticos) que são relevantes para o organismo (Lewontin, 2002). Para Lewontin, não existe ambiente sem organismo, nem organismo sem ambiente. O organismo, além de determinar os fatores relevantes de seu ambiente, também constrói ativamente um mundo a sua volta e altera constantemente seu entorno (Lewontin, 2002). Portanto, na compreensão do organismo é fundamental destacar as relações que ocorrem entre o organismo e seu ambiente externo. Por exemplo, é difícil explicar o comportamento reprodutivo de um organismo individual sem fazer referência ao nível superior, a população, no



qual o significado da reprodução pode ser explicado (O'Neill, 1988).

Também não é possível compreender de forma ampla as propriedades que emergem no nível orgânico sem fazer referência ao nível inferior no qual essas propriedades foram geradas. Portanto entender que o organismo se constitui de uma rede de interações moleculares e/ou celulares e que o padrão global apresentado no nível orgânico emerge de certa estabilidade dessas interações é fundamental para compreender as relações entre níveis. Assim, para entender a organização de um determinado ser vivo é necessário compreender tanto as relações e propriedades emergentes que ocorrem no próprio nível do organismo (nível orgânico) quanto às propriedades de restrição do nível superior (ecológico - ambiente externo) e as propriedades geradoras do nível inferior (ambiente interno – molecular e/ou celular).

## **5 A ORGANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UM GRUPO DE “PESQUISAS EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA”**

A partir da representação triádica [ecológico (ambiente externo) [orgânico (organismo) [molecular e/ou celular (ambiente interno)]]], estabelecida como forma de organizar o conhecimento biológico, foi planejado um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia”. O grupo se desenvolveu durante todo o ano de 2007 e teve como tema central de discussão a organização dos seres vivos<sup>2</sup> e a integração entre os níveis ecológico (superior), orgânico (focal) e molecular (inferior).

O grupo foi constituído por alunos de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas, pós-graduandos, professores palestrantes

---

<sup>2</sup> Em 2007, o grupo esteve centrado principalmente na discussão sobre o conceito de organismo, constituindo dados de pesquisa para a tese de doutorado da primeira autora. No ano de 2008 tem sido discutido, com maior profundidade, os aspectos moleculares e ecológicos para a coleta de dados da segunda e terceira autora respectivamente. Procura-se, assim, abordar em profundidade os três níveis de organização propostos pelo grupo, sem deixar de destacar as relações de interações entre os níveis.

participantes e professores orientadores. Os alunos de pós-graduação coordenavam as atividades do grupo e pesquisavam o desenvolvimento conceitual do grupo referente à interação entre os três níveis do sistema triádico proposto. Os alunos de graduação (11 alunos no início das atividades, sendo que ao longo do ano, três saíram do grupo) além de discutirem aspectos da fundamentação teórica tinham por objetivo desenvolver projetos de pesquisa a partir destas discussões. Ao final das atividades do ano, alguns graduandos desenvolveram uma pesquisa completa e apresentaram como trabalho de conclusão de curso enquanto outros estão tendo o ano de 2008 para o término dos seus trabalhos.

Na fundamentação teórica do grupo, para a compreensão dos três níveis de organização propostos, foram realizadas aulas expositivas, discussões em grupo e leitura de textos. Entre os textos que serviram de suporte para o grupo estiveram os capítulos “Gene e Organismo” e “Organismo e Ambiente” do livro *A tripla hélice* de Richard Lewontin (2002). Estes dois textos inseriam a discussão da interação entre os três níveis proposto na compreensão do conceito de organismo.

## **6 A PERCEPÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE NÍVEIS POR GRADUANDOS EM BIOLOGIA**

A coleta e a análise de dados seguiram uma abordagem metodológica qualitativa de pesquisa (Lüdke & André, 1986; Bogdan & Biklen, 1994). A coleta de dados foi realizada através de: questionários, entrevistas em grupo e individuais, gravações e transcrições das reuniões do grupo. Nesse artigo, a análise se refere ao questionário inicial respondido pelos alunos antes do início das atividades do grupo (dezembro de 2006), as discussões ocorridas durante o desenvolvimento do grupo e as entrevistas individuais realizadas na finalização das atividades do grupo (novembro de 2007). Procura-se através desses dados comparar as percepções dos alunos no início das atividades do grupo e na finalização da mesma. Estes instrumentos de coleta possibilitaram caracterizar as relações estabelecidas, pelos participantes, entre os três níveis hierárquicos que fomentaram as discussões e o desenvolvimento dos trabalhos do grupo.

Na análise dos dados foram estabelecidas cinco categorias qualitativas de análise (Bardin, 1977) em relação à concepção de organismo (nosso nível focal de interesse) e as relações entre os níveis inferior e superior. Estas categorias são:

- C1. Organismo-ambiente interno: o organismo determinado pelo material genético;
- C2. Organismo-ambiente interno: organismo como reflexo do meio interno na forma de uma totalidade;
- C3. Organismo como conjunto de características;
- C4. Organismo estabelecendo relações apenas com o ambiente externo e;
- C5. Estabelecimento de relações entre o organismo, meio interno e externo.

Os alunos nas análises são representados pela letra *A* acompanhado por um número de um a onze. As falas dos pesquisadores são representadas pela letra *P*. Quando não era possível identificar o aluno, representou-se por *A(?)*. Quando era uma fala conjunta, indicou-se pela palavra *Alunos*.

## **6.1 A relação entre níveis no questionário inicial**

O questionário inicial foi respondido por 11 alunos. A análise da relação entre níveis e o conceito de organismo no questionário inicial esteve relacionado com as seguintes questões:

1. [apresentação de imagens de seres vivos] O que eles têm em comum?
2. [apresentação de imagens de seres vivos] A) Em que eles se diferem? B) Como essa diferença é possível?
7. O que é um ser vivo?
8. Vários componentes e estruturas que constituem um ser vivo são freqüentemente reconstruídas ao longo da vida de um organismo. Apesar dessa constante transformação, percebe-se que um ser vivo possui certa individualidade que se mantém ao longo do tempo. Como você explicaria a manutenção dessa individualidade?

As perguntas estavam relacionadas com a percepção dos alunos sobre seres vivos, procurando entender se na explicação dos seres vivos os alunos incluíam tanto aspectos do ambiente externo quanto de seu ambiente interno. A partir da análise das respostas dos alunos através das categorias elaboradas foi constituída a tabela 1.

Nesse primeiro momento da coleta de dados, percebeu-se que as respostas dos alunos, mesmo quando englobava as relações entre os três níveis, eram muito simples. Além disso, um ponto a ser destacado é que a aluna A11 respondeu todas as questões com ênfase nas características genéticas dos organismos.

**Tabela 1.** Número de aparições das categorias por aluno no questionário inicial.

	C1	C2	C3	C4	C5
A1		2	1	2	2
A2		1		1	1
A3	3		1	1	2
A4	1	1	1	2	
A5				2	
A6	3	1	2	1	
A7	2	2	3		2
A8		1	2	2	
A9			1	1	
A10			3	1	
A11	5				
TOTAL	14	8	14	13	7

Destacam-se a seguir, para exemplificar a constituição dos dados, fragmentos de falas que foram inclusos em cada uma das categorias:

C1: A3: [Eles diferem] quanto às estruturas físicas, pois cada um apresenta códigos genéticos diferentes.

C2: A7: Todos possuem metabolismo.

C3: A7: Há os mais simples, que são unicelulares e os pluricelulares; enfim o que os diferenciam são estruturas morfo-

lógicas: vértebras, pêlos, parede celular, etc.

C4: A1: A manutenção [da individualidade] é feita pelo próprio ambiente, características que influenciam o indivíduo.

C5: A1: Ser vivo é um organismo que apresenta certo nível de organização interna capaz de interar energia e matéria e também possui a capacidade de se reproduzir e/ou auto-reproduzir.

## 6.2 A relação entre níveis na discussão inicial

A primeira reunião do grupo (março de 2007) enfatizou o conceito de vida e de organismo através da estratégia de problematizar as concepções apresentadas pelos alunos. As questões utilizadas para problematizar essa primeira reunião foram adaptadas dos trabalhos de Francisco Ângelo Coutinho (Coutinho, 2005) e Fábio Augusto Rodrigues Silva (Silva, 2006). Nessa reunião, percebeu-se que quando colocado algum problema de difícil solução os alunos recorriam ao nível genético para suas explicações.

Nessa reunião, devido as problematizações, a categoria que apareceu com maior frequência foi C1 com nove referências, seguida por C3 (cinco referências) e C4 (duas referências). As categorias C2 e C5 tiveram uma referência cada. Nesse primeiro momento, observou-se que a representação do organismo esteve fortemente associada ao ambiente interno, principalmente ao material genético como determinante de um ser vivo. Uma relação integrada entre os níveis ecológico, orgânico e genético-molecular apareceu apenas uma vez nesse primeiro momento.

A análise desse primeiro encontro evidenciou que as respostas dos alunos se apresentaram de forma mais curta, sem elaboração de uma explicação sistemática dos níveis. Nesta fase do grupo, fica evidente a concepção de organismo como sendo moldado pelo material genético. A seguir, como exemplo, é destacado um dos momentos analisados nessa primeira reunião:

P: E o que eles têm de diferentes? Como essas diferenças são possíveis? São seres vivos, mas são diferentes. Como isso acontece?

A(?): DNA

P: [pesquisadora coloca uma questão do questionário inicial referente à manutenção da individualidade dos seres vivos] Por exemplo: eu sou um ser vivo, eu perco células, eu estou reconstruindo ao longo da minha vida e eu continuo sendo o mesmo indivíduo. O que faz com que eu continue sendo a mesma pessoa?

Alunos: Material Genético, DNA.

P: Só o DNA? Aí a gente cai na mesma questão de agora pouco. Poderia existir vida sem ter uma forma semelhante ao DNA de informação?

A8: Eu acho que se não é o DNA é uma informação genética que diz que vai ter a pele assim, cabelo assim. Os animais também que vai ter a pele assim, cor tal. Então, acho que sim, sei lá um DNA ou RNA. Acho que diferente do que a gente conhece talvez não tenha. Acho que sem é impossível de existir.

### **6.3 Relação entre níveis ao longo do desenvolvimento do grupo**

Ao longo do ano os graduandos participaram de discussões e leituras de textos que enfocaram as discussões sobre níveis hierárquicos tendo o organismo como nível focal. Além das atividades de discussão teórica, o grupo também teve momentos de discussões sobre pesquisa em ensino de ciências e suas metodologias, orientação de trabalhos de conclusão de curso e de artigos. Esses trabalhos foram desenvolvidos a partir de temáticas do grupo sendo que a escolha dos temas foi feita por cada graduando.

Ao longo do desenvolvimento do grupo os alunos utilizaram respostas cada vez mais complexas e sistêmicas. Além disso, os próprios alunos passam a reconhecer as mudanças em sua forma de pensar. No fragmento abaixo destacamos a fala da aluna A11 que no questionário inicial havia respondido todas as questões com ênfase no material genético.

A11: No primeiro encontro minhas idéias sobre a vida e os seres vivos restringiam-se a genética e a forma como os genes atuavam nos indivíduos. Após a leitura do texto as idéias e discussões se tornaram mais fundamentadas, mais an-

coradas no conhecimento científico, o que possibilitou o abranger das idéias. [sobre o conceito de vida] As moléculas interagem entre si, numa rede de interações. Não há moléculas mais ou menos importantes, todas são de fundamental importância. E é exatamente essa capacidade de criar uma “rede” de interações que define ser vivo de um inanimado.

#### 6.4 A relação entre níveis nas entrevistas individuais

Ao final das atividades do ano de 2007, oito graduandos foram entrevistados individualmente sobre a representação de organismo e o desenvolvimento de seu trabalho de pesquisa associado ao grupo. As mesmas categorias foram utilizadas na análise das entrevistas individuais. A tabela 2 apresenta os dados por aluno.

Nas discussões finais é possível perceber modificações na forma como os graduandos caracterizam o organismo e as relações entre os níveis inferior e superior, sendo que a categoria C5 que na discussão inicial (março de 2007) havia sido citada apenas uma vez, passa a fazer parte do discurso de 6 graduandos na última entrevista.

**Tabela 2.** Número de aparições das categorias por aluno nas entrevistas individuais.

Entrevistas individuais	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5
A1					1
A2				1	2
A3					1
A5				1	
A7	1			2	1
A8	1		1		1
A10	2			2	
A11	1			1	1

Pode-se evidenciar que os alunos já apresentam algumas considerações de interação entre os níveis:

A7: Bom, porque eu acho que não tem como você pensar um ecossistema sem organismo não tem como existir um organismo sem o nível molecular.... então eu acho que talvez no nível molecular.. não, não tem como, na verdade acho que não tem como existir eles separados, não tem como você separar os três, um sem o outro não existiria.

A11: Acredito que a vida, ela está mais relacionada com a capacidade de interação entre as partes, né? Acho que eu não poderia dizer que a minha célula é uma vida sozinha, como eu não poderia dizer que eu sou uma vida sozinha, eu no meio do nada, nada, nada, no vácuo, acho que é essa capacidade de interação, interação entre as células que vão se formando, é a minha interação com o ambiente.

No entanto, destaca-se que o determinismo genético (categoria 1.) ainda é citado por mais da metade dos membros do grupo como mostra a seguinte citação:

A7: Eu acho que, ainda, o DNA, sabe, eu dou muito enfoque a isso e, a vida, realmente, tem a ver com DNA com a parte mais molecular, não só com o DNA, mas essa fita que guarda a informação e tal... acho que seria mais esse mesmo.

Os dados das entrevistas individuais indicam que ao final do período de atividades do grupo, os alunos conseguem integrar com mais facilidade os níveis ecológico, orgânico e genético na explicação sobre a organização dos seres vivos. Assim, entende-se que a estruturação do grupo de pesquisa a partir de uma abordagem hierárquica permitiu o estabelecimento de relações mais complexas e uma integração maior entre os conteúdos de biologia pelos graduandos participantes do grupo. Apesar disso, em muitas situações os alunos ainda recorrem a uma explicação com ênfase no determinismo genético.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho são apresentadas algumas considerações sobre o desenvolvimento de um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia”, no qual uma proposta de discussão do conhecimento biológico fosse pautada em um modelo hierárquico escalar.

Para a organização da estrutura das discussões do grupo foi elaborado um modelo baseado na teoria escalar de Salthe (1985). Nesse modelo, o conhecimento biológico está organizado em três níveis: [ecológico (ambiente externo) [orgânico (organismo) [molecular e/ou celular (ambiente interno)]]], sendo o organismo o nível focal. A partir desse modelo, ao longo do ano de 2007, foram desenvolvidas discussões que abordaram uma visão sistêmica do conhecimento biológico e auxiliaram na formação dos alunos de graduação participantes do grupo.

Dos dados coletados ao longo das atividades do grupo, percebem-se as mudanças conceituais apresentadas pelos graduandos em relação à visão mais integrada dos fenômenos biológicos. A ênfase dada ao material genético, tão presente na fala dos alunos no início das atividades do grupo, deu lugar a uma visão mais integrada dos diferentes níveis de organização dos sistemas biológicos. Ao final de um ano de atividades, foi possível perceber que os graduandos, em certa medida, compreenderam a importância das discussões para sua formação como pesquisadores.

Infere-se que a formação inicial que privilegia o papel da pesquisa em epistemologia da biologia é necessária tanto para aqueles que irão seguir a carreira científica ou atuar como professores na educação básica, pois as atividades de pesquisa permitem a reflexão sobre os conceitos estruturantes da Biologia, assim como a natureza dessa ciência. Em se tratando de formação de professores, ressalta-se que as discussões estabelecidas no grupo podem contribuir para desenvolver um caráter crítico do professor sobre os conteúdos biológicos abordados nos diferentes níveis de ensino.

As discussões epistemológicas na formação de pesquisadores através de uma percepção integrada dos fenômenos biológicos ainda constituem um desafio para os cursos de Ciências Biológicas. Entende-se que as considerações neste trabalho são o início

de uma discussão que precisa ser aprofundada. Outros aspectos ainda devem ser analisados em relação ao desenvolvimento do grupo, tais como: a influência de um pensamento sistêmico no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos e o aprofundamento das discussões epistemológicas nos níveis molecular e ecológico.

A formação de pesquisadores em Ciências Biológicas pode ter na epistemologia da Biologia uma possibilidade de formação de cientistas (experimentais, teóricos, educacionais) e educadores com melhor compreensão dos fenômenos biológicos independentemente da especificidade do trabalho produzido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994.
- BOOGERD, F. C.; BRUGGEMAN, F. J.; RICHARDSON, R. C.; STEPHAN, A.; WESTERHOFF, H. V. Emergence and its place in nature: a case study of biochemical networks. *Synthese* **145**: 131-164, 2005.
- COLLIER, John D.; MULLER, Scott. J. *The dynamical basis of emergence in natural hierarchies*. In: FARRE, George; OKSALA, Tarko (eds.). *Emergence, complexity, hierarchy and organization. Selected and Edited Papers the ECHO III Conference, Acta Polytechnica Scandinavica*. 1998.
- COUTINHO, Francisco Ângelo. *A construção de um perfil conceitual de vida*. Minas Gerais, 2005. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.
- EL-HANI, Charbel Niño. Sistema triádico básico: um Referencial heurísticamente fértil para o ensino de biologia. V. 1, pp. 1-6, in: *VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, Anais*. São Paulo: FE-USP/EDUSP, 2002 (a).
- . *Uma ciência da organização viva: organicismo, emergentismo e ensino de biologia*. Pp. 199-242, in: SILVA FILHO, W. et al. *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, 2002 (b).
- EL-HANI, Charbel Niño; EMMECHE, Claus. On some theoretical grounds for an organism-centered biology: property emer-

- gence, supervinience and downward causation. *Theory Biosciences* **119**: 234-275, 2000.
- EL-HANI; Charbel Niño; QUEIROZ, João. Downward determination. *Abstract* **1** (2): 162-192, 2005.
- EMMECHE, Claus; EL-HANI, Charbel Niño. *Definindo vida*. Pp. 31-56, in: EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (orgs.). *O que é vida? Para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.
- FELTZ, Bernard. Le réductionnisme en biologie. Approches historique et épistemologique. *Revue Philosophique de Louvain* **93**: 9-32, 1995.
- GUTMANN, Mathias; NEUMANN-HELD, Eva. The theory of organism and the culturalist foundation of biology. *Theory in Biosciences* **119** (3-4): 276-317, 2000.
- JOHNSON, Christopher. What are emergent properties and how do they affect the engineering of complex systems? *Reliability Engineering and system safety* **91**: 1475-1481, 2006.
- JONES, Stephen. *Organizing relations and emergence*. Pp. 418-422, in: STANDISH, ABASS, BEDAU. (eds.). *Artificial Life VIII*. Cambridge, MA: MIT Press, 2002.
- JOSLYN, Cliff. Levels of control and closure in complex semiotic systems. *Annals New York Academy of Science. Closure: emergence organizations and their dynamics* **901**: 67-74, 2000.
- LEWONTIN, Richard. *A tripla hélice: gene, organismo e ambiente*. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- MACHON, James A.; PHILLIPS, Donald L.; ROBISNSON, James V.; SCHIMPF, David J. Levels of biological organization: an organism-centered approach. *Biosciences* **28** (11): 700-704, 1978.
- MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Tradução Ivo Martinazzo. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.
- ODUM, Eugene P. *Ecologia*. Trad. Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988.
- O'NEILL, Robert V. *Hierarchy theory and global change*. In: ROSSEWALL, T.; WOODMANSEE, R.; RISSER, P. (eds.).

- SCOPE 35 - Scales and Global Change: Spatial and Temporal Variability of Biospheric and Geospheric Processes*. 1988. Disponível em: <<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope35/chapter03.html>>. Acesso em 8 de setembro de 2008.
- KORN, Robert. The emergence principle in biological hierarchies. *Biology and Philosophy* **20**: 137-151, 2005.
- RUIZ-MIRAZO, Kepa; ETXEBERRIA, Arantza; MORENO, Alvaro; IBÁÑEZ, Jesús. Organisms and their place in biology. *Theory in Biosciences* **119** (3-4): 209-233, 2000.
- SALTHER, Stanley. *Evolving hierarchical systems: their structure and representation*. New York: Columbia University Press, 1985.
- . *Summary of the principles of hierarchy theory*. 2001. Disponível em: <[http://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Hierarchy\\_th.html](http://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Hierarchy_th.html)>. Acesso em: 22 de junho de 2008.
- SILVA, Fábio Augusto Rodrigues. *O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação*. Belo Horizonte, 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.