

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA

FERNANDA APARECIDA MEGLHIORATTI

O CONCEITO DE ORGANISMO:
UMA INTRODUÇÃO À EPISTEMOLOGIA DO CONHECIMENTO
BIOLÓGICO NA FORMAÇÃO DE GRADUANDOS DE BIOLOGIA

Bauru
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FERNANDA APARECIDA MEGLHIORATTI

O CONCEITO DE ORGANISMO:

**Uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de
graduandos de biologia**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência sob a orientação da Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira e co-orientação do Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani.

Bauru

2009

FERNANDA APARECIDA MEGLHIORATTI

O CONCEITO DE ORGANISMO:

Uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de biologia

Tese apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência, sob a orientação da Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira e co-orientação do Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani.

Banca examinadora:

Presidente: Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira
Instituição: Universidade Estadual Paulista

Titular: Profa. Dra. Luzia Marta Bellini
Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Titular: Prof. Dr. Maurício de Carvalho Ramos
Instituição: Universidade de São Paulo

Titular: Prof. Dr. Fernando Bastos
Instituição: Universidade Estadual Paulista

Titular: Prof. Dr. Marcelo Carbone Carneiro
Instituição: Universidade Estadual Paulista

Bauru, 27 de março de 2009.

Aos meus pais pelo carinho, amor e compreensão com que preenchem a minha existência.

AGRADECIMENTOS

Várias pessoas contribuíram para a construção desse trabalho. Quero destacar aqui minha profunda gratidão a todas elas.

À Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira pela orientação cuidadosa e pela constante dedicação durante todo o processo de construção desse trabalho. Obrigada por me encorajar a desenvolver um trabalho na área de Epistemologia da Biologia e pelas discussões realizadas que influenciaram significativamente minha forma de pensar o conhecimento biológico.

Ao Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani pela co-orientação minuciosa, pela indicação de inúmeras referências e pelas discussões realizadas através de e-mails e bate-papos. Estes diálogos serviram para esclarecer muitas idéias e contribuíram para minha formação intelectual.

Ao Prof. Dr. Fernando Bastos e ao Prof. Dr. Maurício de Carvalho Ramos pelas análises cuidadosas e sugestões valiosas realizadas durante o exame de qualificação. Essas contribuições permitiram superar lacunas e construir um trabalho de melhor qualidade.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP de Bauru pela contribuição intelectual fornecida nas disciplinas e nas discussões informais. Agradeço em especial ao Prof. Dr. Jehud Bortolozzi pela orientação inicial e ao Prof. Dr. João José Caluzi pelas discussões na área de auto-organização e complexidade realizada no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”.

Aos alunos de graduação do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas participantes do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” pela colaboração na construção dessa tese, pelo esforço e dedicação para a realização de projetos de pesquisas na área de “Epistemologia da Biologia e o Ensino de Ciências” e pelas reflexões instigantes realizadas.

Às amigas de pós-graduação Mariana A. Bologna Soares de Andrade, Lourdes Aparecida Della Justina e Fernanda da Rocha Brando pelas discussões em relação aos aspectos teóricos e metodológicos do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”. Agradeço também a Mariana pela presença constante nas discussões “on-line” e pela leitura realizada de partes do texto da tese. Agradeço à Lourdes também pela acolhida na cidade de Cascavel-PR, e pelo esforço para me integrar de forma rápida ao Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Biologia (GECIBIO) e à vida acadêmica da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Aos amigos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Cascavel, pelo apoio e incentivo para a realização desse trabalho. Em especial a amiga Débora Schneider e aos professores do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Biologia (GECIBIO).

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, em especial, ao trabalho eficiente de Ana Grijo Crivellari e Andressa Ferraz de Castro Talon.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio proporcionado às atividades realizadas no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”.

A Jairo Fernando Klein pelo companheirismo e incentivo no momento de finalização desse trabalho.

Aos meus pais Diva e Rossieler e meus irmãos Kátia, Sandra e Thiago por me darem suporte emocional e incentivarem meu desenvolvimento intelectual e profissional e aos meus sobrinhos por encherem minha vida de alegria. Agradeço a todos meus amigos e familiares pelo apoio que me foi dedicado.

MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. *O conceito de organismo: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de biologia*. 2009. 254f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2009.

RESUMO

Na descrição hierárquica do conhecimento biológico, o ser vivo é considerado como ponto central nas relações engendradas pelos seguintes níveis: ambiente externo (ecológico/ evolutivo), organismo e ambiente interno (genético/ molecular). O organismo compreendido como nível focal da discussão biológica pode ressaltar a autonomia da Biologia em relação às outras áreas do conhecimento científico. No contexto do ensino, assume-se que as discussões epistemológicas do conhecimento biológico podem promover uma compreensão mais integrada dos fenômenos biológicos. Assim, organizou-se um grupo de pesquisa com graduandos de um curso de Ciências Biológicas para discutir conceitos centrais do conhecimento biológico, entre eles, o conceito de organismo. Esta pesquisa teve como objetivos: 1) Elaborar uma caracterização do conceito de organismo, partindo de uma abordagem hierárquica, integrando as discussões advindas da Filosofia da Biologia contemporânea referentes aos conceitos de auto-organização, autonomia agencial, propriedades emergentes e níveis hierárquicos; 2) Analisar como o conceito de organismo se impõe frente às explicações de vida presentes na literatura contemporânea da Filosofia da Biologia; 3) Utilizar a discussão teórica relativa ao conceito de organismo como fundamentação de um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia”, verificando as contribuições desse aporte teórico para a formação de alunos de Licenciatura em Ciências Biológicas na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências; 4) Analisar as discussões e produções escritas ocorridas no desenvolvimento do grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia” que abordaram o conceito de organismo, com a finalidade de

verificar se uma abordagem hierárquica tendo o organismo como nível focal contribui para uma visão integrada do conhecimento biológico pelos graduandos de Biologia. Com base nos referenciais teóricos advindos da Filosofia da Biologia, o conceito de organismo foi explicitado como *unidade autônoma, histórica e evolutivamente construída, possuindo propriedades que emergem no nível orgânico*. Esse conceito de organismo foi relacionado às explicações de vida presentes na literatura, verificando que este ocupa um papel integrador em relação aos diferentes níveis hierárquicos em duas das explicações de vida analisadas: *vida como interpretação de signos* e *vida como população de autômatos evolutivamente e coletivamente construídos*. Na parte empírica da pesquisa os dados apontam para uma visão mais sistêmica do conceito de organismo e uma visão mais integrada do conhecimento biológico pelos graduandos de biologia, bem como, para a importância do grupo na formação de pesquisadores desses alunos.

Palavras-chave: Organismo; Vida; Epistemologia da Biologia; Formação de Pesquisadores.

ABSTRACT

In the hierarchical of biological knowledge, the living being could be considered as central point in the relations produced by three levels: external environment (ecological/evolution), organism and environment intern (genetic/molecular). The comprehension of the organism as a focal level in the biological debate can underline the autonomy of Biology among the other areas of the scientific knowledge. In the education context it is assumed that the epistemological discussions of the biological knowledge can promote an integrated understanding of the biological phenomena. Thus, a research group consisting of Biological Sciences undergraduates was organized to debate central concepts of the biological knowledge in which the discussions of the organism concept are included. This research aimed to: 1) develop a characterization of the concept of organism from a hierarchical approach by integrating the resulting discussions from contemporary philosophy of biology that are related to the concepts of self-organization, autonomy agents, emergent properties and hierarchical levels; 2) to analyze how the concept of organism is placed in front of the explications of life in the contemporary literature of philosophy of biology; 3) to use the theoretical discussion on the concept of organism as fundamentation for a group of "Studies in Epistemology of Biology," noting the help of this theoretical contribution to the Biological Sciences students training in the Biology and Epistemology in Science Teaching; 4) to analyze discussions and written productions that occurred in the development of the 'Research in Epistemology of Biology's group which addressed the concept the organism in order to verify if a hierarchical approach in which the organism is the focal level contributes to an integrated view of biological knowledge for biology students. On the basis of the theoretical referential of the Philosophy of Biology the organism concept were understood as autonomous agents, historical and evolved, possessing properties that emerge in the organic level. This concept of organism was related to the explanations of life found in literature,

having verified that the organism occupies a integrator role among different hierarchical levels in two of the analyzed life's explanations: *life as interpretation of signs* and *life as population of autonomous agents, historical and evolved constructed*. In the empirical part of the research, the data indicates a more systemic vision of the organism concept and an integrated vision of the biological knowledge in the biology students as well as the importance of the group in the formation of the pupils as researchers.

Key words: Organism, Life, Epistemological of Biology and Researchers Formation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relações lineares e circulares entre os elementos de um sistema.....	42
Figura 2 - Interações entre níveis hierárquicos de complexidade.....	58
Figura 3 - Relação hierárquica entre níveis ao longo do tempo.....	59
Figura 4 - Definindo irreduzibilidade por meio da não-dedutibilidade dos comportamentos das partes do sistema pelo conhecimento do comportamento dessas partes em sistemas mais simples.....	65
Figura 5 - Particularidades do conceito de emergência e auto-organização.....	66
Figura 6 - Esquema da visão geral relacionada ao conceito de ser vivo (<i>explicandum</i>).....	118
Figura 7 - Algumas relações entre níveis que podem ser abordadas numa descrição hierárquica dos seres vivos.....	121

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	13
OBJETIVOS	24
OBJETIVO GERAL	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
1. CAPÍTULO – EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA: O CONCEITO DE ORGANISMO EM DEBATE	25
1.1. A CONSTRUÇÃO DA BIOLOGIA COMO CIÊNCIA AUTÔNOMA	25
1.2. O CONCEITO DE ORGANISMO NO CONHECIMENTO BIOLÓGICO	34
1.3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS PARA A COMPREENSÃO DO ORGANISMO	38
1.3.1. A explicação científica como uma rede sistemática de conceitos	38
1.3.2. A abordagem sistêmica e o fechamento organizacional	40
1.3.3. Auto-organização nos sistemas vivos	44
1.3.4. Os seres vivos como agentes autônomos: da autonomia mínima a autonomia multicelular	46
1.3.5. Sistemas complexos auto-organizados evolutivos: a autonomia coletivamente organizada	54
1.3.6. A hierarquia escalar e o organismo como ponto focal de discussão do conhecimento biológico	57
1.3.7. O emergentismo e a natureza das propriedades emergentes	60
1.4. EXPLICANDO O CONCEITO DE ORGANISMO	67
2. CAPÍTULO - O PAPEL DO ORGANISMO FRENTE ÀS EXPLICAÇÕES DE VIDA	70
2.1. O CONCEITO DE VIDA EM DEBATE	72
2.1.1. Autopoiese: vida como rede de interações moleculares	80
2.1.2. A vida como seleção de replicadores	81
2.1.2.1. Vida como adaptação flexível	86
2.1.3. A vida como interpretação de signos	88
2.1.4. A vida como populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados	90
2.2. CATEGORIAS ENFATIZADAS NAS DEFINIÇÕES DE VIDA E O PAPEL DO ORGANISMO	94
3. CAPÍTULO – O ENSINO DE BIOLOGIA E A APRENDIZAGEM SISTÊMICA DE CONCEITOS	96
3.1. A CONSTRUÇÃO DE PROPOSTAS PARA A SUPERAÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO DO ENSINO DE BIOLOGIA	96
3.2. OS CONCEITOS DE SER VIVO E VIDA NO ENSINO DE BIOLOGIA	99
3.2.1. As pesquisas sobre formação de conceitos em alunos: novas perspectivas	99
3.2.2. O conceito de ser vivo e vida no Ensino de Ciências e Biologia	104
3.3. DO EXPLICANDUM AO EXPLICATUM: A FORMAÇÃO DE REDES CONCEITUAIS CENTRADAS NO ORGANISMO EM UMA PROPOSTA HIERÁRQUICA DO CONHECIMENTO BIOLÓGICO	117
3.3.1. Abordagem pré-científica: organismo como conjunto de propriedades	117
3.3.2. Abordagem científica: rede conceitual no qual se insere o conceito de organismo	118
3.4 O ORGANISMO COMO ELEMENTO INTEGRADOR DO ENSINO DE BIOLOGIA	118
4. CAPÍTULO – METODOLOGIA DE PESQUISA E A FORMAÇÃO DO “GRUPO DE PESQUISAS EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA”	122
4.1. FORMAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO “GRUPO DE PESQUISAS EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA”	122
4.2. FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA E COLETA DE DADOS	128
4.2.1. Coleta de dados	129
4.2.1.1. Entrevistas em grupo	130
4.2.1.2. Observação participante	131
4.2.1.3. Questionários	132
4.2.1.4. Materiais elaborados pelos alunos	133
4.2.1.5. Seminários	133
4.2.1.6. Entrevistas individuais	133
4.2.2. A análise dos dados coletados	134

5. CAPÍTULO - O DESENVOLVIMENTO DO “GRUPO DE PESQUISAS EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA”: DISCUTINDO CONCEITOS DE ORGANISMO E VIDA COM GRADUANDOS DE BIOLOGIA	136
5.1. CONTATO INICIAL	136
5.1.1. <i>Perfil inicial dos alunos quanto às áreas de interesse</i>	136
5.1.2. <i>Questionário inicial</i>	139
5.1.2.1. A concepção de seres vivos.....	139
5.1.2.2. A interação entre níveis na concepção de seres vivos.....	144
5.1.2.2.1. Ambiente interno agindo sobre o organismo.....	145
5.1.2.2.2. Organismo agindo sobre ambiente interno.....	146
5.1.2.2.3. Ambiente externo agindo sobre o organismo.....	148
5.1.2.2.4. Organismo agindo sobre o ambiente externo.....	149
5.1.2.3. Perfil no questionário inicial em relação ao conceito de ser vivo de cada aluno.....	150
5.2. DESENVOLVIMENTO DO GRUPO	153
5.2.1. <i>Problematizando o conceito de ser vivo através de uma discussão em grupo</i>	154
5.2.2. <i>Discutindo explicações de vida presentes na Biologia Teórica</i>	160
5.2.3. <i>Discutindo as relações entre níveis: ambiente externo, organismo, ambiente interno.</i>	170
5.2.4. <i>A relação entre as discussões epistemológicas e a formação de pesquisadores no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”</i>	178
5.3. FINALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DO GRUPO NO ANO DE 2007	184
5.3.1. <i>Projetos e Trabalho de Conclusão de Curso</i>	185
5.3.2. <i>Entrevistas individuais</i>	188
5.3.2.1. Entrevista com o aluno A-1.....	189
5.3.2.2. Entrevista com o aluno A-2.....	191
5.3.2.3. Entrevista com a aluna A-3.....	195
5.3.2.4. Entrevista com a aluna A-5.....	197
5.3.2.5. Entrevista com a aluna A-7.....	200
5.3.2.6. Entrevista com a aluna A-8.....	203
5.3.2.7. Entrevista com a aluna A-10.....	205
5.3.2.8. Entrevista com a aluna A-11.....	208
5.3.3. <i>Análise geral das entrevistas</i>	211
6. ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL DOS GRADUANDOS E DA DINÂMICA DO GRUPO NOS DIFERENTES MOMENTOS DA PESQUISA	215
6.1. PANORAMA DO DESENVOLVIMENTO DO GRUPO	217
6.1.1. <i>A formação de pesquisadores na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências</i>	217
6.1.2. <i>A evolução conceitual do grupo em relação aos conceitos de organismo e vida</i>	218
6.2. DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL DOS ALUNOS NO “GRUPO DE PESQUISAS EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA”	219
7. CONCLUSÃO	224
REFERÊNCIAS	229
APÊNDICES	244
APÊNDICE I - A DEFINIÇÃO DE VIDA EM DEBATE: ALGUMAS POSSIBILIDADES	244
APÊNDICE II - É POSSÍVEL DEFINIR VIDA?	245
APÊNDICE III - QUESTÃO SÍNTESE SOBRE DEFINIÇÕES DE VIDA	249
APÊNDICE IV - QUESTIONÁRIO SOBRE NÍVEIS HIERÁRQUICOS	250
APÊNDICE V - RETOMANDO QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO INICIAL	251
APÊNDICE VI – POSSIBILIDADES DE PESQUISA	252
APÊNDICE VII – QUESTIONÁRIO SOBRE O CONCEITO DE CIÊNCIA	253
APÊNDICE VIII - ROTEIRO DAS ENTREVISTAS INDIVIDUAIS	254

INTRODUÇÃO

A Biologia atual tem sido caracterizada por uma crescente ênfase nos aspectos moleculares. Entretanto, apesar da Biologia Molecular ser fundamental para o entendimento dos mecanismos biológicos, ela não é suficiente para a compreensão da organização de um ser vivo.

Apesar de parecer óbvio para o *sensu* comum que a Biologia tem como um de seus principais objetos de estudo o organismo¹, pesquisas históricas têm indicado que, de forma geral, este perdeu seu papel central nas discussões conceituais desde de 1920, devido a crescente ênfase nos aspectos moleculares (FELTZ, 1995; WEBSTER e GOODWIN, 1999; EL-HANI e EMMECHE, 2000; RUIZ-MIRAZO *et al*, 2000; GUTMANN e NEUMANN-HELD, 2000; EL-HANI, 2002a). Uma caracterização sucinta da biologia molecular ressalta um esforço de traduzir a maior parte dos fenômenos orgânicos em base molecular, juntamente com um apoio da noção de informação genética para compreender processos evolutivos e de desenvolvimento (ETXEBERRIA e UMEREZ, 2006). Nessa perspectiva, o sucesso da biologia molecular nas últimas décadas cria a impressão de que todos os fenômenos biológicos podem ser compreendidos através de explicações moleculares, deixando de ser a Biologia uma ciência do organismo.

Segundo Ruiz-Mirazo *et al* (2000), as pesquisas biológicas atuais estão focalizadas em níveis mais restritos que o organismo, tais como a biologia molecular e a teoria evolutiva genocêntrica, ou em níveis mais globais, como em algumas partes da biologia evolucionária e da ecologia. Os autores destacam que o organismo tem desempenhado um papel marginal nas pesquisas atuais e defendem a importância de inserir o conceito de organismo no centro da discussão biológica.

Mesmo a teoria sintética da evolução, é marcada pela tendência em ver o organismo como um objeto meramente passivo, sem qualquer influência ativa sobre o seu ambiente (EL-HANI, 2002a; LEWONTIN, 2000; LEWONTIN, 2002). Na síntese evolucionista a importância dos organismos está relacionada ao fato de que eles variam. A seleção natural é uma “força” externa ao organismo e a mutação é uma “força” interna que promove variação. O organismo se torna um ponto de encontro passivo de forças alheias a ele próprio.

¹ Nessa tese o conceito de organismo refere-se a uma abordagem estritamente biológica e, portanto é considerado como sinônimo de ser vivo.

O entendimento de que o organismo é fruto de forças internas é enfatizado, segundo Lewontin (2002), nos estudos sobre Biologia do Desenvolvimento. Lewontin (2002) destaca que um dos problemas da Biologia é compreender as diferenças entre os organismos multicelulares, pois estes começam sua vida a partir de uma célula que não apresenta nenhuma propriedade como altura, magreza, etc. No entanto, a partir de divisões e diferenciações, forma-se um organismo complexo que sofre modificações ao longo de toda sua vida. O termo técnico para as mudanças durante a vida de um indivíduo é *desenvolvimento*. Esse termo, no entanto, acaba denotando a concepção de que o organismo apenas desdobra características que já estavam presentes ou registradas em seu interior. Para o autor:

O uso desse termo reflete um comprometimento profundo com a idéia de que os organismos, tanto em suas histórias individuais de vida como em sua história coletiva, são determinados por forças internas, por um programa interno, do qual os seres vivos reais são apenas manifestações exteriores (LEWONTIN, 2002, p.14).

Para Lewontin (2000), no século XX, a ideologia da ciência moderna apoiada na visão reducionista de mundo resultou em uma imagem particular de organismos e suas atividades de vida.

Os seres vivos são vistos como sendo organismos determinados por fatores internos, ou seja, os genes. [...] O mundo fora de nós coloca certos problemas, que não criamos, mas que apenas experimentamos como objetos. Os problemas são: encontrar um cônjuge, encontrar alimento, vencer as competições com os rivais, adquirir uma grande parte dos recursos do mundo, e se tivermos os tipos certos de genes, seremos capazes de resolver os problemas e deixar mais descendentes. Portanto, com essa visão, é realmente nossos genes que estão se propagando através de nós mesmos (LEWONTIN, 2000, p.17).

Para o autor, a Biologia do Desenvolvimento, enfatizando padrões, na maioria das vezes, despreza as diferenças individuais ao contrário do que ocorre na Teoria Sintética da Evolução que se ampara nas variações dos indivíduos em uma população. Essa divergência, segundo o autor, faz com que as disciplinas de Evolução e Biologia do Desenvolvimento, em geral, fiquem isoladas uma da outra, acabando por fragmentar o conhecimento biológico. Entretanto, essas duas perspectivas (padrão e variação) devem ser vistas como

complementares, pois, ao mesmo tempo em que existem padrões e regularidades no desenvolvimento de indivíduos pertencentes à mesma espécie, as características na linhagem evolutiva daquele organismo e sua relação com o ambiente são diversificadas.

As variações individuais dentro da Biologia do Desenvolvimento são vistas, no geral, como fruto de um programa genético interno, causando a impressão de que o conhecimento de todo material genético de um organismo leva ao entendimento de todas suas características. No entanto,

Se tivéssemos a seqüência completa do DNA de um organismo e dispuséssemos de uma capacidade computacional ilimitada, ainda assim não poderíamos computar um organismo, porque um organismo não computa a si próprio através dos seus genes (LEWONTIN, 2002, p.23).

Para compreender o desenvolvimento de um organismo devem-se considerar outros fatores que não estão restritos aos genes. Para Lewontin (2002),

A ontogenia de um organismo é consequência de uma interação singular entre seus genes, a seqüência temporal dos ambientes externos aos quais está sujeito durante a vida e eventos aleatórios de interações moleculares que ocorrem dentro das células individuais (LEWONTIN, 2002, p.24).

A interação entre organismo e ambiente pode produzir uma norma de reação, pois cada genótipo (conjunto das interações gênicas) vai interagir com o ambiente de uma forma peculiar.

Portanto, um genótipo não especifica um produto único do desenvolvimento; em vez disso, especifica uma norma de reação, um padrão de diferentes resultados de desenvolvimento em ambiente variados (LEWONTIN, 2002, p.29).

Existem algumas situações em que as características apresentadas pelos organismos não são consequência nem da variação genética nem do ambiente externo. Parte das características de um ser vivo é consequência de um número muito pequeno de unidades químicas (operando em um espaço delimitado), que variam de forma considerável de célula a

célula (LEWONTIN, 2002). A variação da quantidade de estruturas dentro das células pode surgir de fatores aleatórios, como a distribuição destas durante a divisão celular. A variação que ocorre devido a fatores aleatórios é chamada de *ruído do desenvolvimento*.

Outra consideração feita por Lewontin (2002) é sobre a própria definição de ambiente. Para o autor existe uma confusão entre a assertiva correta da existência de um mundo físico externo a um organismo (que continuaria a existir mesmo na ausência de vida) e a afirmação incorreta de que existe ambiente sem organismo. Segundo sua definição, o ambiente de um organismo é formado pelas condições externas, que para ele são relevantes. Portanto, não existe ambiente sem organismo, nem organismo sem ambiente. Os organismos, além de determinar os fatores relevantes de seu ambiente, também constroem ativamente um mundo a sua volta, alterando constantemente o próprio ambiente.

Além das considerações expostas no parágrafo anterior, existem outros fatores a serem observados na organização de um ser vivo e em sua evolução biológica: *as restrições*. Segundo El-Hani (2002a) uma alternativa ao neodarwinismo inspirada pelo pensamento organicista é a abordagem estruturalista de Goodwin e Webster. Essa abordagem critica o neodarwinismo por sua ênfase excessiva nas explicações funcional-adaptativas das características dos organismos. Webster e Goodwin (1999) criticam a substituição dos organismos por genes, que assumiram todas as propriedades básicas que caracterizavam os organismos. A biologia estruturalista conduz a uma ênfase no papel das *restrições* no processo evolutivo. A idéia de restrições implica que certas formas de seres vivos nunca foram geradas e expostas à seleção natural. A própria natureza histórica do processo evolutivo resulta em restrições. A seleção atua sobre formas que são variações de formas preexistentes.

Outra classe de restrições diz respeito às leis físicas que delimitam as possibilidades de construção dos seres vivos. A própria delimitação da célula em um espaço parcialmente fechado e o seu tamanho impõem restrições aos tipos de organizações químicas e ao metabolismo celular. De acordo com Lehninger (1990), as reações químicas que ocorrem nas células devem ser estudadas levando em consideração as restrições impostas pelo tamanho das células e seus compartimentos internos.

Webster e Goodwin (1999, p. 495, *tradução nossa*) destacam a importância de se pensar o organismo a partir de suas próprias características:

Uma das maiores conseqüências de uma conceituação de organismos como estruturas ou totalidades auto-organizadas é [...] a reafirmação do organismo como o próprio objeto da pesquisa biológica: um objeto real, existindo em seu próprio modo e explicado em seus próprios termos.

Percebe-se na discussão de Godwin e Webster a importância de se levar na devida conta o organismo como um elemento central do conhecimento biológico. A redução extrema dos fenômenos biológicos apenas às descrições e análises da constituição química e física das células faz com que a Biologia perca seu *status* de campo de conhecimento específico. Os fenômenos biológicos não podem ser explicados somente a partir da física e química (essas áreas são fundamentais, porém, não suficientes); como o ser vivo tem uma organização peculiar, a complexidade do ser vivo deve ser estudada a partir de um ponto de vista biológico, levando em consideração a existência de propriedades que emergem no organismo devido a certos tipos de padrões organizativos.

Concordando com a visão de um organismo complexo e com a centralidade desse conceito à construção do conhecimento biológico, propõe-se na fundamentação teórica uma explicação do conceito de organismo por meio de uma organização hierárquica do conhecimento biológico. Dessa forma, o estudo do conceito de organismo é realizado através da inserção das discussões advindas da Filosofia da Biologia contemporânea. Para a caracterização do conceito de organismo são utilizadas discussões sobre os seguintes conceitos: níveis hierárquicos de organização, sistemas auto-organizáveis evolutivos, autonomia agencial e propriedades emergentes. Discute-se, a seguir, como estes conceitos se relacionam a explicação do organismo.

O entendimento dos seres vivos pelos níveis hierárquicos de complexidade é comum na perspectiva biológica (RUIZ-MIRAZO *et al*, 2000). Isso ocorre devido ao fato do estudo biológico se estender desde uma perspectiva micro (ambiente celular e genético) até as dimensões macro (como populações e ecossistemas). Segundo El-Hani (2002b), a compreensão dos níveis hierárquicos de complexidade pode facilitar a unidade do conhecimento biológico e as estratégias de ensino-aprendizagem. No entanto, para o autor, apesar de a abordagem hierárquica ser utilizada no conhecimento biológico e no ensino de biologia, as conseqüências dessa utilização para a formação e prática científica dos biólogos não foram suficientemente exploradas.

El-Hani (2002b) defende que o sistema triádico básico, apresentado por Salthe (1985) por meio de uma estrutura hierárquica escalar, propicia uma unidade

epistemológica/metodológica adequada para a pesquisa biológica e para o ensino de biologia. Concordando com o apontamento de El-Hani (2002b), a estrutura hierárquica utilizada nessa tese é o sistema triádico básico proposto por Salthe (1985; 2001), no qual se reconhecem três níveis de organização: o nível superior (que restringe e estabelece condições de contorno para o nível focal), o nível focal (no qual se encontra o fenômeno de interesse) e o nível inferior (que gera as interações da qual emerge o fenômeno de interesse).² Para representar essa estrutura hierárquica utilizamos a seguinte notação: [nível superior [nível focal [nível inferior]]]³. A representação hierárquica de Salthe (1985) foi utilizada como base para o estabelecimento de três níveis de organização do conhecimento biológico proposto nesta tese, considerando o *organismo* como nível focal, o *ambiente externo* como nível superior (entendendo como ambiente os fatores do meio externo que são relevantes para determinado organismo, no sentido proposto por Lewontin, 2002) e o *ambiente interno* como nível inferior (elementos moleculares e genéticos). Dessa forma, nesse trabalho, tanto na fundamentação teórica como na parte empírica da pesquisa, considera-se o organismo como ponto central da discussão, assumindo sua unidade e autonomia por meio das relações engendradas pelos seguintes níveis: [ambiente externo (ecológico/ evolutivo) [organismo [ambiente interno (genético/ molecular)]]]⁴.

O organismo compreendido como nível focal da discussão biológica ressalta a autonomia da Biologia em relação às outras áreas do conhecimento científico, enfatizando a biologia como uma ciência do organismo. A relação entre níveis pode se modificar ao longo do tempo, portanto, a idéia de interação entre ambiente externo, organismo e ambiente interno pressupõe a ação modificadora constante de um nível em relação ao outro. Assim, o organismo não é só modificado pelo meio, como também age sobre este, o transformando. O organismo, nessa perspectiva, não pode mais ser visto como um ente passivo construído pelo encontro da determinação genética e a seleção natural. O organismo age e se determina em sua relação com o meio, tendo em sua organização as marcas dessa interação constante.

² A definição dos níveis de uma hierarquia está relacionada aos problemas que se colocam em determinadas áreas de pesquisa ou de ensino. Conforme O'Neill (1988) é possível estabelecer diferentes hierarquias dirigidas a enfrentar determinados problemas de uma área. 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 (MEGLHIORATTI *et al*, 2009). Dessa forma, a proposta hierárquica discutida nessa tese destaca o organismo que é o objeto de interesse desse trabalho.

³ São utilizados colchetes como representação gráfica da hierarquia escalar, no qual um determinado nível focal incorpora um nível inferior e está imerso em um nível superior.

⁴ A escolha desses três níveis, além de estar apoiada na estrutura hierárquica de Salthe (1985; 2001), teve por base a discussão estabelecida por Lewontin (2002) no livro “A Tripla Hélice: gene, organismo e ambiente”, no qual destaca a centralidade do organismo e suas relações com aspectos genéticos e ecológicos.

Relacionada à estrutura hierárquica da organização biológica está a idéia de propriedades emergentes, ou seja, novas propriedades que aparecem no sistema como um todo e que não estavam presentes nas partes do mesmo sistema. Assim, em um sistema complexo como o ser vivo, novas propriedades surgem especificamente no nível do organismo, por exemplo, um determinado comportamento animal, não podendo este ser explicado apenas pela análise de sua constituição molecular.

A necessidade de incorporar os aspectos evolutivos à idéia de organismo como um sistema autônomo leva à discussão das idéias sobre sistemas complexos auto-organizados evolutivos (KAUFFMAN, 1993; 1995; 1997; PEREIRA JR. *et al*, 2004) e de autonomia coletivamente organizada (MORENO, 2004). Essas idéias representam o organismo como um sistema que produz e mantém um padrão sistêmico de organização, além de fazer parte de uma história coletiva que apresenta processos evolutivos.

Considerando os aspectos discutidos acima, na fundamentação teórica, foi realizado um esforço de explicitar o conceito de organismo por meio de uma revisão teórica e de uma síntese da literatura contemporânea da Filosofia da Biologia. Após a explicitação do conceito de organismo este foi contraposto às explicações de vida encontradas na literatura. A compreensão do conceito de vida (um conceito mais amplo que o de organismo e que engloba diferentes níveis de organização biológica), implica o entendimento complexo do ser vivo, tendo o organismo, seu tipo de organização e seu ambiente como focos de discussão. Uma concepção de vida que integrasse conceitos de diferentes níveis da complexidade biológica e que retomasse o organismo como elemento central e integrador desses níveis poderia tanto diminuir a fragmentação do conhecimento biológico⁵ quanto permitir a defesa da biologia como uma ciência autônoma.

Quanto à abordagem do conhecimento biológico no contexto do ensino⁶, as pesquisas em Ensino de Biologia têm apontado também uma tendência em enfatizar os aspectos moleculares. Alguns estudos (KAWASAKI e EL-HANI, 2002a; KAWASAKI e EL-HANI, 2002b; COUTINHO, 2005; SILVA, 2006) indicam a existência de uma tendência ao reducionismo, enfatizando a unidade da vida em níveis moleculares e celulares, sem esforço similar para a compreensão dos seres vivos em níveis acima do celular. Nessa perspectiva, o

⁵ Entende-se como fragmentação do conhecimento biológico, a separação da Biologia em áreas cada vez mais especializadas, sem o estabelecimento de um diálogo integrador entre as mesmas.

⁶ Apesar do conhecimento biológico ser recontextualizado quando passa a fazer parte do conhecimento escolar, é importante ressaltar a necessidade da construção conceitual no Ensino de Biologia ser realizada de maneira significativa, sendo os conteúdos conceituais trabalhados de forma a estabelecer relações entre si. Assim, a utilização de conceitos que funcionam como elementos estruturantes, integrando grande número de conceitos, poderia facilitar o processo de ensino e aprendizagem da Biologia.

ensino de Biologia pode ser beneficiado pela inserção das discussões advindas da Filosofia da Biologia, tais como organização hierárquica, emergência de propriedades e sistemas complexos, estimulando a compreensão do ser vivo como ponto nodal do conhecimento biológico. A compreensão de diversos níveis de interações, na qual o organismo tem um papel primordial, pode auxiliar no entendimento da Biologia de forma unificada e subsequente promover um Ensino de Biologia mais contextualizado. Assume-se, nessa tese, portanto que a Filosofia da Biologia pode contribuir para explicar o conceito de organismo de uma forma mais sistêmica e menos reducionista, sendo essa forma de compreender os fenômenos biológicos útil para uma maior integração de conceitos também no Ensino de Biologia.

O entendimento da Biologia como um corpo teórico coerente e integrado deve ter início na formação de professores de Biologia, para que o futuro profissional compreenda os fundamentos básicos da ciência que leciona. Dessa forma, considerando a necessidade das discussões da Biologia Teórica serem inseridas no contexto da Educação Superior, elaborou-se um grupo de estudo e pesquisa com graduandos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade estadual para discutir conceitos estruturantes do conhecimento biológico, entre eles, o conceito de organismo.⁷ O grupo intitulado “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”, teve início em março de 2007, incluindo inicialmente 13 alunos de graduação, três alunas de doutorado e uma professora orientadora. As atividades do grupo de pesquisa foram coordenadas pelas doutorandas e pela professora orientadora. Dos 13 alunos de graduação que iniciaram o trabalho no grupo, oito continuaram até o término das atividades planejadas para o ano de 2007. As discussões realizadas nesse grupo durante o ano de 2007 constituíram-se em dados da parte empírica da presente tese, no qual se analisa a inserção da discussão filosófica da biologia tendo como eixo o organismo, no contexto da Educação Superior.

Ao longo do desenvolvimento do grupo, procurou-se: 1) estruturar discussões epistemológicas a partir de uma abordagem hierárquica, tendo o organismo como ponto focal do conhecimento biológico; 2) promover a formação de um pensamento sistêmico do conhecimento biológico entre graduandos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas; 3) Fundamentar trabalhos de pesquisas na área de Epistemologia da Biologia e

⁷ É importante ressaltar que apesar do conceito de organismo ter implicações éticas, sociais e ideológicas e da importância de se estudar os aspectos externalistas da ciência, nessa tese, o conceito de organismo é abordado em uma perspectiva internalista da ciência, ou seja, discute-se como este conceito se estrutura numa rede conceitual coerente dentro do corpo teórico do pensamento biológico e não como a formulação desse conceito influencia os aspectos sociais ou é influenciada por estes.

Ensino de Ciências que foram desenvolvidos pelos graduandos de Licenciatura em Ciências Biológicas participantes do grupo. Percebeu-se ao longo do desenvolvimento do grupo no ano de 2007 a falta de materiais de apoio que sintetizassem as discussões sobre o conceito de organismo e de vida numa linguagem adequada para o trabalho com a formação inicial. Dessa forma, os capítulos 1 e 2 podem funcionar como um texto de apoio para trabalhar esses conceitos, uma vez, que procura fazer uma revisão das contribuições contemporâneas da Filosofia da Biologia relacionada ao conceito de organismo.

No grupo de pesquisa todos os participantes eram sujeitos de pesquisa e pesquisadores. As doutorandas e a professora orientadora avaliavam a discussão conceitual ocorrida no grupo, enquanto os alunos de graduação elaboraram projetos de pesquisa na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências. Alguns desses trabalhos se transformaram em Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) e foram concluídos em 2007. No entanto, uma parte dos projetos elaborados no grupo em 2007 foi aplicada e finalizada no ano de 2008.

Um dos pontos importantes a ser ressaltado em relação à formação de pesquisadores é que a vivência dentro de um grupo de pesquisa pode contribuir para que os alunos de graduação tenham uma percepção crítica de como a ciência é construída, ou seja, facilita aos alunos a compreensão de que a formulação de um trabalho de pesquisa depende da relação com seus pares, de leituras e de um trabalho de reconstrução constante de idéias. Esse ponto de vista é amparado, por exemplo, pelo trabalho com formação continuada de professores de Vianna e Carvalho (2001), no qual argumentam que a vivência de episódios de pesquisas contribui para professores em formação continuada compreenderem a natureza do conhecimento científico e apresentarem uma nova visão da ciência no contexto de sala de aula.

A ênfase no desenvolvimento de pesquisas científicas na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências pelos graduandos é justificada pelo fato de que pensar sobre a natureza do conhecimento biológico pode facilitar a integração de conceitos e proporcionar uma formação intelectual mais significativa. Além disso, possibilita a inserção dos alunos de Licenciatura em Ciências Biológicas em uma área de pesquisa que não é comumente abordada durante a sua graduação, uma vez que, a atividade científica da área de Biologia é associada, em geral, pelos graduandos, apenas às atividades realizadas dentro de laboratórios e não à reflexão de conceitos em biologia e sua forma de ensino. O não reconhecimento de uma área de pesquisa voltada para o ensino foi verificado, por exemplo, na pesquisa realizada por Brando (2005), na qual foram investigadas as concepções de alunos de Licenciatura em

Ciências Biológicas sobre o referido curso. Nesta pesquisa foi possível perceber que o caráter de “pesquisador” só é atribuído aos alunos ou profissionais que desenvolvem pesquisa em laboratórios ou em ambiente natural.

A necessidade de se incluir aspectos epistemológicos e históricos na aprendizagem sobre a ciência tem sido defendida por muitos autores da área de ensino de ciências (VIANNA e CARVALHO, 2001; GIL-PEREZ *et al*, 2001; EL-HANI *et al*, 2004; ABD-EL-KHALICK, 2005; MARTINS, 2005; SCHEID e FERRARI, 2007; BELLINI, 2007; MASSONI e MOREIRA, 2007; SAMPAIO e BATISTA, 2007; RYDER e LEACH, 2008, entre outros). Entre os trabalhos que enfatizam a Epistemologia da Ciência poucos estão relacionados diretamente à Epistemologia da Biologia (por exemplo, BELLINI, 2007; EL-HANI, 2004). Dessa forma, justifica-se a importância da construção de um grupo de pesquisa em Epistemologia da Biologia com a participação de alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. A formação intelectual dos graduandos participantes do grupo pode refletir tanto na formação de pesquisador, uma vez que os estudantes são inseridos em uma área de pesquisa associada à Biologia Teórica e ao Ensino de Ciências, quanto na formação desses futuros profissionais como professor, já que estimula a pensar como o conhecimento biológico está estruturado.

Em síntese, o trabalho de pesquisa desenvolvido nesta tese buscou: 1) explicitar o conceito de organismo a partir de uma organização hierárquica do conhecimento biológico e à luz da literatura contemporânea da Filosofia da Biologia; 2) organizar um grupo de pesquisa tendo o conceito de organismo como elemento integrador nas discussões e orientações de um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia”, com o objetivo de analisar se a inserção da discussão sobre a epistemologia da biologia auxilia na formação de um pensamento mais sistêmico e integrado nos graduandos em Licenciatura em Ciências Biológicas participantes do grupo. Assim, a tese está organizada nas seguintes partes: I) Epistemologia da Biologia: o conceito de organismo em debate; II) O papel do organismo frente às explicações de vida; III) O ensino de biologia e a aprendizagem sistêmica de conceitos; IV) Metodologia de pesquisa e a formação do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”; V) O desenvolvimento do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”: discutindo conceitos de organismo e vida com graduandos de biologia; VI) Análise do desenvolvimento conceitual dos graduandos e da dinâmica do grupo nos diferentes momentos da pesquisa; VII) Conclusão.

No capítulo I é discutido como o organismo tem ocupado um papel marginal na biologia contemporânea devido em parte à ênfase nos aspectos moleculares. Discute-se o padrão de organização dos seres vivos, considerando as discussões da Filosofia da Biologia

sobre níveis hierárquicos de organização, auto-organização e emergência. Procura-se sistematizar o conceito de organismo fazendo relação entre essas discussões e o paradigma evolutivo. No capítulo II, discute-se a possibilidade de diversas explicações do conceito de vida e como o conceito de organismo se coloca frente a estas, em particular, é destacada a necessidade de uma explicação de vida que recoloca o organismo como um elemento central do conhecimento biológico. Em seguida, no capítulo III, evidenciam-se como as discussões epistemológicas podem contribuir para o Ensino de Biologia. No capítulo IV, apresenta-se a metodologia de organização do grupo de pesquisa, da coleta de dados e as categorias elaboradas. No capítulo V é descrito o desenvolvimento do grupo de pesquisa em Epistemologia da Biologia, que teve como base teórica a relação entre níveis hierárquicos, tendo o organismo como ponto focal de discussão. No capítulo VI é realizada uma análise geral da dinâmica do grupo em cada um dos momentos da pesquisa: contato inicial, desenvolvimento e finalização. No capítulo VII são apontados os principais resultados e conclusões que foram obtidos neste trabalho de pesquisa.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Investigar se a utilização de uma abordagem hierárquica, tendo o organismo como nível focal de discussão em um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia”, contribui para uma visão integrada do conhecimento biológico pelos graduandos de Biologia e para a formação de pesquisadores destes na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências.

Objetivos específicos

- Caracterizar o conceito de organismo, por meio de uma abordagem hierárquica, integrando as discussões advindas da Filosofia da Biologia contemporânea referentes aos conceitos de auto-organização, autonomia agencial, propriedades emergentes e níveis hierárquicos.
- Analisar como o conceito de organismo se posiciona diante das explicações de vida presentes na literatura contemporânea da Filosofia da Biologia.
- Utilizar a discussão teórica relativa ao conceito de organismo como fundamentação de um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia”, verificando as contribuições desse aporte teórico para a formação de alunos de Licenciatura em Ciências Biológicas na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências.
- Analisar as discussões e produções escritas ocorridas no desenvolvimento do grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia” em relação ao conceito de organismo com a finalidade de verificar se uma abordagem hierárquica tendo o organismo como nível focal contribui para uma visão integrada do conhecimento biológico pelos graduandos de Biologia.

1. CAPÍTULO – EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA: O CONCEITO DE ORGANISMO EM DEBATE

Nesse capítulo, busca-se a partir da literatura da Epistemologia da Biologia contemporânea: (1) compreender como o conceito de organismo se associa à reivindicação da autonomia do conhecimento biológico⁸; (2) elaborar uma caracterização do conceito de organismo.

1.1. A construção da biologia como ciência autônoma

O século XIX é apontado como aquele em que surge uma ciência que tem como objeto de estudo os seres vivos, a Biologia (FREZZATTI JR., 2003; MAYR, 2005). Nessa época, ocorreu o desenvolvimento ou o aparecimento de várias disciplinas, tais como a citologia, a embriologia, a bioquímica, a fisiologia e o evolucionismo. Estas disciplinas fundamentam um novo campo de estudo, referente ao problema da vida.

Para Foucault (2000), com o surgimento da Biologia, explicar vida passa a ser um problema científico. Entretanto, Coutinho (2005) destaca que apesar do conceito de vida só constituir-se em um problema de cunho científico a partir da virada do século XVIII para o XIX, por se tornar o objeto de uma área específica do conhecimento, antes disso vários filósofos, como por exemplo, Aristóteles, buscaram discutir o conceito de vida. No entanto, nas cosmologias antigas e medievais, as idéias de matéria, vida e espírito estavam por demais confundidas umas com as outras para que se pudesse distingui-las.

No século XIX várias correntes debatiam-se para definir o fenômeno vital. Entre essas correntes podem se reconhecer, segundo Mayr (1998), duas interpretações para os fenômenos da vida: o mecanicismo e o vitalismo. O vitalismo argumentava que os organismos vivos distinguem-se das entidades inertes porque possuem uma força vital (ou *élan vital*) que não é nem física, nem química (WESTFALL, 2003). O mecanicismo via a natureza como um mecanismo cujo funcionamento se regia por leis precisas, sendo

⁸ A reivindicação de autonomia da Biologia se refere à construção de uma ciência com abordagens, métodos e objetos próprios. Assim, reivindica-se a autonomia da Biologia em relação a outras ciências, mas não a sua independência, pois ao mesmo tempo em que ela depende de outras ciências tem seus próprios fundamentos.

caracterizado por dois princípios básicos: a crença de que toda ciência deriva-se da Mecânica e a conclusão resultante de que as criaturas viventes poderiam ser tratadas como máquinas (HULL, 1974).

Apesar de Mayr (1998) apontar dois movimentos gerais – mecanicismo e vitalismo – na explicação dos fenômenos vitais, a separação entre esses dois movimentos não é rígida, pois como indica Allen (2005), o próprio mecanicismo teve diferentes significados dependendo da natureza do debate em que esteve envolvido. Nesse contexto, não se encontravam no século XIX pesquisadores com condutas, por exemplo, do mecanicismo puro ou do vitalismo puro, mas de uma diversidade de idéias intercaladas entre esses dois extremos, existindo uma variedade de posturas relativas à compreensão de um organismo vivo (FREZZATTI JR., 2003).

No século XX, o desenvolvimento do conhecimento biológico foi acompanhado pelo crescimento da lógica positivista na ciência que se contrapunha às idéias vitalistas (ROSEMBERG, 1985). Um exemplo do confronto entre vitalistas e positivistas ocorreu na embriologia. Na última metade do século XIX, segundo Rosemberg (1985), a embriologia se destacava na pesquisa experimental. Entre os mais importantes embriologistas estava Hans Driesch, que trabalhando com ouriço do mar demonstrou que a separação de um blastômero no estágio inicial do desenvolvimento poderia dar origem a um novo indivíduo (um processo de clonagem). Para explicar esse fenômeno utilizou a idéia de *inteléquia*, uma formação não material que norteava o desenvolvimento do embrião (vitalismo). Para os filósofos positivistas do início do século XX, a idéia de Driesch representava tudo o que queriam expurgar da ciência. Para os positivistas lógicos, o conhecimento científico deveria estar amparado na experiência e observação ou na dedução formal, aquilo que ultrapassasse esse limite era visto como não significativo para a ciência.

De acordo com Mayr (2005), após 1930, a conduta vitalista foi erradicada do pensamento biológico pelo fracasso dos experimentos para demonstrar a existência de uma força vital e pelo surgimento da nova biologia que conseguia responder aos problemas tradicionalmente considerados pelo vitalismo (MAYR, 2005). Dado que o pensamento vitalista foi posto de lado pela grande maioria dos biólogos atuais, parece natural pensar que a Biologia assumiu uma perspectiva mecanicista⁹. Essa conduta pode ser verificada na citação retirada do Dicionário de Teoria do Conhecimento e Metafísica:

⁹ Mayr (1998) considera que a compreensão de um ser vivo esteve amparada na mudança drástica do mecanicismo e no entendimento de que existem características nos seres vivos que não tem paralelo com as encontradas nos objetos inanimados.

Na explicação dos fenômenos vitais justapõem-se historicamente duas concepções. Segundo uma (“mecanismo”, “reducionismo”, “materialismo”), os fenômenos da vida podem ser reduzidos a um conjunto de leis elementares, sobretudo físico-químicas. De acordo com a segunda (“vitalismo”), existem forças próprias da vida não explicáveis pela física. Nessa antiga controvérsia, a biologia moderna encontra-se inequivocamente do lado de um programa *reducionista* (RICKEN, 2005, p.294).

Essa impressão, segundo El-Hani (2002a), é criada pela ausência de um terceiro termo na discussão, o *organicismo*, bem como sua posição filosófica o *emergentismo*. Segundo Etxeberria e Umerez (2006, p.2), o organicismo consistiu numa corrente de pensamento que procurou superar o confronto entre mecanicismo e vitalismo. Enfrentando tanto um quanto o outro, o organicismo concorda com o vitalismo na consideração que se deve ter em conta as propriedades do todo e a necessidade de diferentes níveis de organização na explicação dos seres vivos; também coaduna com o mecanicismo na aceitação que os seres vivos devem ser objeto de explicações materiais.

Para compreender a posição filosófica do emergentismo, que sustenta o pensamento organicista, é importante primeiro entender o reducionismo e o significado do termo redução. Muitos filósofos da Biologia argumentam contra o reducionismo em Biologia, mas qual reducionismo eles combatem? O termo reducionismo pode ser entendido de várias formas. Mayr (1998) descreve três categorias para esse termo: a) *reducionismo constitutivo*, que afirma que a composição material do organismo é exatamente a mesma que se encontra no mundo inorgânico e que nenhum dos eventos e processos nos organismos vivos está em conflito com os fenômenos físico-químicos; b) *reducionismo explicativo*, assegurando que não se pode compreender um todo enquanto não se dissecar seus componentes até o nível ínfimo de integração; e c) *reducionismo teórico*, postulando que as teorias e leis formuladas em um campo da ciência (geralmente em um campo mais complexo) podem revelar-se em casos especiais de teorias e leis formulados em algum outro ramo da ciência. Mayr concorda com o reducionismo constitutivo, mas diz que não é possível aceitar os outros tipos de reducionismo. Nessa perspectiva, os biólogos atuais, em termos gerais, podem ser considerados como reducionistas constitutivos, pois aceitam os organismos sendo constituídos apenas por elementos materiais como átomos e moléculas.

Uma tentativa de reducionismo teórico e explicativo na Biologia enfatizou a possibilidade de redução da genética mendeliana à biologia molecular (ROSEMBERG, 1985;

FELTZ, 1995). Essa tentativa encontrou muitos obstáculos ao tentar conectar termos e significados da genética mendeliana com os da bioquímica e da biologia molecular. Por exemplo, o conceito de gene remete a uma função fenotípica que não tem paralelo com o sistema conceitual da bioquímica (FELTZ, 1995). Estes estudos mostram que mesmo entre campos de conhecimento próximos, as dificuldades para a redução explicativa e teórica são grandes.

Quando a redução é tentada entre níveis de realidade mais distantes, as dificuldades aumentam, por exemplo, a redução de um comportamento social à Biologia, ou a redução das características de um ser vivo à Física. É necessário questionar até que ponto as tentativas reducionistas são legítimas. O reducionismo, em certa medida, é válido, pois objetiva aprofundar e unificar alguns conhecimentos sobre o mundo. Entretanto, a preocupação desmedida com a redução, perdendo a noção da totalidade, não é frutífera para a pesquisa biológica.

O emergentismo é uma filosofia considerada implícita na Biologia por alguns autores (EL-HANI, 2002a; EMMECHE, 2004; FELTZ, 1995), na qual se entende que novidades qualitativas surgem quando sistemas materiais alcançam certo nível de complexidade, apresentando um tipo genuinamente novo de estado de relação entre seus componentes. Podem-se destacar alguns princípios da filosofia emergentista: fisicalismo ontológico; novidade qualitativa; emergência; teoria de níveis; irreducibilidade dos emergentes; causalidade descendente (EL-HANI, 2002a). De acordo com Emmeche (2004), o aparecimento de propriedades emergentes não pode ser deduzido de um nível inferior. Quando a propriedade é realmente emergente um novo aspecto qualitativo surge no sistema.

O organicismo pode ser considerado uma posição filosófica que entende que os organismos apresentam propriedades conectadas ao todo, que não tem correspondente com as propriedades apresentadas por suas partes (REHMANN-SUTTER, 2000, p.337), ou seja, que propriedades de um determinado nível de complexidade pode não decorrer diretamente de suas partes, mas da interação entre elas (GILBERT e SAKAR, 2000, p.2), implicando a ocorrência de propriedades emergentes qualitativamente novas. Para Emmeche (2004) é possível distinguir duas formas de organicismo: organicismo “mainstream” e organicismo qualitativo. O organicismo “mainstream” é uma visão dominante na Biologia que considera o organismo ontologicamente como uma entidade real e irreduzível meramente à química, pois possui propriedades que emergem apenas no nível de complexidade do organismo. O organicismo qualitativo, além de aceitar a realidade ontológica de propriedades biológicas irreduzíveis, também enfatiza o surgimento de propriedades qualitativas nos níveis mais

complexos da organização viva. Por exemplo, a sensibilidade à luz, para o organicismo qualitativo, não ocorre apenas da decodificação de sinais externos pelo processamento interno do organismo, algo novo é acrescentado nessa sensibilidade devido à própria experiência do organismo (um sistema biológico que tem experiência real própria). Portanto, essa abordagem considera a existência de qualidades complexas secundárias (que surgem a partir de um nível superior de organização) as propriedades de cor, tato, cheiro, entre outras.

Para El-Hani (2002a), a concepção filosófica do organismo encontrada entre os biólogos é ao mesmo tempo reducionista e emergentista: reducionista em termos constitutivos, por entender os seres vivos como agregados especiais de moléculas historicamente organizadas por meio de evolução e seleção natural; e emergentista, por reconhecer a complexidade e a existência de propriedades emergentes nos organismos. Pode-se dizer que a redução tem um papel importante para explicar por que os fenômenos emergentes ocorrem exatamente nas condições em que ocorrem.

O organicismo entende a complexidade dos sistemas biológicos como um sinal de autonomia (mas não de independência) da biologia em relação às ciências que lidam com níveis de organização que precederam os sistemas vivos (EL-HANI, 2002a, p.205; EMMECHE, 2004, p. 206). A posição organicista esteve associada ao movimento emergentista do início do século XX na Grã-Bretanha e a noção de ser vivo de Kant (EL-HANI, 2002a, p.205-206; EMMECHE, 2004, p.206). Apesar de o organicismo ser considerado um pressuposto tácito entre os biólogos, nas últimas décadas, o sucesso da biologia molecular alardeado pela mídia causa a impressão de que a Biologia atual confere importância apenas às pesquisas que enfatizam genes e moléculas. Além disso, nos últimos anos, muitas pesquisas biológicas deixaram de enfatizar o organismo como um objeto de estudo, como foi apontado por Ruiz-Mirazo *et al* (2000), as pesquisas ou se debruçam sobre níveis inferiores como os moleculares ou níveis muito superiores como os estudos ecológicos. Pode-se pensar que esse comportamento entre os biólogos seja reflexo da dificuldade encontrada ao tentar definir vida e entender a organização típica dos seres vivos. Portanto, apesar de estarem cientes de que os sistemas biológicos apresentam características particulares, nas pesquisas biológicas a atenção é concentrada, por exemplo, aos aspectos moleculares.

No entanto, apesar do crescente sucesso da biologia molecular desde a descrição do modelo do DNA em 1953 e da ênfase das pesquisas experimentais na biologia, a corrente organicista se manteve presente ao longo do século XX no desenvolvimento da Biologia Teórica (ETXEBERRIA e UMEREZ, 2006).

Em certos momentos a presença da discussão organicista e a preocupação com o conceito do organismo se tornaram mais evidentes. Etxeberria e Umerez (2006, p. 6) destacam o período entre guerras como um momento crítico no desenvolvimento da Biologia Teórica, especialmente com a formação de um grupo de trabalho interdisciplinar, em 1932, que ficou conhecido como “Clube da Biologia Teórica”, cujos principais participantes eram J. H. Woodger, J. Needham, C. H. Waddington, D. M. Wrinch, J. D. Bernal.

Woodger foi uma figura importante no grupo interdisciplinar de Biologia Teórica, pois em 1926 esteve em Viena onde teve contato com membros do Círculo de Viena, entre eles Bertalanffy. A partir disso Woodger escreveu um trabalho de Filosofia da Biologia, no qual investigou o conceito de organização, contribuindo para impulsionar a Biologia Teórica (ETXEBERRIA e UMEREZ, 2006). Outro pesquisador desse grupo, Conrad H. Waddington estudou o desenvolvimento do organismo como decorrente da interação entre elementos pré-formados (genes) e regiões presentes no citoplasma (WADDINGTON, 1999). Para estudar os processos de interação Waddington utiliza o termo epigenética.

Nós reconhecemos que o ovo fertilizado contém *alguns* elementos pré-formados – os genes e certo número de regiões do citoplasma – e nós reconhecemos que durante o desenvolvimento estes interagem em processos epigenéticos para produzir características finais no adulto que não são individualmente representadas no ovo (WADDINGTON, 1999, p. 9, *tradução nossa*).

De fato, a palavra “epigenética” é um nome apropriado para o estudo do papel causal total do desenvolvimento, enfatizando com isto dependência fundamental na genética e o interesse em causas e processos (WADDINGTON, 1999, p. 10, *tradução nossa*).

Pode-se perceber nas citações acima o interesse no estudo do organismo em sua totalidade, buscando explicar as relações entre as partes no desenvolvimento embriológico.

Os estudos desse grupo interdisciplinar, conhecido como “Clube da Biologia Teórica”, estiveram associados à noção de organismo, propriedades emergentes e níveis de hierarquia, constituindo-se numa abordagem organicista, que reivindica o problema da organização, ou seja, da relação das partes entre si como o trabalho fundamental da biologia (ETXEBERRIA e UMEREZ, 2006).

A discussão organicista também se faz presente entre as décadas de 60 e 70. Nesse período ocorre uma crise na biologia molecular com uma forte contestação dos modelos preexistentes de regulação gênica. Além disso, também se discute a unicidade da seleção

natural como mecanismo evolutivo (ETXBERRIA e UMEREZ, 2006). Nesse contexto, ocorre uma nova preocupação em desenvolver uma Biologia Teórica que investigue a organização biológica através de tentativas de descrever organismos mínimos (por exemplo, a teoria da autopoiese).

Nos dias atuais um movimento organicista que se preocupa com o conceito de organismo e com propriedades sistêmicas parece estar retornando ao centro da Biologia Teórica. Isso segundo Etxeberria e Moreno (2007) pode estar relacionado ao aparecimento de enfoques como o das ciências da complexidade com capacidade de oferecer avanços teóricos e resultados empíricos, juntamente ao desenvolvimento de novas ferramentas na abordagem desses problemas, por exemplo, a produção de modelos matemáticos da organização biológica e simulações computacionais.

O organicismo tendo o organismo, sua organização e suas propriedades como pontos de interesse acaba por fortalecer o aspecto autônomo do conhecimento biológico. A questão da autonomia da Biologia é central na Filosofia da Biologia e está relacionada à discussão sobre o reducionismo entre domínios científicos distintos, ou seja, se a Biologia tem características próprias que a diferencia da Física e da Química, apresentando autonomia em relação às outras disciplinas. Segundo Rosemberg (1985), a resposta a essa pergunta foi marcada por duas atitudes opostas denominadas autonomista e provincialista. As duas posições reconhecem que a Biologia atual apresenta características distintivas da Física. No entanto, enquanto os autonomistas pensam que essas diferenças devem ser mantidas, os provincialistas esperam que elas sejam eliminadas.

Os autonomistas reivindicam que os objetivos, métodos e teorias da Biologia são diferentes daqueles de outras ciências, portanto, a Biologia deveria permanecer isolada da Física, forjando seus próprios instrumentos. Os provincialistas esperam que a Biologia não apenas seja coerente com a física, mas também reduzível a esta (ROSEMBERG, 1985).

Os argumentos dessas duas posições também são diferentes: os autonomistas estão amparados em argumentos epistemológicos, nascido da formulação e justificação do conhecimento biológico, enquanto os provincialistas se apóiam em argumentos metafísicos sobre os objetos da natureza. Entretanto, segundo Rosemberg (1985), a relação entre os tipos de argumentos era invertida no início da discussão entre autonomistas e provincialistas. Para o autor, a noção de Biologia como ciência autônoma, em geral, percorreu um caminho de oposição ao empiricismo, amparada em argumentos metafísicos, como, por exemplo, a existência de uma força vital. A noção de autonomia do conhecimento biológico foi estigmatizada como não científica devido à rejeição do vitalismo. Os provincialistas, em sua

origem, recorriam ao ataque epistemológico das concepções metafísicas. No entanto, com os obstáculos epistemológicos enfrentados pelos provincialistas na argumentação e justificação do conhecimento científico, a visão autonomista passou a ser vista como uma filosofia respeitável, e os tipos de argumentação foram invertidos.

Percebe-se que as posições autonomistas e provincialistas refletem respectivamente o anti-reducionismo e o reducionismo nas ciências. Um defensor da Biologia como ciência autônoma que tenta solucionar esse impasse é Ernst Mayr. Esse autor defende a existência de um reducionismo constitutivo entre os biólogos, ou seja, que os seres vivos são constituídos por partículas materiais e que, portanto, não há contradição com a Física. Apesar de defender o ponto de vista materialista, Mayr não aceita o reducionismo do ponto de vista explicativo e teórico, reconhecendo características singulares no conhecimento biológico (MAYR, 2005)¹⁰.

A aceitação da Biologia como uma ciência autônoma dependeu, segundo Mayr (2005, p.36), da ocorrência de três eventos: a refutação de certos princípios como o vitalismo e a teleologia cósmica; a demonstração de que certos princípios da Física não podem ser aplicados ao conhecimento biológico (apesar da Biologia não estar em contradição com as leis da física); e a percepção do caráter único de certos princípios da Biologia, que não são aplicados ao mundo inanimado.

Para Mayr (2005), com a ocorrência da síntese evolucionista fica evidente para os biólogos a inexistência de uma teleologia cósmica, ou seja, a interpretação finalista da natureza ou da evolução. Entretanto, o autor reconhece que a palavra teleologia tem sido aplicada a cinco processos distintos: (1) processos teleomáticos, eventos dirigidos a um fim de forma automática por forças ou condições externas, ou seja, por leis naturais; (2) processos teleonômicos, processos que devem sua orientação por uma meta à influência de um programa evoluído, tal como o programa genético; (3) comportamentos com propósitos em organismos pensantes; (4) características adaptadas e (5) teleologia cósmica. A refutação da teleologia cósmica não implica a rejeição dos outros sentidos do termo teleológico como problemas válidos da discussão filosófica.

De acordo com Mayr (2005), o reconhecimento da Biologia como uma ciência autônoma foi em parte consequência da descoberta de que alguns princípios válidos às ciências físicas, tais como essencialismo, determinismo, reducionismo e presença de leis naturais, não são aplicáveis à Biologia. Mayr (2005) reconhece a existência de características

¹⁰ No entanto, existem críticas a essa postura defendida por Mayr, por exemplo, para Rosemberg (1985) a aceitação de um reducionismo constitutivo implica a aceitação dos outros tipos de reducionismo.

que são próprias ao conhecimento biológico, entre elas: a complexidade dos sistemas vivos; a narrativa histórica dos processos biológicos; a aleatoriedade dos processos evolutivos; e a emergência de novas propriedades devido aos novos caminhos interativos entre as partes que compõem um sistema.

A Biologia sendo uma ciência que se ocupa em estudar os seres vivos, não pode ser reduzida totalmente a Física e Química, já que existem propriedades sistêmicas que só aparecem no padrão organizacional de um ser vivo e não em suas partes, por exemplo, em uma determinada molécula. A consequência dessa afirmação é que mesmo que fossem descritas todas as moléculas e partes de um ser vivo, não se teria descrito um ser vivo, pois o ser vivo se caracteriza por um determinado padrão de organização que é sistêmico.

A aceitação da Biologia como ciência autônoma depende, como visto em Mayr, da definição do termo redução e de processos considerados específicos para os seres vivos. Nesse sentido, defende-se o reducionismo constitutivo, mas considera-se que mesmo que um organismo vivo seja completamente explicado pela análise de seus constituintes, a Biologia ainda assim será uma ciência autônoma. Isso acontece pelo fato de a Biologia ter como seu objeto de estudo processos que ocorrem no nível do ser vivo. Neste nível reconhecem-se características próprias dos seres vivos, por exemplo, um padrão comportamental coletivamente e evolutivamente construído.

O enfoque no organismo ajuda a caracterizar a biologia como uma ciência autônoma, delineando seus contornos em relação aos outros domínios científicos. Por exemplo, pode-se questionar como a Biologia se distingue da Química. Apesar da ênfase atual nos componentes moleculares insurgida com a Biologia Molecular (por exemplo, a preocupação com as seqüências de nucleotídeos e expressão gênica), a Biologia tem como centro de estudo (ou deveria ter) o organismo, ou seja, como o organismo é implicado por sua constituição molecular. Enquanto, na Química o cerne da preocupação diz respeito às moléculas, como elas se constituem e interagem.

Os diferentes domínios científicos têm como objetos de pesquisa diferentes níveis de organização da realidade, apresentando conjuntos de termos, conceitos, metodologias e estratégias de investigações próprias. As tentativas do reducionismo teórico entre diferentes áreas da ciência confrontaram-se com o obstáculo de conectar termos e métodos de domínios distintos do conhecimento. As dificuldades foram inúmeras e mesmo a redução de domínios muito próximos, como a redução da genética mendeliana à genética molecular, não se concretizou. Se a redução completa do comportamento dos cromossomos ao ambiente molecular encontra obstáculos de difícil resolução, as afirmações de que comportamentos

humanos são determinados geneticamente parecem muito simplistas. Não se objetiva negar a influência da genética, mas entender cada organismo vivo como único, tanto em suas interações com o ambiente, quanto nas suas interações celulares e moleculares, podendo reagir de forma diferente à presença de determinado gene.

1.2. O conceito de organismo no conhecimento biológico

O termo organismo deriva da palavra *organon* que significa ferramenta/instrumento. De acordo com Relmann-Sutter (2000), Aristóteles usa o termo *organon* não com o sentido de partes do corpo, mas como uma metáfora para explicar o papel funcional destas. Para entender melhor em que sentido essa metáfora é utilizada é necessário compreender que na Grécia havia duas palavras para ferramenta/instrumento, que muitas vezes eram utilizadas como sinônimos: *organon* e *mechané*. *Organon* seria um instrumento utilizado para fazer algo, por exemplo, um serrote que é utilizado para serrar um tronco, enquanto *mechané* seria um dispositivo ou plano que leva a realização de uma tarefa, por exemplo, uma máquina de serrar acionada através de um dispositivo. A raiz da palavra *mechané* é *mechos*, a qual tem significado de meio/recurso, enquanto a raiz da palavra *organon* é *ergon*, que tem significado de trabalho (RELMANN-SUTTER, 2000, p.345-346). Portanto, tem-se duas formas para a utilização da palavra instrumento/ferramenta: (1) *organon* - fazer algo por meio de uma ferramenta e (2) *mechané* - o uso de um dispositivo ou plano para produzir algo. Entendendo melhor a metáfora de Aristóteles, as partes do corpo são entendidas como ferramentas utilizadas pelo corpo para a realização de determinadas tarefas. Essa metáfora, na modernidade, funde-se com o objeto e as partes do corpo são chamadas de órgãos.

A palavra organismo faz referência ao termo “organon” utilizado por Aristóteles e foi utilizada na obra de Georg Ernst Stahl (1660-1734) para contrastar com o termo mecanicismo, assumindo para esse autor uma nova conotação. Para Stahl o organismo tem uma disposição mecânica que está subordinada à sua natureza orgânica. Para estabelecer essa natureza orgânica, Stahl oferece um critério relacional na distinção entre um órgão e um mecanismo simples. Para uma parte de um mecanismo ser considerado um órgão, esta deve possuir uma correspondência com uma ordem encontrada fora do mecanismo do qual faz parte. Assim, o corpo é um órgão para a alma e sem a alma perde seu objetivo.

Conseqüentemente, o organismo se não for animado é considerado apenas um mecanismo que existe por si mesmo sem correspondência com uma ordem externa, ou seja, com a alma (RELMANN-SUTTER, 2000, p.344).

O termo organismo, na contemporaneidade, acaba por se tornar uma terminologia padrão para representar os seres vivos. Especialmente dentro do domínio científico, as entidades ou seres vivos, como animais ou plantas, são designados com o termo organismo. A palavra organismo adquire seu sentido contemporâneo associado a outros termos como organização e auto-organização. Kant, em 1790, ofereceu uma das primeiras definições modernas de organismo (KELLER, 2005, p.1070). Para Kant (1914, p.156, *tradução nossa*), “[...] uma coisa existe como proposta natural, se é ambos, causa e efeito”. O organismo é um produto natural organizado, no qual todas as partes são ao mesmo tempo proposta (fim) e meio, ou seja, contribuem para a organização do todo. A organização é conseguida pela relação estabelecida entre as partes, sem um organizador externo, isto é, o organismo é auto-organizado.

Em tal produto da natureza toda parte não existe apenas por meio de outras partes, mas é pensada como existindo para a finalidade das outras e do todo, é como um instrumento (orgânico). [...], mas também suas partes são todos os órgãos reciprocamente produzindo uns aos outros. [...] Apenas um produto de tal tipo pode ser chamado de finalidade natural, e isto porque é um ser organizado e auto-organizado (KANT, 1914, p.158, *tradução nossa*).

Para Vijver *et al* (2003, p.105), há dois pontos importantes na visão de Kant: o organismo produz a si mesmo; existe uma causalidade interna e circular na organização das partes, onde uma parte existe por causa de outra e do todo. A causalidade circular a que Vijver se refere pode ser notada na seguinte citação:

[...] a combinação causal de acordo com o conceito da Razão (de finalidade) pode ser pensada como uma série que leva para frente ou para trás. Nesta, a coisa que foi chamada de efeito pode com igual propriedade ser denominada a causa daquele que é o efeito (KANT, 1914, p.157, *tradução nossa*).

Nessa perspectiva, o organismo é então considerado um corpo capaz de se auto-regular, autodirigir e se autogerar, apresentando um tipo especial de arranjo que é a auto-organização (KELLER, 2005, p.1070).

É essa forma particular de organização – a auto-organização - que vai diferenciar os seres vivos da matéria inanimada, pelo menos até meados de 1940. Entretanto, essa distinção começa a se desfazer durante a Segunda Guerra Mundial, quando se desenvolve uma ciência amparada em princípios de *feedback* e causalidade circular que procura implementar mecanismos e máquinas com tais princípios, essa ciência é chamada de cibernética (KELLER, 2005, p.1070).

Na primeira fase da cibernética, apesar dos mecanismos estarem amparados em princípios de causalidade circular, o controle de máquinas e mecanismos era principalmente externo a estes. Em um segundo momento, em meados da década de 70, a cibernética enfocou no modo em que regras e propostas podem surgir dentro do próprio sistema. O processo de auto-organização levaria à autonomia, contribuindo para orientar a construção de máquinas que não são completamente programadas de início, mas que mediante de sua história material, progressivamente adquire por si próprias uma coesão integrativa (VIJVER *et al*, 2003).

Apesar de ser fundamental para a Biologia teórica explicar o tipo de organização presente nos seres vivos, essa tarefa não foi fácil. A delimitação do conceito de ser vivo por meio de um processo de auto-organização começa a apresentar problemas quando: outros fenômenos são explicados por processos auto-organizativos e quando máquinas são construídas tomando como base esses processos.

Para complementar o quadro, nas décadas de 70 e 80, o conceito de auto-organização recebeu contribuições da matemática e física, associando-se aos estudos de sistemas dinâmicos não-lineares, à teoria de sistemas evolucionários adaptativos e à termodinâmica longe do equilíbrio de estruturas dissipativas (VIJVER *et al*, 2003). A idéia de auto-organização passa também a descrever fenômenos físicos, por exemplo, a formação de tornados, e incorpora os estudos dos chamados sistemas complexos. Cabe aqui fazer uma distinção entre sistemas complexos e sistemas complicados. Segundo Vijver *et al* (2003), ambos os sistemas, complicados e complexos, tem um vasto número de elementos e de inter-relação entre eles. Em sistemas complicados, entretanto, as relações entre as partes e o todo são definidas e controladas pelo meio externo, enquanto, em sistemas complexos, essas relações são, ao menos, parcialmente definidas pelo meio interno. Como consequência a definição de meio externo e interno é importante para a definição de sistemas complexos.

Além disso, percebe-se que a complexidade é aqui intrinsecamente associada ao conceito de auto-organização.

Apesar de o pensamento da complexidade ter várias abordagens, não tendo uma concepção unificada de sistemas complexos, vem surgindo dentro da Filosofia da Biologia um esforço para clarificar a natureza específica da complexidade em sistemas biológicos, como distintos da complexidade de sistemas físicos e químicos. Nesses estudos, a maior parte do debate da complexidade com relação aos sistemas biológicos está articulada ao redor da noção de sistemas vivos, sublinhando a idéia da importância contextual (ambiental) para o seu desenvolvimento, sem excluir a possibilidade de se descrever mecanismos gerais de desenvolvimento (VIJVER, *et al.*, 2003).

O interesse em sistemas complexos é marcado na Biologia pela atenção às condições estruturais, no qual os sistemas biológicos são estáveis e todos coesivos, mantendo sua integridade contra perturbações internas e externas. Esta manutenção é vista cada vez mais como o resultado de processos dinâmicos e interativos, que tem componentes energéticos e informacionais.

Dentro do contexto das discussões sobre os sistemas complexos biológicos, algumas tentativas foram realizadas para tentar descrever a organização dos seres vivos. Assim, para delimitar o conceito de auto-organização dentro de uma perspectiva biológica, buscou-se descrever os seres vivos através da junção do conceito de auto-organização ao paradigma evolutivo das ciências biológicas. Uma das tentativas de unificar essas duas idéias foi realizada por Kauffman (1993; 1995; 1997), no qual as idéias de auto-organização e emergência ganharam espaço, questionando a visão ortodoxa de evolução e propondo uma complementaridade entre auto-organização e seleção natural.

Outra tentativa de descrever os seres vivos, que não tem como referência a síntese evolutiva, é a teoria estruturalista de Webster e Goodwin (1999). Esta ambiciona descrever as leis e regras que governam o espaço das formas possíveis e explicar a geração das formas vivas, tomando o organismo como uma entidade real e como centro da biologia teórica.

O termo organismo tem um longo caminho na História da Biologia, estando associado a outros conceitos, como o de auto-organização, estrutura, organização circular e emergência. Além da definição do conceito de organismo ser complicada, esse termo acabou por ser usado em outros contextos como uma forma de descrever as relações entre partes e todo (GUTMANN e NEUMANN-HELD, 2000). Por exemplo, teorias que utilizam a idéia de organismos em áreas como Filosofia, História, Sociologia, Economia, entre outras.

Pode-se pensar que o uso da palavra organismo sendo utilizado em outros domínios e estando em discussão sobre a possibilidade de defini-lo, perderia sua especificidade e não poderia ser utilizado apenas como representação para “ser vivo”. Entretanto, justamente por ser um termo que faz referência a um tipo de organização que é característico dos seres vivos (quando se considera a auto-organização somada ao contexto da evolução biológica, como será visto adiante), a palavra organismo não só é utilizada nessa tese como sinônimo de ser vivo como também se defende o conceito de organismo como estruturante do conhecimento biológico. A palavra organismo é utilizada preferencialmente no lugar de ser vivo pelo fato de ressaltar o caráter da organização biológica.

A utilização da palavra organismo expressa a idéia de seres vivos em oposição a uma visão global de vida, enfatizando aspectos de autonomia e a capacidade do sistema de criar significado (RUIZ-MIRAZO *et al*, 2000, p.210). Ou seja, o termo organismo faz referência ao tipo de organização encontrada em seres vivos. Portanto, quando se utiliza o termo organismo fica subentendido que os seres vivos se diferenciam da matéria inanimada pela forma como seus componentes (ou seja, as partículas físico-químicas) estão organizados e não pelo tipo dos componentes.

Pode-se alegar que a ciência atual tem dificuldade de demarcar os limites de definição desse tipo de organização. Entretanto, além de intuitivamente percebermos que seres vivos são intrinsecamente distintos de outras formas de entidades materiais, dentro da Biologia Teórica o debate sobre essa organização continua em destaque, trazendo contribuições importantes para essa demarcação. Dentro desse debate existem alguns conceitos que têm sido enfatizados na delimitação dos seres vivos, tais como auto-organização, autonomia agencial, sistema organizacionalmente fechado, entre outros. A seguir discute-se esses conceitos com maior profundidade.

1.3. Conceitos fundamentais para a compreensão do organismo

1.3.1. A explicação científica como uma rede sistemática de conceitos

Nesse tópico serão discutidos os elementos que subsidiam uma explicação do conceito de organismo. Antes do início da discussão desses elementos, será realizado um

aparte para descrever o sentido adotado quando se refere à “explicação” e/ou elucidação de um determinado conceito. Utiliza-se a noção de “explicação” ou “elucidação” encontrada em Carnap (1950)¹¹.

Segundo Carnap (1950, p.3), a explicação ou elucidação consiste na transformação de um conceito inexato, pré-científico, o *explicandum*, em outro conceito mais exato e sistematizado, o *explicatum*. De acordo com o autor o *explicandum* pode pertencer a linguagem cotidiana ou a uma etapa prévia no desenvolvimento de um conceito científico. Enquanto o *explicatum* deve ser dado por regras explícitas sobre o seu emprego e ser inserido numa rede conceitual.

Carnap entende que um conceito deve satisfazer os seguintes requisitos para ser um *explicatum* adequado para um *explicandum*: (1) semelhança com o *explicandum*, no entanto, como o *explicandum* é mais vago e vai ser substituído por uma explicação mais sistemática, o *explicatum*, a correspondência nunca será completa; (2) exatidão, as regras de emprego do conceito deve ser explicitada e a forma que ele se interliga com outros conceitos também; (3) fertilidade, um conceito é tanto mais fértil, quanto mais relação estabelece com outros conceitos, ou seja, forma-se uma rede de conceitos científicos que se sustentam e justificam; (4) simplicidade, considerada quando existem várias explicações igualmente férteis para o mesmo fenômeno, em geral procura-se eleger a explicação mais simples, mas que contemple os conceitos e relações importantes para a compreensão daquele fenômeno.

Para Carnap (1950), os conceitos podem ser (1) classificatórios, separando coisas em duas ou mais classes mutuamente excludentes, (2) comparativos, estabelecendo uma comparação na forma de menos ou mais sem empregar valores numéricos, por exemplo, “mais quente” e (3) quantitativos, descrição de algo a partir de valores numéricos. Para Carnap a linguagem pré-científica utiliza-se prioritariamente de conceitos classificatórios e quando se avança para a formulação de conceitos científicos utiliza-se com maior frequência conceitos comparativos e quantitativos. No entanto, entende-se que conceitos podem ser construídos de forma mais precisa sem seguir necessariamente esta via unidirecional, de conceitos classificatórios a quantitativos. Como aponta Nascimento *et al* (2009), em relação ao conceito de vida não é evidente que uma compreensão da vida como um gradiente seja

¹¹ Apesar de Carnap estar associado ao positivismo lógico e desta tese não adotar a obra desse autor de uma forma mais geral, entende-se que a noção do que é a explicação de um conceito desenvolvida na “Logical Foundations of Probability” em 1950 seja útil para esse trabalho, uma vez que, reconhece a importância de um conceito ser explicitado por seu encaixe numa rede conceitual coerente, ou seja, enfatiza a necessidade de um conceito ter sua precisão relacionada a uma estrutura sistemática de conceitos. Dessa forma, coloca-se a ressalva de que é utilizada a noção de explicação de Carnap sem assumir um compromisso mais amplo com a obra desse autor.

necessariamente mais clara e precisa do que o entendimento da vida como um fenômeno discreto. Assim, colocando essa ressalva, será enfatizada a noção de *explicandum* e *explicatum* para evidenciar o sentido de “explicação” de um conceito científico.

O exemplo do conceito de organismo pode ser utilizado para explicitar o sentido dos termos *explicandum* e *explicatum*. Em geral, não se tem dificuldades em separar no cotidiano os seres vivos de objetos inanimados e se fosse pedido às pessoas para justificarem porque certas coisas são seres vivos, provavelmente, elas elencariam uma série de propriedades, tais como respiração, movimento, reprodução, entre outras. Essa noção de organismo presente no cotidiano pode ser considerada o *explicandum* de um conceito, ou seja, uma noção vaga e não sistematizada. O conceito de organismo é exposto também, muitas vezes, no contexto científico como apenas uma lista de propriedades, sem estabelecer relações claras entre as propriedades descritas na lista e sem ser incorporado numa rede conceitual mais ampla, ou seja, numa fundamentação teórica. Nesse sentido, essas listas também consistiriam de um *explicandum*, ou seja, de uma etapa intermediária no desenvolvimento do conceito de organismo. Portanto, uma “explicação”, no sentido de Carnap (1950) do conceito de organismo dependeria não apenas de descrever uma lista de propriedades (que é uma etapa importante na formulação do problema e do *explicandum*, mas que deve ser ultrapassada), mas também de tornar interligadas as relações entre os elementos que fundamentam esse conceito.

É essa forma de “explicação” que se busca a seguir, primeiramente, discutindo os conceitos e elementos que fundamentam a noção de organismo, com base na literatura contemporânea da Filosofia da Biologia, e depois, tentando relacionar esses conceitos numa formulação mais clara e exata do conceito de organismo (*explicatum*).

1.3.2. A abordagem sistêmica e o fechamento organizacional

Reconhece-se o organismo vivo como um sistema com características peculiares, no qual pode ser observada uma identidade. A primeira etapa do reconhecimento dessa identidade está na percepção do organismo como um sistema, sendo sua identificação estabelecida na relação do organismo com o meio em que está inserido. A definição de ser

vivo, portanto, está relacionada à compreensão do conceito de sistema, o qual se refere à percepção de uma barreira ou limite que determina os componentes ou uma região do espaço.

Cliff Joslyn (2000) reconhece a existência de duas visões para a definição do que seja um sistema: a *padrão* ou *estrutural* e a *construtivista*. Na abordagem sistêmica *estrutural*, um sistema é definido por um grupo de unidades, que se combinam, formando um todo que opera em união. O conjunto interage, através das múltiplas entidades (chamadas de partes), formando uma nova entidade (todo) com novas propriedades em um nível hierárquico distinto daquelas partes. Por outro lado, na visão *construtivista*, um sistema é definido como a distinção de uma região singular do espaço. Fundamentando a visão construtivista, está a percepção de 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 mediante a cognição e a linguagem (MEGLHIORATTI *et al*, 2009). Dessa forma, na visão construtivista é enfatizada a percepção e a significância da distinção realizada por uma pessoa (JOSLYN, 2000, p. 68). 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 (2000) destaca a importância de um movimento de síntese entre essas duas visões, ressaltando que, em ambas, é fundamental a distinção entre o sistema e seu ambiente. Assim, 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 (MEGLHIORATTI *et al*, 2009). Joslyn (2000) destaca duas formas de fluxos¹² entre sistema e ambiente: um fluxo linear que prioriza uma determinada direção e um fluxo cruzado, estabelecendo uma relação circular entre os elementos do sistema e seu ambiente. O estabelecimento de uma circularidade entre os elementos permite um fechamento das relações. Se essa relação circular é forte, forma-se um novo sistema, introduzindo uma nova forma de nível hierárquico. Portanto, as relações circulares e fechadas entre elementos estão na base da formação de novos sistemas.

Em um sistema considerado complexo, como é o caso dos seres vivos, as relações circulares que ocorrem dentro do próprio sistema são importantes para a manutenção e estabilidade deste. Em um ser vivo, as relações circulares entre os elementos do sistema estão na base do padrão expresso pela formação de uma barreira que delimita o que é interno ou externo ao organismo. A barreira que separa um organismo de seu ambiente, portanto, está

¹² Podem ocorrer fluxos de matéria, energia e/ou informação entre os diferentes níveis de complexidade de um sistema.

associada a um fechamento circular forte das relações entre os elementos do próprio sistema, ou seja, ela é auto-gerada, por meio de um processo de auto-organização.

A idéia de um sistema que é organizacionalmente fechado mediante múltiplas relações circulares pode ser visualizada de maneira simplificada na figura 1, no qual foi idealizada a seguinte situação: uma relação circular forte estabelecida pelos elementos MNOP, no qual são englobados outros subsistemas, formando diferentes níveis hierárquicos. Percebe-se que os mesmos elementos podem participar de várias formas de fechamentos.

Apesar da consideração de que existem fechamentos fortes entre determinados elementos, em sistemas reais o fechamento total não é verificado (pois, nesse caso, nenhuma informação, ou energia, poderia fluir por meio da barreira), também não são verificados sistemas completamente abertos (pois isso levaria a perda de identidade do sistema). O que se verifica são graus de fechamentos, que estão entre esses dois extremos, possibilitando a ocorrência de fluxos lineares e circulares entre sistema e ambiente.

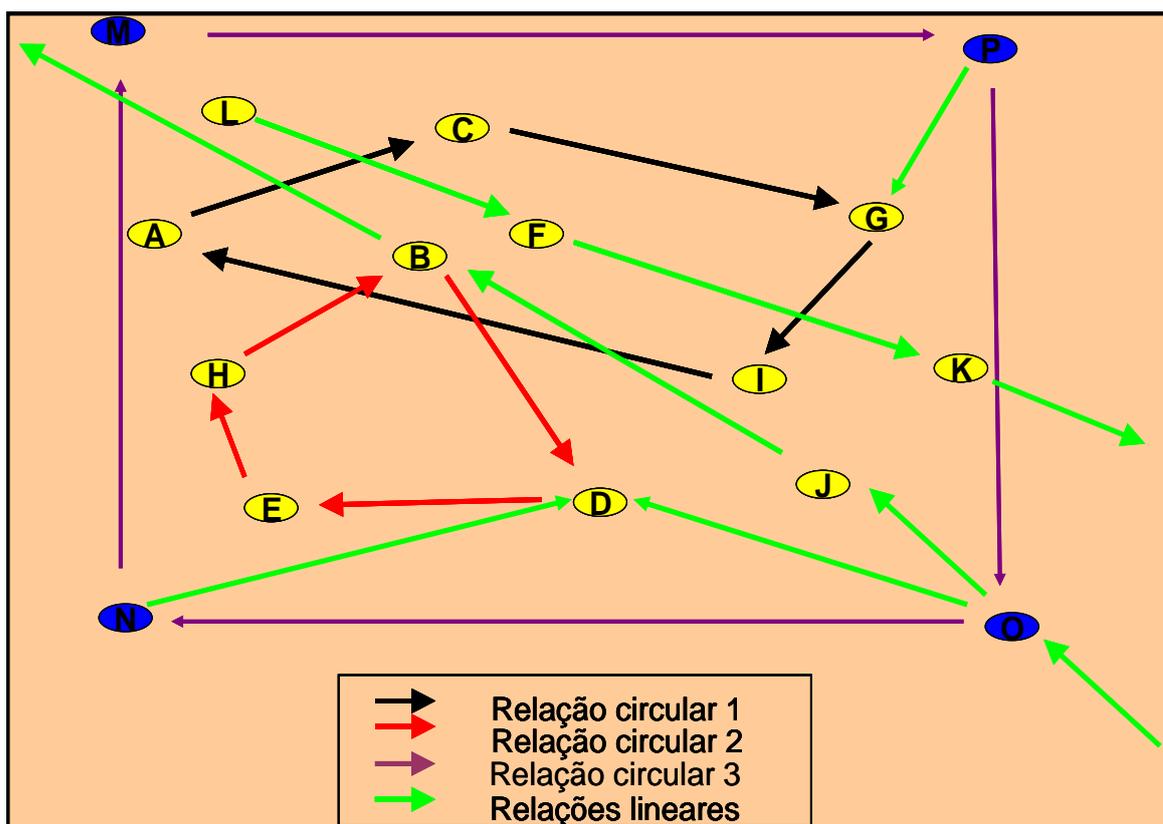


Figura 1: Relações lineares e circulares entre os elementos de um sistema.

Pode-se reconhecer na literatura, segundo Joslyn (2000, p.70-71), diversas formas de fechamentos: auto-referência, refletido na autonomia auto-referencial desses sistemas;

auto-organização, por exemplo, formação de ciclos autocatalíticos e atratores de sistemas dinâmicos; autopoiese, quando um fechamento organizacional do sistema resulta na estabilidade e autoprodução do sistema; controle de sistemas, quando o fechamento resulta na estabilidade de controle das variáveis¹³.

Apesar dos diferentes sistemas serem parcialmente abertos às trocas com o meio, considera-se a existência de um fechamento organizacional que se mantém ao longo da vida de cada organismo vivo. É a manutenção desse fechamento organizacional que permite reconhecer cada ser vivo como único. Por exemplo, um animal se modifica durante sua vida, mas existem relações organizacionais que permitem não só distingui-lo do ambiente externo, como também reconhecê-lo, apesar das transformações, como sendo o mesmo organismo. Portanto, reconhece-se cada organismo como um sistema parcialmente aberto a trocas de energia, matéria e informação, mas que se caracteriza pela manutenção de certas relações de organização. Nos sistemas vivos, faz parte desse padrão organizacional a existência de uma barreira dinâmica que separa o organismo de seu ambiente. Nos organismos unicelulares, essa barreira é a membrana celular. Nos multicelulares, apesar da existência da membrana celular delimitando cada célula que o constitui, a separação do organismo do seu ambiente ocorre através da formação de outras barreiras, por exemplo, a pele (que também é formada por células)¹⁴.

Delimitando o organismo, define-se em termos gerais o que faz parte de sua constituição e o que não faz, ou seja, apesar dos sistemas vivos estarem sempre em transformação, pode se reconhecer três níveis hierárquicos: o ambiente externo (ecológico-evolutivo); o organismo; o ambiente interno (genético-molecular).

O fechamento organizacional está relacionado com o conceito de auto-organização, ou seja, a formação e a manutenção de um padrão de organização nos seres vivos que depende de ciclos autocatalíticos, convergindo para um padrão ordenado de relações, como será visto na próxima seção.

¹³ O termo autopoiese, cunhado em 1971, apesar de fazer parte de um corpo teórico específico na teoria de Maturana e Varela (2001), está estreitamente relacionado com a idéia de auto-organização, ou seja, com a formação de certas vias de estabilidades que surgem pela interação de inúmeros componentes. A diferença é que a teoria da autopoiese evidencia a formação de uma separação física, no caso a membrana plasmática, que é autogerada e reconstruída continuamente pelo sistema. Além de destacar a unidade autopoietica como a célula, ou seja, a organização mínima dos seres vivos.

¹⁴ Entretanto, existem dificuldades no reconhecimento de casos fronteiriços, por exemplo, o caso dos organismos coloniais e dos superorganismos como será visto adiante.

1.3.3. Auto-organização nos sistemas vivos.

Um conceito importante ao entendimento da organização básica dos seres vivos - que está relacionado com a formação de sistemas organizacionalmente fechados - é o conceito de auto-organização.

Segundo Álvaro Moreno (2004), o conceito de auto-organização pode ser compreendido de três formas: a) no sentido *geral*, designando conjuntamente os fenômenos de formação espontânea de ordem dinâmica; b) no sentido de *autonomia*, quando o sistema é capaz de ser mantido de forma adaptativa, exercendo suas ações funcionais dentro de um ambiente variável; e c) no sentido de *autonomia coletivamente organizada*, ou seja, os sistemas biológicos inseridos dentro de relações coletivas, tais como populações e comunidades.

Moreno (2004) destaca que o conceito *geral* de auto-organização pode ser entendido como um fenômeno resultante da emergência de uma estrutura global e sistemática, através de interconexões de unidades simples. Os sistemas auto-organizáveis têm em comum o fato de sua organização interna não ser consequência das características materiais de seus componentes, mas da manutenção de algum tipo de dinâmica circular que gera e mantém um novo tipo de correlação entre os elementos que, em sua ausência, permaneceriam desconectados (MORENO, 2000).

Os sistemas auto-organizáveis ocorrem longe de um equilíbrio termodinâmico, ou seja, são sistemas dissipativos, tais como furacões, reações químicas autocatalíticas e seres vivos. Os sistemas dissipativos surgem quando, em algumas circunstâncias, componentes independentes se relacionam, formando uma organização estável. A manutenção de um sistema dissipativo dá-se por meio de um fluxo de energia que mantém o sistema longe do equilíbrio termodinâmico (MORENO, 2000)¹⁵. Os sistemas dissipativos estão abertos ao fluxo de energia e/ou matéria, permanecendo em estados quase-estáveis a certa distância do equilíbrio. Estes sistemas dependem de fluxos energéticos externos para manter a sua

¹⁵ A segunda lei da termodinâmica considera que um sistema isolado termicamente, em desequilíbrio, tende a aumentar sua entropia (medida da desordem do sistema), atingindo, gradativamente, o estado inerte de entropia máxima, no qual o sistema atinge o equilíbrio termodinâmico. Erwin Schrödinger (1997) ressalta que na vida este estado de entropia máximo seria a morte. Para o autor, os organismos vivos evitam o estado de entropia máxima extraíndo do meio que o circula a “ordem” para sua organização. Segundo Schrödinger, “no caso de animais superiores conhecemos bem o tipo de ordem da qual se sustentam, ou seja, o estado extremamente bem ordenado da matéria em compostos orgânicos mais ou menos complexos que lhe servem de alimento”. A vida seria caracterizada como a manutenção de um estado dinâmico que permaneceria longe do equilíbrio termodinâmico e, portanto, do estado de entropia máximo.

organização e dissipam gradientes de energia (com menor capacidade de realizar trabalho) para o meio (SCHNEIDER e KAY, 1997)¹⁶. Wicken (1998, p.367, *tradução nossa*) estabelece uma relação entre o conceito de organismo e os processos termodinâmicos da seguinte forma: “organismos são sistemas longe do equilíbrio que mantêm sua estrutura organizacional pela irreversibilidade da degradação da energia livre através de caminhos informados adquiridos através da evolução”. Esta poderia ser considerada uma explicação de organismo e de vida apoiada na termodinâmica, que busca associar os processos auto-organizativos aos aspectos evolutivos. No entanto, é útil delimitar, na explicação do conceito de organismo, um tipo especial de auto-organização chamada de autonomia.

Moreno (2004) delimita no entendimento geral de sistemas auto-organizáveis uma categoria mais específica: a *autonomia*. O conceito de autonomia é compreendido como a capacidade de agir segundo leis e regras geradas a *partir do próprio sistema*. “Por esta razão os sistemas autônomos são chamados de agentes autônomos (ou simplesmente agentes)” (MORENO, 2004, p.140). Os sistemas autônomos possuem uma variedade de ações funcionais que permitem a manutenção da identidade sob diversas condições externas. A idéia de autonomia requer uma identidade distinta, pressupondo não somente a distinção entre o sistema e o ambiente, mas também a possibilidade dessa distinção ser realizada pelo próprio sistema, ou seja, a redefinição de suas interações com o meio. Nesse sentido, o agir de um ser autônomo atua na construção do próprio ser, sendo, ao mesmo tempo produtor e produto de suas ações. Um sistema autônomo exerce uma atividade funcional sobre seu ambiente externo, ao passo que este também age sobre ele. Moreno (2004) resume as características de um sistema autônomo como uma identidade ativa, no qual o sistema constrói recursivamente os limites que o constitui. O exemplo fornecido para representar esse tipo de autonomia é a evolução pré-biótica na Terra.

Para Moreno (2004), os seres vivos constituem um tipo especial de autonomia, aberta evolutivamente, e não restrita ao âmbito individual: *autonomia coletivamente organizada*. Os organismos vivos são formados por meio da conexão histórico-coletiva (a história evolutiva e ecológica). Esse tipo de organização coletiva permite a reprodução e a transmissão de informações complexas, o que acabou por suplantando o tipo de autonomia construído no ambiente pré-biótico. Segundo Moreno (2004), a inserção em um meta-sistema mais amplo, em relação ao nível espacial e temporal, permitiu a origem de um ecossistema capaz de reciclar componentes necessários à sustentação da organização individual de base.

¹⁶ A Primeira Lei da Termodinâmica diz que a energia total em um sistema isolado permanece a mesma. Entretanto, a qualidade da energia do sistema (a capacidade de realizar trabalho) pode mudar.

Assim, ao preço da perda de uma autonomia completa no nível individual, a meta-organização biológica permitiu a articulação de formas de vida de modo indefinidamente sustentável. A autonomia de sistemas individuais inseridos em meta-sistemas (ecossistemas, colônias, organismos pluricelulares, sociedades, etc.) propiciou a criação de sistemas mais complexos que são organizados em níveis hierárquicos de dependência. Essa interdependência ao longo da evolução biológica gerou novas formas de autonomia (racionalidade, cognição, etc.) e novas unidades autônomas (espécies, grupos sociais, etc.).

Nos próximos itens são destacados os seguintes pontos: como a idéia de autonomia está relacionada à capacidade de agência; como o conceito de evolução biológica se relaciona à idéia de autonomia mediante a aproximação dos referenciais teóricos de sistemas complexos auto-organizados evolutivos (KAUFFMAN, 1993; 1995; 1997; PEREIRA JR. *et al*, 2004; RUIZ-MIRAZO, *et al*, 2004) e de autonomia coletivamente organizada (MORENO, 2004; ETXEBERRIA e MORENO, 2007).

1.3.4. Os seres vivos como agentes autônomos: da autonomia mínima a autonomia multicelular

A idéia de autonomia, como proposta por Moreno (2004), consistiria num caso particular de auto-organização presente apenas nos seres vivos. O desenvolvimento do conceito de autonomia, segundo Etxeberria e Moreno (2007, p.22, *tradução nossa*), implicaria “certa recuperação da noção de organismo em um contexto científico em que a biologia e a filosofia da biologia estão marcadas pelo estudo do gene, propiciado pela biologia molecular, e da evolução por seleção natural, pela chamada Síntese Moderna”. A vida estaria manifesta na forma de indivíduos altamente organizados, sendo sistemas de produção de componentes que dinamicamente causam sua própria organização em um entorno variável (ETXEBERRIA e MORENO, 2007).

A discussão sobre a autonomia biológica, ou do ser vivo como um sistema autônomo começa a ser sistematizada a partir da década de 70 pelos biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela que propõem uma teoria da vida como autopoiese (ETXEBERRIA e MORENO, 2007). Discutem-se a seguir os fundamentos dessa teoria para verificar seus limites e apresentar a proposta de autonomia biológica recentemente desenvolvida por Etxeberria e Moreno (2007).

A palavra autopoiese foi cunhada por Maturana no ano de 1971 para designar o modo como um ser vivo opera. Para Maturana (2001, p.32), o ser vivo pode ser compreendido como um “sistema circular de produções moleculares no qual o que se mantém é a circularidade das produções moleculares. Mantém-se a circularidade, mas não a forma que pode variar”.

Por volta de 1963, Maturana buscava um modo de expressar as relações constitutivas do ser vivo e paralelamente desenvolvia seus estudos sobre neurofisiologia (MATURANA, 2001). Esses trabalhos se tornaram dependentes um do outro, pois à medida que ele entendia que o conhecer era o próprio fazer de um ser vivo, procurava delimitar a constituição de um ser vivo, ou seja, o modo de operar de um ser vivo que acabava por gerar o conhecer.

No livro “A árvore do conhecimento” de Maturana e Varela, os autores examinam o fenômeno do conhecer tomando a universalidade do fazer no conhecer como problema e ponto de partida para revelar seus fundamentos, adotando o aforismo “*todo fazer é um conhecer e todo conhecer é um fazer*”. Esse livro tem uma importância peculiar, pois os autores partem da organização de um ser vivo e chegam ao modo como os organismos conhecem o mundo, em particular, abordam a forma de conhecer o mundo dos seres humanos, que são organismos que atuam na linguagem. Os autores produzem uma explicação científica do conhecer assumindo as seguintes condições para a ocorrência de uma explicação científica:

- a) Descrição do fenômeno ou fenômenos a explicar de maneira aceitável para a comunidade de observadores;
- b) proposição de um sistema conceitual capaz de gerar o fenômeno a explicar de modo aceitável pela comunidade de observadores (hipótese explicativa);
- c) dedução, a partir de b., de outros fenômenos não explicitamente considerados em sua proposição, bem como a descrição de suas condições de observação na comunidade de observadores;
- d) observação de outros fenômenos, deduzidos a partir de b. (MATURANA e VARELA, 2001, p.34).

Partindo das condições necessárias para uma explicação científica, eles estabelecem quatro itens para explicar cientificamente o fenômeno do conhecer:

- I. Fenômeno a explicar: ação efetiva do ser vivo em seu ambiente;
- II. Hipótese explicativa: organização autônoma do ser vivo. Deriva filogenética e ontogenética, com conservação da adaptação (acoplamento estrutural);
- III. Dedução de outros fenômenos: coordenação comportamental nas interações recorrentes entre seres vivos e coordenação comportamental recursiva sobre a coordenação comportamental;
- IV. Observações adicionais: fenômenos sociais, domínios lingüísticos, linguagem e autoconsciência (MATURANA e VARELA, 2001).

Como para Maturana e Varela (2001, p.40) “todo conhecer é um fazer daquele que conhece, ou seja, todo conhecer depende da estrutura daquele que conhece” o ponto de partida da explicação científica do conhecer está enraizado na própria *organização*¹⁷ de um ser vivo e não apenas no sistema nervoso. Assim, na teoria proposta, a organização biológica é peça fundamental do conhecimento em toda sua dimensão.

Na organização autopoietica celular os componentes moleculares estão organizados numa rede de interações que são, ao mesmo tempo, *produtores e produtos*. Essa rede de interações ocorre em um espaço demarcado por uma fronteira, a membrana celular, que não apenas delimita a extensão da rede de transformações que produz seus componentes, como também participa ativamente das transformações que acontecem na célula. Uma unidade autopoietica funciona em um *fechamento operacional*, mas não é fechada em termos de matéria ou energia. O ser vivo surge do padrão global gerado a partir da rede de interações moleculares, assim, o que diferencia um ser vivo de um objeto inanimado é justamente o seu modo de organização gerado por mecanismos internos. A ênfase nessa definição de vida é colocada no metabolismo.

Para Maturana e Varela (2001), a reprodução é um processo que vem adicionar um componente histórico à unidade autopoietica, mas *não* é constitutivo desta e *não* faz parte de sua organização. Para os autores,

[...] estamos tão acostumados a ver os seres vivos como uma lista de propriedades (e a considerar a reprodução uma delas), que isso pode parecer chocante à primeira vista. No entanto, o que estamos querendo dizer é simples: a reprodução não pode ser parte da organização do ser vivo, porque para que algo se reproduza é necessário primeiramente que ele esteja constituído como unidade e tenha uma organização que o defina [...] se falarmos da reprodução dos seres vivos, estamos implicando que ele deve poder existir sem se reproduzir (MATURANA e VARELA, 2001, p.68).

¹⁷ Entende-se por organização as relações que devem ocorrer entre os componentes de algo, para que este seja reconhecido como um membro de uma classe específica. Maturana e Varela (2001) distinguem o termo organização de estrutura. Para eles a estrutura de algo é formada por elementos e relações concretas. A organização caracteriza algo como membro de uma classe e não pode ser perdida, pois se não, aquilo que caracterizamos não pertencerá mais a determinada classe. Por exemplo, a cadeira tem uma organização típica que a caracteriza como tal, mesmo que eu tenho cadeiras com diferentes estruturas (plástico, madeira, ferro), elas continuarão sendo caracterizadas, por conta de sua organização, como cadeira.

Para que ocorra reprodução, deve acontecer uma fratura em uma unidade (cuja estrutura tende a se organizar de maneira distribuída), sendo que ao final da fratura têm-se duas unidades da mesma classe original, mas que não são idênticas na sua estrutura. Esse tipo de reprodução não ocorre apenas em seres vivos, mas pode ocorrer em outros sistemas, por exemplo, nos cristais. As unidades resultantes têm estruturas semelhantes entre si, mas também estruturas diferentes, pois nem todos os componentes da unidade original estavam uniformemente distribuídos no momento da ruptura. As unidades geradas são relacionadas e podem sofrer novas fraturas gerando um sistema historicamente interligado (MATURANA e VARELA, 2001). No processo reprodutivo celular é a própria dinâmica autopoietica que determina um plano de fratura adequado. Se observarmos uma célula na interfase¹⁸ os componentes não tendem a estar distribuídos de forma uniforme e qualquer divisão nessa fase não formará duas unidades novas, mas destruirá a organização celular.

Para Maturana e Varela (2001), a organização autopoietica deve ser entendida pelo modo como sua estrutura gera determinados mecanismos fechados internamente. Pode-se compreender essa idéia considerando um observador interno ao próprio sistema (visão internalista do sistema), ou seja, um sistema auto-referente. Quando se faz uma descrição de um organismo a partir de um observador externo (visão externalista do sistema), normalmente, atribuí-se significados que são diferentes daqueles do domínio interno, adotando uma descrição semântica deste. Por exemplo, ao descrever semanticamente o sistema imunológico, pode-se dizer que eles promovem a defesa de um organismo (VAZ, 2000). Porém, a defesa é um resultado que se dá no acoplamento do organismo com o meio e tem significado atribuído por um observador externo. O resultado é diferente do mecanismo que o gera, e de uma perspectiva internalista o que ocorre é apenas a dinâmica de um mecanismo. Tem-se, portanto, na teoria de Maturana e Varela dois domínios distintos: o domínio interno, no qual o mecanismo gerativo se dá; o domínio externo, no qual o comportamento do organismo em seu meio pode ser descrito por um observador.

Dentro do limiar de sobrevivência do ser vivo não há mudanças impostas pelo meio e não há interações instrutivas. Portanto, não é possível falar de instruções e programas no mecanismo autopoietico, pois todos componentes funcionam em uma rede de interações. O genoma corresponde a toda estrutura inicial dos seres vivos incluindo além do DNA, estruturas como os componentes da membrana e citoplasma.

¹⁸ Quando não está no processo de divisão celular.

Por ser uma organização fechada, o organismo também não é determinado pelo meio, no entanto, interage com ele através de um acoplamento. Nessa interação, o ambiente causa deformações na estrutura que restabelece interações internas entre seus componentes. A manutenção da relação entre esses dois domínios (interno e externo) é chamada de conservação da adaptação, quando essa relação não é mais mantida em equilíbrio, o organismo se desintegra e morre.

A autopoiese é entendida, portanto, como uma rede recursiva de componentes que constroem seu próprio limite físico, reivindicando uma noção biológica do indivíduo (organismo) como algo que se separa de seu entorno por uma dinâmica internamente organizada, contrapondo-se assim a uma visão de vida como determinada por propriedades dos componentes moleculares como os genes, modelados a partir da seleção natural. A identidade autônoma emerge de uma relação dinâmica entre os componentes e de um fechamento operacional, ou seja, de um processo circular reflexivo, cujo efeito é sua própria produção (ETXEBERRIA e MORENO, 2007).

Outro pesquisador que procura entender a noção de autonomia dos seres vivos é Kauffman, que propõe uma noção de autonomia relacionada à termodinâmica (ETXEBERRIA e MORENO, 2007). Para Kauffman (2003, p.1090), um agente autônomo corresponderia à noção de um ser vivo e seria um sistema auto-reprodutor que é capaz de fazer ao menos um ciclo termodinâmico de trabalho. Essa idéia de Kauffman está fundamentada no Ciclo de Carnot, que seria uma máquina térmica que funcionaria tendo um máximo de eficiência na conversão de calor em energia mecânica e desta novamente em calor.

Imagina-se um cilindro com um êmbolo interno e um gás entre o pistão e a parte superior do cilindro. Este sistema estaria compreendido entre dois reservatórios, um com temperatura mais elevada e outro com temperatura mais baixa. Inicialmente, puxa-se uma alça, fazendo com que o cilindro tenha contato com o reservatório “quente”, fazendo com que o gás do cilindro se expanda realizando trabalho (transformação isotérmica, ou seja, com troca de calor). Como o gás expande e esfria, há o fluxo de calor do reservatório “quente” para o gás, tendendo a manter a mesma temperatura do reservatório dentro do cilindro. Em seguida, movimenta-se o cilindro para uma posição longe de ambos os reservatórios. O gás continua a se expandir e a esfriar através de um trabalho adiabático (sem troca de calor com o meio), pois está longe do contato com o reservatório quente – este processo ocorre de forma espontânea. O gás, então necessitaria ser comprimido novamente para voltar à posição inicial. Para isso, coloca-se o cilindro em contato com a fonte fria, exercendo uma força mecânica no

pistão para comprimir o gás – processo não espontâneo. Como o gás está frio, o trabalho para comprimir o gás é menor e o contato com o reservatório frio sustenta a temperatura do gás. Quando o cilindro é afastado do reservatório frio e nenhum trabalho não-espontâneo é exercido no pistão, o gás e a temperatura voltam para o estado inicial do sistema (transformação adiabática) completando o ciclo de trabalho (KAUFFMAN, 2003; KAUFFMAN e CLAYTON, 2006).

Para Kauffman (2003), deste exemplo de um ciclo de trabalho, destacam-se tanto processos espontâneos quanto não-espontâneos. Além disso, o fato de aproximar ou distanciar o cilindro do reservatório exerce um papel fundamental na organização do fluxo dos processos. Disso entende-se que existe uma estrutura que organiza os processos e ciclos de trabalho. A idéia de uma estrutura organizativa se relaciona com a noção de trabalho de Kauffman (2003). Para ele “em qualquer caso específico de trabalho, há uma organização do processo que não é capturada pela definição de trabalho” (KAUFFMAN, 2003, p. 1094, *tradução nossa*). O trabalho ocorre por meio de restrições que liberam energia dentro de alguns graus de liberdade. Desse modo, no exemplo acima, o cilindro e a posição do pistão funcionam como restrições ao fluxo de energia do sistema. Entretanto, a produção dessas mesmas restrições depende de um trabalho anterior (KAUFFMAN, 2003).

A constituição de um sistema autônomo requer que ele produza trabalho, o que não poderia ser feito sem restrições que canalizam o fluxo de energia de forma coerente, no entanto, para construir essas próprias restrições é necessária a realização de trabalho, finalizando um ciclo de trabalho e restrições (HOFFMANN, 2001; ETXEBERRIA e MORENO, 2007), ou seja, os conceitos de trabalho e restrições estão interligados e se definem mutuamente.

Apesar da elegância conceitual da definição dos seres vivos como sistemas autopoieticos e como agentes autônomos capazes de realizar um ciclo de trabalho e restrições, Etxeberria e Moreno (2007, p.29-30) ressaltam que esses conceitos de seres vivos não permitem resolver o problema da autonomia mínima, pois existem sistemas que correspondem a essas definições e que dificilmente seriam aceito como seres vivos. Por exemplo, o caso das micelas reversas, no qual uma rede muito simples de reações produz um limite físico (que estaria associada à idéia de autopoiese) e o caso da chama de uma vela, uma organização química automantida (que corresponderia à idéia de ciclos de restrições e trabalhos).

Para Etxeberria e Moreno (2007, p.30), apenas a recursividade não é capaz de definir sistemas realmente autônomos, ou seja, os seres vivos. Como resposta a essa

dificuldade, os autores vão associar o conceito de autonomia com uma capacidade de agência, procurando diferenciar o que é o sistema, o *ser*, e o que é sua agência, o *fazer*. Assim, segundo os autores, a identidade do sistema deve aparecer como uma organização estável da qual se derivam ações para o exterior do sistema, devendo-se distinguir entre processos fundamentais chamados de *constitutivos* daqueles chamados de *interativos*. Para separar esses dois tipos de processos é necessário pensar em uma dupla escala de tempo, os processos constitutivos seriam pensados em uma escala de tempo mais restrita, no qual ocorre a organização cíclica que mantém a identidade do sistema; enquanto os processos interativos ocorreriam em uma escala de tempo mais ampla (ainda que estes sejam necessários para a própria manutenção dos processos constitutivos). Os autores exemplificam sua proposta através do fenômeno de bombeamento ativo de íons na célula:

[...] o transporte contra gradiente para a célula, requer uma sub-organização interna de diferentes reações encadeadas. A célula mantém seu funcionamento graças ao bombeamento de íons (processo interativo), o qual requer um mecanismo interno (processo constitutivo) que por sua vez, em escala temporal mais ampla, depende indiretamente da correta relação do processo de bombeamento. Em outras palavras, ainda que em última instância o fazer do sistema regenera recursivamente seu ser, tem que haver uma dupla escala temporal no processo que permita falar de um sistema com identidade agencial. Este deve aparecer como uma forma de organização mais complexa do que as ações que produzem a cada momento. Se não for assim, estaríamos mais em frente a um processo meramente automantido que frente um verdadeiro caso de autonomia (ETXEBERRIA e MORENO, 2007, p.31, *tradução nossa*).

Etxeberria e Moreno (2007) sistematizam a idéia de ser vivo como agentes autônomos como uma forma de promover especificidade aos fenômenos biológicos quando comparados à noção de autopoiese e de auto-organização. Esses autores consideram que um sistema autônomo mínimo deve possuir, portanto, algum tipo de sub-organização capaz de regular os fluxos de matéria e energia entre o sistema e seu entorno, ou seja, para um sistema ser considerado autônomo deve existir ações deste sobre o meio externo.

No entanto, a delimitação do organismo encontra dificuldades. Se pensarmos em um organismo unicelular como uma unidade mínima de autonomia, delimitado pela membrana celular, é fácil reconhecer seus limites, entretanto, nos seres multicelulares essa distinção é mais difícil. Alguns animais como os vertebrados possuem alto grau de integração entre suas partes além de um complexo sistema de coordenação, o que proporciona certa facilidade de distinção de seu limite e na sua identificação como um organismo, todavia, os

vertebrados não constituem um exemplo típico da diversidade da vida no planeta (STERELNY e GRIFFITHS, 1999).

Segundo RUIZ-MIRAZO *et al* (2000), os processos que facilitam a integração e relações de dependência entre células em um organismo multicelular podem ser de diferentes tipos, por exemplo, unidade metabólica e unidade genética. A presença de diferentes formas de integração é um fator essencial no reconhecimento de certa individualidade. Entretanto, como ficaria a definição de organismos em sistemas que são formados por unidades (“indivíduos”) de diferentes genótipos, mas que possuem um alto grau de integração, como é o caso da caravela-portuguesa (*Physalia physalis*) (STERELNY e GRIFFITHS, 1999; RUIZ-MIRAZO *et al*, 2000; ETXEBERRIA e MORENO, 2007)? Neste caso, é difícil dizer se consiste em muitos organismos cooperando ou de um único indivíduo. Há várias células dentro da caravela que possuem funções específicas de flutuação, propulsão, defesa e sexual, dessa forma, a caravela parece ser um organismo. Por outro lado, cada célula dentro da caravela tem uma origem independente de um ovo fertilizado, além disso, algumas células têm existência independente da colônia durante uma parte de seu tempo de vida, ou seja, passam parte de sua vida como unidades individuais e o restante como se fossem partes de um organismo maior (STERELNY e GRIFFITHS, 1999). Outro problema que se impõe ao estudo é o caso de insetos sociais como as abelhas, no qual o conjunto de indivíduos poderia ser considerado um superorganismo, já que cada indivíduo tem uma função específica.

A noção de autonomia agencial desenvolvida por Etxeberria e Moreno (2007) traz importante contribuição para a delimitação de organismos multicelulares em casos fronteiriços. Para os autores,

[...] a partir da perspectiva da agencialidade podemos responder que são organismos aqueles sistemas nos quais as relações funcionais de suas partes integrantes formam um todo com um maior grau de integração funcional do que a existente entre os sistemas que formam a unidade superior (ETXERREBIA e MORENO, 2007, p.34, *tradução nossa*).

Essa noção de organismo está amparada em uma perspectiva hierárquica, uma forma comum e heurísticamente fértil para compreender os fenômenos biológicos. Etxerrebria e Moreno (2007) exemplificam a utilização dessa noção de organismo pelo caso dos insetos sociais, no qual, se for observada a integração entre os componentes que constituem a abelha,

verifica-se que a integração entre estes é maior do que a integração que existe entre as diferentes abelhas da colméia. Portanto, o núcleo da autonomia agencial estaria no nível da abelha individual, podendo esta ser considerada como o organismo.

Para Etxeberria e Moreno (2007, p.35, *tradução nossa*), a presença de casos fronteiriços ocorre “em proporção inversa ao grau de autonomia agencial exibida pelos organismos multicelulares: quanto maior for esta, como ocorre nos animais com sistema nervoso mais desenvolvido, menor é a presença de casos fronteiriços”.

A noção de autonomia agencial pode não resolver todos os problemas na delimitação dos organismos vivos, mesmo porque a própria descrição e delimitação de níveis na natureza dependem não só da integração entre componentes, mas também da presença de um observador externo. Ainda assim, a autonomia agencial parece ser um critério útil na delimitação dos organismos.

A noção de organismo como agente autônomo deve estar integrada com a perspectiva hierárquica (útil na própria delimitação do organismo) e também com uma perspectiva evolutiva. Esses dois aspectos serão discutidos nos próximos itens.

1.3.5. Sistemas complexos auto-organizados evolutivos: a autonomia coletivamente organizada

Para delimitar o conceito de auto-organização¹⁹ dentro de uma perspectiva biológica, algumas pesquisas (KAUFFMAN, 1993; 1995; 1997; PEREIRA JR. *et al*, 2004; RUIZ-MIRAZO, *et al*, 2004; MORENO, 2004) buscam descrever os seres vivos mediante a junção do conceito de auto-organização ao paradigma evolutivo. Essas pesquisas questionam a visão ortodoxa de evolução e propõe uma complementaridade entre auto-organização e seleção natural.

Para exemplificar a idéia de auto-organização no fenômeno biológico, pode-se pensar na origem da ordem de um organismo vivo. Para Kauffman, a origem da vida pode estar baseada na mudança de fase ocorrida nas interações moleculares para um conjunto de moléculas coletivamente autocatalíticas em sistemas abertos termodinamicamente (KAUFFMAN, 1997, p.104). Esse conjunto autocatalítico surge de uma diversidade crítica. À

¹⁹ A idéia de autonomia seria um caso particular de auto-organização que ocorreria dentro do domínio biológico no nível orgânico.

medida que a diversidade molecular aumenta, a razão entre reações químicas e moléculas também aumentam. Segundo Kauffman (1997),

Portanto, para quase qualquer modelo de quais polímeros catalisam quais reações, quase todo polímero irá catalisar pelo menos uma reação [...]. Nessa diversidade crítica, um gigantesco componente de reações catalíticas conectadas irá se cristalizar no sistema. Se os polímeros que agem como catalisadores forem também os próprios produtos das reações catalisadas, o sistema se tornará coletivamente autocatalítico (KAUFFMAN, 1997, p.111).

Em um sistema autocatalítico todos os componentes estão interligados. Essas reações fecham o sistema em torno de relações circulares que se automantém e que criam uma individualidade do sistema. Para Kauffman é esse fechamento autocatalítico que leva a formação dos seres vivos. A cristalização do sistema requer certa diversidade, pois um sistema menos complexo não alcança o fechamento catalítico (KAUFFMAN, 1997, p.113). Nesse sentido, o aparecimento da vida não dependeria das propriedades de molde do DNA ou RNA, ou de outros polímeros parecidos. As raízes da vida estariam na própria catálise e combinatória química (KAUFFMAN, 1997, p. 114).

Esse sistema autocatalítico poderia evoluir sem um depósito molecular de informação genética, como o DNA, através da incorporação de novas moléculas dentro da rede de interações catalíticas.

O conjunto de moléculas e das reações que elas podem sofrer e catalisar é que é o “genoma” do sistema. O comportamento dinâmico estável deste acoplado e auto-reproduzível sistema de reações é a hereditariedade fundamental que ela exhibe. A capacidade de incorporar novas espécies moleculares, e talvez de eliminar formas moleculares mais antigas, representam a capacidade de variação gênica. Darwin é então quem nos diz que tais sistemas evoluem pela seleção natural (KAUFFMAN, 1997, p.115).

Para Kauffman o DNA não é necessário e nem suficiente para o aparecimento da vida e da variação genética. Ter um código em uma estrutura como o DNA não assegura que o comportamento do sistema seja ordenado. A coesão seria mantida pela convergência em direção a certos estados dinâmicos.

A posição que o material genético é apenas uma parte da rede de interações que ocorre no organismo é defendida também por Webster e Goodwin (1999), que entendem que na concepção de organismos como estruturas auto-organizadas, o genoma (entendido como

gene e sua forma de expressão) toma lugar como parte de uma totalidade, juntamente com outros fatores como a organização estrutural pré-existente e os aspectos ambientais. Kauffman (1997), apesar de não enfatizar a necessidade de uma molécula como o DNA na origem da vida, não retira a importância do DNA como uma forma de registro de informação. No entanto, coloca essa molécula na rede de interações catalíticas que ocorre na célula.

É importante ressaltar a consideração de que o sistema todo, ou pelo menos parte dele, funciona como um genoma (em um sentido mais amplo e não apenas relacionado aos genes e sua expressão). Assim, além das informações contidas nas moléculas de DNA, devem-se considerar outros aspectos da herança como as redes moleculares e a estrutura celular. No entanto, se por um lado deve-se considerar que a organização dos sistemas vivos depende de uma complexa rede de interações moleculares, por outro, a explicação da diversidade de seres vivos, não pode deixar de incluir a seleção natural e um componente histórico.

Desse modo, os referenciais e autores que tentam associar a idéia de sistemas auto-organizados evolutivos (KAUFFMAN, 1993; 1995; 1997; PEREIRA JR. *et al*, 2004) se aproximam da idéia de autonomia coletivamente organizada proposta por Moreno (2004), sendo que nessa última considera-se autonomia como um caso particular de auto-organização presente apenas nos seres vivos. Com o refinamento do conceito de autonomia agencial no trabalho de Etzeberria e Moreno (2007) a noção de organização do fenômeno biológico como uma autonomia coletivamente organizada ganha assim um novo suporte.

Na visão da autonomia coletivamente organizada, os seres vivos fazem parte de um tipo de organização aberta evolutivamente e não restrita ao âmbito individual. Os organismos vivos estão relacionados por uma conexão histórico-coletiva (a história evolutiva e ecológica), permitindo a reprodução e a transmissão de informações complexas e o registro de seqüências funcionais selecionadas em etapas sucessivas (MORENO, 2004).

O registro e a transmissão de informações pode ter sido auxiliado pelo surgimento de uma molécula que possui certo grau de estabilidade como o DNA. Entretanto, outras formas de registros são herdáveis, por exemplo, elementos da própria estrutura celular. Outro ponto a ser ressaltado é que a variabilidade da estrutura pode ser influenciada pela interação organismo-ambiente, por exemplo, através da incorporação de novos elementos nas vias metabólicas do sistema. Os processos de mutações no DNA não são dirigidos, nem possuem um objetivo, no entanto, isso não significa que sejam aleatórios, pois podem receber influência de fatores ambientais e/ou das próprias vias metabólicas em seu interior.

A própria ação do organismo pode interferir na estruturação de sua ordem. Quando se considera a relação entre organismo e ambiente, percebe-se que a ação do organismo modifica o ambiente constantemente e, portanto, o processo seletivo também está em constante modificação. O organismo em sua ação cria o ambiente que no momento seguinte atuará como um mecanismo seletivo. Conforme Lewontin (2002, p.63), o ambiente está mudando porque os organismos estão mudando. É por esse motivo que não se pode dizer que existe um aumento de adaptação ao longo do tempo.

1.3.6. A hierarquia escalar e o organismo como ponto focal de discussão do conhecimento biológico

A percepção de uma autonomia relativa ao nível individual (organismo), e sua inserção em níveis superiores de organização, pode ser representada por meio de uma hierarquia escalar.

Na Biologia, é comum descrever a complexidade biológica em níveis distintos da realidade (RUIZ-MIRAZO *et al*, 2000; EL-HANI, 2002b). Isso ocorre devido a Biologia se preocupar com uma gama de fenômenos distribuídos, desde os níveis molecular e celular até os níveis das populações, dos ecossistemas e da biosfera.

No estudo do organismo é importante compreender tanto sua constituição como os níveis superiores no qual se insere. Um estudo local e restrito da constituição química de um organismo vivo permite aprofundar o conhecimento através de uma riqueza de detalhes, permitindo a descrição das interações e dos mecanismos gerativos que permitem a emergência das características descritas em um nível hierárquico mais complexo como o do nível orgânico. Entretanto, compreender o ambiente externo, por exemplo, o ecossistema no qual o ser vivo interage também se faz necessário. Dessa forma, as diferentes abordagens no estudo dos seres vivos (estudo locais e descrições hierárquicas globais) podem ser vistas como complementares. Assim, entendendo que o fenômeno biológico pode ser descrito e analisado a partir de diferentes níveis de complexidade, discute-se a seguir a hierarquia escalar proposta por Salthé (1985; 2001).

Para a utilização desta hierarquia, é necessário estipular – a partir do contexto pragmático de um programa de pesquisa – um nível focal (no qual ocorre o fenômeno de

interesse), bem como níveis superior e inferior, compondo um sistema triádico. O nível superior estabelece condições de contorno para os processos no nível focal, enquanto o nível inferior estabelece condições iniciadoras potenciais para os processos focais. A hierarquia escalar é formada por partes encaixadas em todos²⁰, podendo ser representada por [nível superior [nível focal [nível inferior]]]. Se as partes são consideradas relevantes para uma determinada análise, são chamadas de componentes; se não, são chamadas de constituintes. Esse tipo de hierarquia descreve um momento singular no espaço, e seu formato impõe a descrição de limites de comunicação entre os níveis. Como os níveis são separados por suas dinâmicas (cada nível tem um fechamento funcional), o problema, que surge dessa descrição, é entender como ocorrem as interações entre níveis. Para Salthe (2001), esse problema pode ser parcialmente resolvido considerando que as comunicações entre níveis são realizadas de forma indireta por vias informacionais, em que os sinais se movem de um nível a outro e são transformados nos e pelos limites entre eles.

Situando os organismos como nível focal de investigação, pode-se representar a organização do conhecimento biológico por meio da seguinte hierarquia escalar: [Ambiente Externo [Organismo [Ambiente Interno]]]. Para entender a estrutura e a dinâmica de um determinado organismo, é importante considerar o ambiente em que ele está inserido (isso pode ser realizado em diferentes níveis de complexidade, tais como populações, ecossistemas e biosfera) e sua organização interna (interações entre seus componentes tissulares, celulares, moleculares, etc.). Isto está representado de maneira esquemática na figura 2.

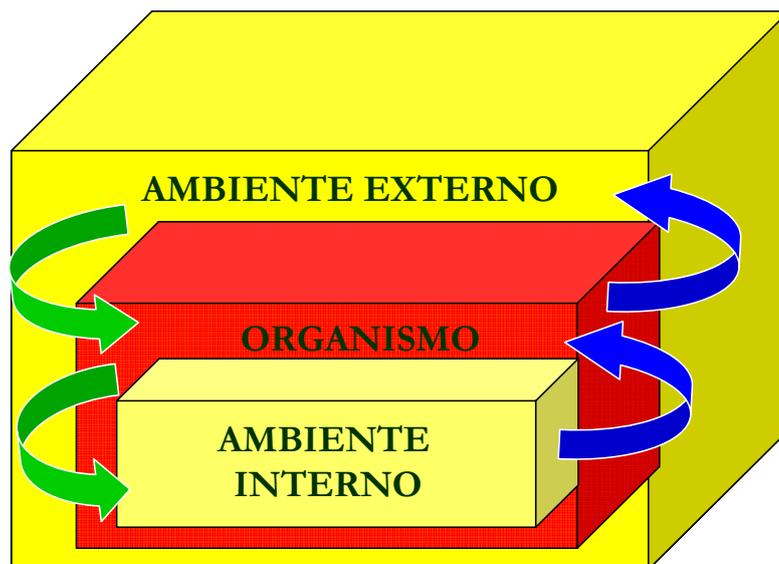


Figura 2: Interações entre níveis hierárquicos de complexidade.

²⁰ Essa é apenas uma das possíveis descrições hierárquicas, outros tipos de hierarquias podem ocorrer, por exemplo, hierarquias funcionais ou de controle (ver Korn, 2005).

A teoria hierárquica está relacionada com a emergência de novas qualidades e sua posição filosófica, o emergentismo (ODUM, 1988; KORN, 2005; COLLIER e MULLER, 1998). O emergentismo entende que novidades qualitativas surgem, quando sistemas materiais alcançam um nível de complexidade, apresentando um tipo genuinamente novo de estado de relação entre seus componentes. Segundo El-Hani (2002b, p.234), o sistema triádico proposto por Salthe permite “explicar a emergência com base nas condições de restrição impostas pelos níveis superior e inferior à dinâmica dos eventos no nível focal”.

Tomando como exemplo um organismo unicelular, seu padrão organizacional emergente depende das interações ocorridas no nível imediatamente inferior (interações moleculares) e no nível imediatamente superior (restrições impostas pelo ambiente na configuração do organismo). O organismo unicelular, no entanto, não deve ser compreendido apenas como ponto de encontro entre os níveis inferior e superior, deve-se considerar ainda a sua história evolutiva e a inserção em um meta-sistema mais amplo. O organismo é caracterizado pela autonomia agencial, o que implica que ele tem regras próprias e flexibilidade na interação com o meio externo, agindo sobre esse e modificando-o, não podendo ser considerado apenas um ente passivo. Os níveis [Ambiente Externo [Organismo [Ambiente Interno]]] descrevem um determinado momento no espaço, mas, quando se considera a evolução temporal, percebe-se que os limites, entre esses níveis, estão em constante reconstrução e não podem ser considerados estáticos. Portanto, o organismo se reconstrói em sua ação no ambiente. A figura 3 mostra de maneira esquemática as interações de um organismo ao longo do tempo (ontogênese).

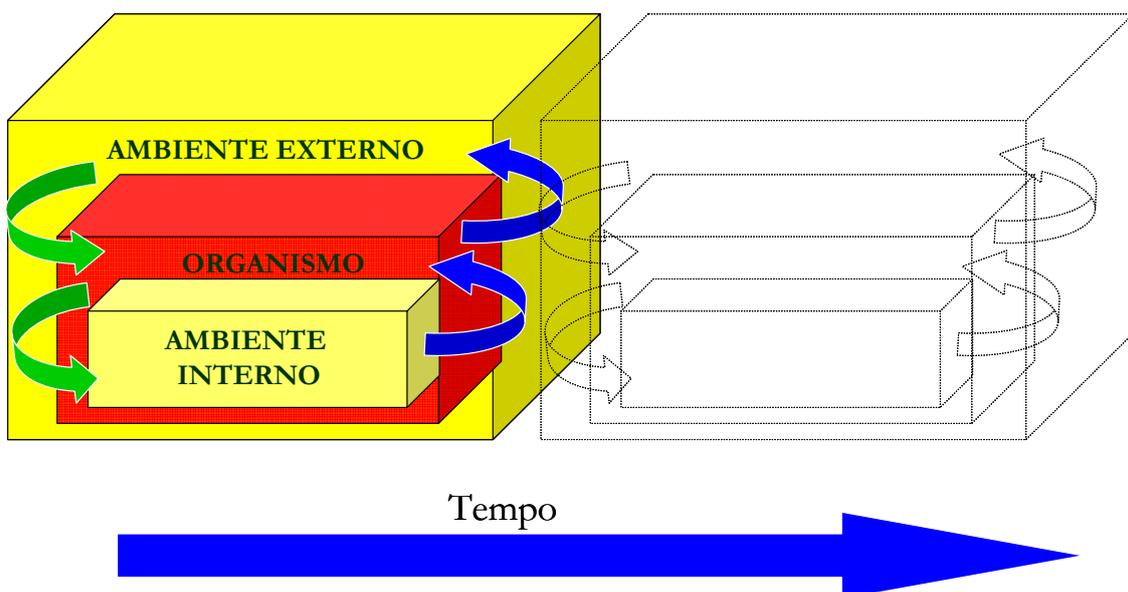


Figura 3: Relação hierárquica entre níveis ao longo do tempo

A representação hierárquica do fenômeno biológico está relacionada com o aparecimento de propriedades emergentes em determinados níveis de complexidade. Essa discussão será detalhada no item a seguir.

1.3.7. O emergentismo e a natureza das propriedades emergentes

O termo emergência é utilizado ordinariamente para designar o aparecimento de uma determinada entidade. Além desse uso cotidiano, a emergência tem significados técnicos específicos. Stephan (1999, p. 49) destaca que no sentido técnico a emergência denota o aparecimento de uma ordem secundária por meio de interações de propriedades de ordem primária. Mayr (1998), Jones (2002), Johnson (2006) e Boogerd *et al* (2005) entendem que o termo no contexto científico 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. A explicação de emergência de Mayr (1998) destaca essa idéia:

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).

O emergentismo é uma posição filosófica que está relacionada historicamente com o organicismo e a aceitação de que existem propriedades que emergem apenas em certo nível de complexidade. O emergentismo floresceu na primeira metade do século XX como a primeira formulação sistemática do fisicalismo não-redutivo²¹. A idéia da existência de propriedades emergentes começou formalmente com os trabalhos de John Stuart Mill em *A system of Logic, Ratiocinative and Inductive* (1843), no qual se propõe que há dois tipos de

²¹ O fisicalismo não-redutivo entende que tudo que existe no mundo são agregados de partículas elementares e suas interações, mas, aceita o surgimento de propriedades qualitativamente novas em níveis superiores de organização, que não podem ser explicadas apenas pela descrição das partes que as constituem.

causação: uma em que o todo é igual à soma das partes e outra no qual o todo tem características não identificadas em nenhuma de suas partes (KORN, 2005). O primeiro tipo de causação pode ser exemplificado em mecanismos nos quais a combinação de dois vetores é a média de seus ângulos e a soma de suas magnitudes. Enquanto para entender o segundo tipo de causação, pode-se pensar, por exemplo, na molécula de água sendo constituída por átomos de oxigênio e hidrogênio. A água tem propriedades que aparecem na interação entre seus átomos, mas que não estão presentes nestes (KORN, 2005).

No século XX, a partir dos trabalhos de Lloyd Morgan, a emergência se tornou um foco do debate filosófico. Morgan combinou em sua teoria da evolução emergente as idéias de Darwin sobre o caráter contínuo da mudança evolutiva e as idéias de Wallace sobre o surgimento de novidades qualitativas ao longo do processo evolutivo (EL-HANI, 2002a).

Para Mayr (1998, p.84) duas afirmações *falsas* sobre o emergentismo devem ser rejeitadas: (1) que os emergentistas são vitalistas. Segundo Mayr esta assertiva está relacionada ao fato de que o emergentismo no século XIX esteve em muitos pensadores associado ao vitalismo, no entanto, essa afirmação não é válida para os emergentistas modernos que aceitam a redução constitutiva dos organismos vivos; (2) que o emergentismo acredita que os organismos só podem ser estudados como um todo. Entretanto, o que os emergentistas afirmam é que a redução explicativa é incompleta (não que ela não pode ser realizada), pois novos caracteres emergem em níveis superiores de complexidade dos sistemas hierárquicos. Assim, os sistemas complexos devem ser estudados a cada nível, pois cada nível é dotado de propriedades que não se revelam nos níveis inferiores.

Mayr (1998) defende a utilização do termo emergência para designar as novas propriedades do todo, mesmo esse termo sendo objeto de crítica por ter estado em determinado momento histórico associado ao vitalismo. Para o autor:

Alguns autores recentes têm rejeitado o termo “emergência” como sendo contaminado de um indesejável conteúdo metafísico. [...] De qualquer maneira, tantos são os autores que hoje em dia adotam o termo “emergência” – e, como o termo “seleção”, ele foi “purificado” pelo freqüente uso nesse sentido (eliminando-se as conotações vitalista e finalista) – que não vejo razões para não adotá-lo (MAYR, 1998, p. 84).

Além da “purificação” do termo emergência como ressaltado por Mayr, esse termo esteve associado a importantes discussões epistemológicas da Biologia, uma vez que:

[...] tem sido uma das principais fontes de oposição a molecularização das ciências biológicas, destacando que o objetivo principal dessas ciências é o estudo das propriedades emergentes (observadas ao nível do sistema biológico como um todo) e da organização observada nos sistemas biológicos. A natureza da biologia é, desta perspectiva, a de uma ciência da organização viva (CASTRO e EL-HANI, 2004).

Apesar da importância do pensamento emergentista para ressaltar a biologia como uma ciência autônoma, com objeto de pesquisa próprio, o emergentismo passou por um longo período de esquecimento e apenas recentemente foi revitalizado pelas ciências da complexidade, estando relacionado com as explicações de propriedades emergentes da vida e da mente (EL-HANI e EMMECHE, 2000). O emergentismo pode ser pensado pelas seguintes reivindicações teóricas (EL-HANI e EMMECHE, 2000; EL-HANI, 2002a; EL-HANI e QUEIROZ, 2005a):

- Fisicalismo ontológico (ou monismo físico) – tudo que existe no mundo são partículas elementares e seus agregados e interações.
- Novidade qualitativa – evolução é um fenômeno universal de mudança que produz novidades qualitativas em todos os domínios da realidade.
- Propriedades emergentes – novidades qualitativas resultam da emergência, quando agregados de partículas ganham um nível próprio de complexidade organizacional que não está presente em suas partes.
- Teoria de níveis – a realidade pode ser descrita como uma estrutura de níveis irreduzíveis, cada nível consistindo de pelo menos uma propriedade emergente.
- Irreduzibilidade dos emergentes – Propriedades emergentes não são redutíveis à estrutura da qual emerge.
- Causação descendente – entidades de nível superior manifestam novas forças causais afetando seus constituintes, então eventos de nível inferior ocorrem de forma diferente quando fazem parte de um sistema mais amplo.

Stephan (1999, p.49) reconhece três principais variedades de emergentismo fisicalista que enfatizam diferentes pontos das reivindicações acima:

- *Emergentismo fraco*: compatível com o fisicalismo reduutivo assume: o monismo físico (ou fisicalismo ontológico), a existência de propriedades sistêmicas e a determinação sincrônica de um sistema²².
- *Emergentismo sincrônico*: ocupa-se da relação mereológica (entre partes e todos) das propriedades de um sistema e sua micro-estrutura. A noção central é a de irreduzibilidade.
- *Emergentismo diacrônico*: enfoca a noção de imprevisibilidade e a evolução emergente. Enfatiza a noção de *novidade genuína*. Uma estrutura é nova porque não poderia ser prevista teoricamente antes de sua primeira aparição. Emergentistas tipicamente defendem por um lado, a idéia de que propriedades emergentes não podem ser teoricamente previsíveis antes de sua primeira exemplificação, mas as consideram indutivamente previsíveis após o seu surgimento.

O pensamento emergentista está estreitamente relacionado com os níveis hierárquicos de organização (ODUM, 1988; KORN, 2005; COLLIER e MULLER, 1998). Para a compreensão da existência de propriedades emergentes é necessário primeiro o reconhecimento de uma representação hierárquica de mundo, ou seja, que se podem reconhecer diferentes níveis de realidade. Por exemplo, Odum (1988, p.3) 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”. Na estrutura hierárquica, entidades de um determinado nível podem restringir a ação de um nível inferior. De acordo com Korn (2005), os componentes de uma estrutura hierárquica têm menor liberdade de atividade quando faz parte desta do que quando não fazia, pois as relações entre níveis limitam a liberdade de um componente individual.

Reconhecendo que propriedades emergentes só são compreendidas por meio de uma representação hierárquica da realidade, o fisicalista não-reduutivo (ou emergentista) enfrenta dois principais problemas. O primeiro diz respeito a aparente dualidade contida na

²² Na determinação sincrônica as propriedades e comportamentos de um sistema dependem das propriedades e arranjos de suas partes (Stephan, 1999).

seguinte questão: se ele reconhece que todos os eventos de nível superior são realizados por eventos, estados e propriedades físicas, como novidades genuínas podem surgir? O segundo problema é explicar em que sentido o todo modifica suas partes componentes (sem deixar a base física da explicação) e como esta modificação resulta na emergência de novas propriedades. O passo crucial para a compreensão de propriedades emergentes é explicar a forma de causalidade existente entre todo e partes.

O primeiro problema está relacionado com a definição do que é redução e quais as formas de irredutibilidade. Segundo El-Hani e Queiroz (2005a; 2005b), podem-se reconhecer dois modos de irredutibilidade:

- *Não-analisabilidade* – propriedades sistêmicas que não podem ser analisadas em termos do comportamento das partes são necessariamente irredutíveis. Exemplo desse discurso: *Qualia* (qualidades fenomenais da experiência humana) que para alguns filósofos deveriam ser considerados fatos brutos, inexplicáveis, ao menos pelo conhecimento científico.
- *Não-dedutibilidade dos comportamentos das partes do sistema* – uma propriedade sistêmica será irredutível se ela for determinada sincronicamente pelo comportamento específico que as partes exibem no interior de um sistema de certo tipo, e este comportamento, por sua vez, não seguir do comportamento que os componentes apresentam quando isolados, ou quando no interior de sistemas mais simples. Este conceito de irredutibilidade está relacionado ao conceito de *causação descendente*.

El-Hani e Queiroz (2005a, 2005b) defendem em relação ao conhecimento biológico apenas o modo de irredutibilidade por não-dedutibilidade de comportamentos de partes de um sistema. Segundo os autores, a não-analisabilidade não permite um estudo científico do fenômeno em questão. A irredutibilidade por não-dedutibilidade é mostrada na *figura 4*.

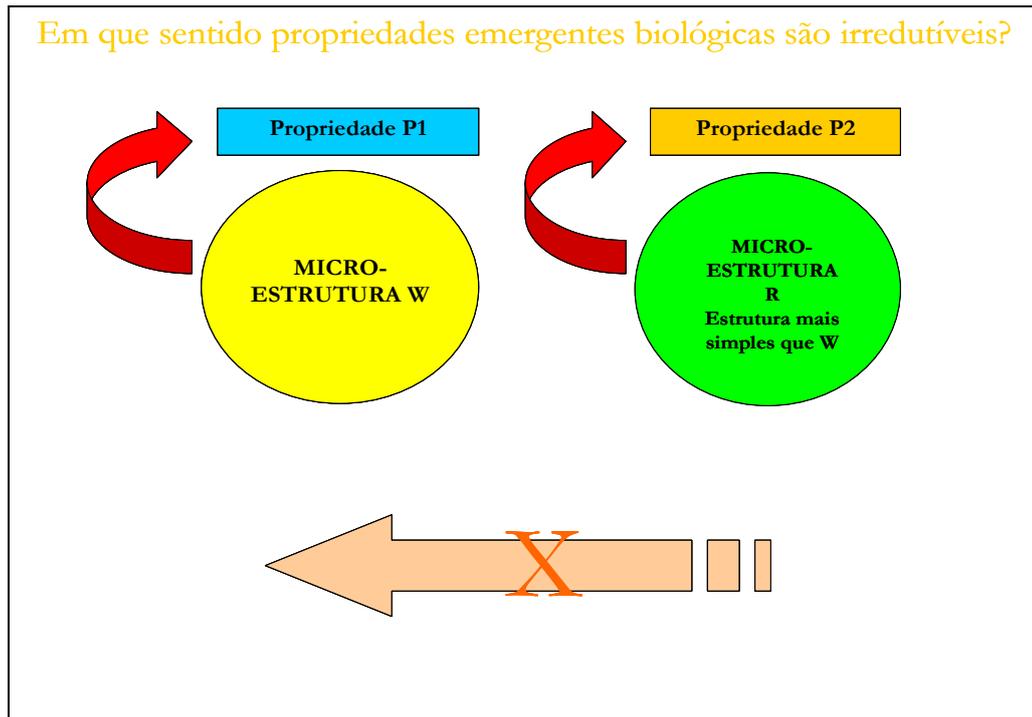


Figura 4: Definindo irredutibilidade por meio da não-dedutibilidade dos comportamentos das partes do sistema pelo conhecimento do comportamento dessas partes em sistemas mais simples.

Portanto, propriedades emergentes podem ser consideradas redutíveis por analisabilidade, mas não são redutíveis por dedutibilidade. A tese de que propriedades emergentes são sincronicamente determinadas por suas condições basais não coloca em risco a irredutibilidade das propriedades emergentes por não-dedutibilidade, mas apenas a irredutibilidade por não analisabilidade.

O segundo problema considerado acima está relacionado com a causação descendente, ou seja, em explicar como o todo determina e limita a relação entre suas partes. El-Hani e Emmeche (2000) propõem uma versão de causação descendente no qual a forma ou estrutura do sistema limita e seleciona o comportamento de suas partes. Portanto, os elementos que compõem determinado sistema assumem um comportamento específico devido à própria organização e estrutura global do sistema em que estão inseridos. Por exemplo, moléculas químicas possuem um comportamento distinto quando se encontram dentro de uma estrutura celular. Isso ocorre devido ao próprio tamanho, formato e compartimentalização da célula.

As propriedades emergentes são aquelas que surgem no nível do sistema como um todo e que não tem paralelo com propriedades das partes que compõem o sistema. A emergência de um ser vivo na história da Terra primitiva é um exemplo de propriedade

emergente. Até o surgimento de um primeiro ser vivo mediante a interação de numerosas moléculas, não se tinha algo como a “vida” em outros elementos que formavam o planeta Terra. Outro exemplo de propriedade emergente diz respeito aos sentidos humanos, a visão de uma cor ou a sensação de um cheiro surge da interação de uma série de elementos do corpo humano (no qual o sistema nervoso tem um papel importante, mas não único) e seu ambiente externo. É possível tentar descrever e analisar esses sentidos por meio de impulsos nervosos, mas essa descrição será incompleta se não descrevermos esse sentido como vivenciado pelo organismo como um todo.

É necessário pontuar que, apesar do conceito de emergência e auto-organização muitas vezes ocorrerem conjuntamente nos fenômenos biológicos, são conceitos distintos que apresentam características próprias. Para Wolf e Holvoet (2005), a importância de ressaltar esse aspecto é que na literatura frequentemente esses conceitos se confundem e são utilizados como sinônimos. Segundo os autores, os conceitos de emergência e auto-organização descrevem características diferentes do comportamento do sistema. Assim, um sistema exibe emergência quando “emergentes de macro-nível surgem da interação entre as partes do micro-nível, tais emergentes são novidades que não estavam presentes nas partes do sistema” (WOLF e HOLVOET, 2005, p. 3, *tradução nossa*). Enquanto, a “auto-organização é um processo dinâmico e adaptativo, onde o sistema adquire e mantém a estrutura e função por si mesmo, sem controle externo” (WOLF e HOLVOET, 2005, p.7, *tradução nossa*). As especificidades no conceito de emergência e auto-organização estão destacadas na figura 5.

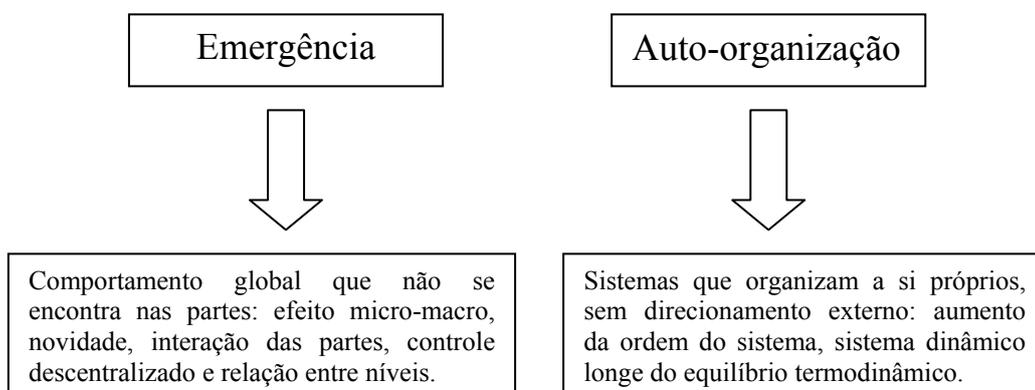


Figura 5: Particularidades do conceito de emergência e auto-organização.

1.4. Explicando o conceito de organismo

A idéia de ser vivo, tanto no ensino, quanto no conhecimento biológico tem sido freqüentemente representada por uma lista de propriedades que não são necessárias e nem suficientes para definir os seres vivos. Essas listas, em geral, não estabelecem relações entre as propriedades, buscando assim uma elucidação do conceito de organismo vivo.

A partir dos elementos discutidos anteriormente, destaca-se que os seres vivos possuem as seguintes características: auto-organização, representação hierárquica, propriedades emergentes, agência e evolução. Essa lista de propriedades apenas cumpre o papel do *explicandum* no sentido de Carnap (1950). No entanto, essas características estão intrinsecamente relacionadas, quando são explicitadas as relações entre essas características caminha-se no sentido de fornecer uma explicação sistemática do conceito de organismo, o *explicatum*.

A seguir, retomam-se os conceitos fundamentais discutidos no item 1.3 procurando relacioná-los em uma explicação de organismo. Cabe ressaltar que a explicitação do conceito de organismo que se segue provém de uma síntese da discussão anterior e está especialmente fundamentada em um conjunto de trabalhos na área, tais como: Kauffman (1993; 1997); Ruiz-Mirazo *et al* (2000); Lewontin (2002); Pereira Jr. *et al* (2004); Ruiz-Mirazo, *et al* (2004); Moreno (2004) e Etxerrebria e Moreno (2007). Dessa forma, podem-se indicar as seguintes idéias na caracterização do conceito de organismo:

- a. Sistema complexo, com *fechamento organizacional* obtido por meio de *relações circulares* entre as partes do sistema, configurando coesão ao sistema e gerando uma barreira que separa o sistema do ambiente externo.
- b. As *relações circulares* e o *fechamento organizacional* gerados dentro do próprio sistema são considerados um tipo de *processo auto-organizado*. Um sistema auto-organizado se mantém longe do equilíbrio termodinâmico, mantendo vias de estabilidades e regras geradas dentro do próprio sistema.
- c. Os seres vivos apresentam um tipo particular de *auto-organização* chamada de *autonomia agencial*, ou seja, a identidade do sistema aparece como uma organização estável da qual se derivam ações para o exterior do sistema. O agente autônomo, ou seja, o organismo, é definido pela *perspectiva hierárquica*, sendo considerado o nível

do organismo aquele que apresenta maior integração funcional quando comparado aos níveis superiores de organização.

- d. No nível orgânico aparecem propriedades que não existiam em suas partes, portanto, os organismos apresentam *propriedades emergentes*. As próprias ações dos organismos acontecem no nível orgânico, portanto a capacidade de *agência* pode ser considerada uma *propriedade emergente* desse nível de *representação hierárquica*.
- e. Os organismos estão integrados em níveis hierárquicos superiores de organização, tais como populações e ecossistemas. A inserção nesses níveis configura uma influência na manutenção do nível orgânico, por exemplo, em uma relação entre diferentes espécies o produto da decomposição de uma bactéria pode ser utilizado como matéria prima para outros organismos. Assim, os organismos são unidades autônomas *coletivamente organizadas*, inseridos em processos ecológicos e evolutivos.

Alguns termos foram destacados nas considerações acima para evidenciar a relação conceitual entre eles e como eles acabam por se justificarem. Dessa forma, integram-se os diferentes conceitos discutidos para a explicação do conceito de organismo, um *explicatum*, que pode ser explicitado de forma resumida na seguinte forma: *um organismo é uma unidade autônoma, histórica e evolutivamente construída, possuindo propriedades que emergem no nível orgânico*. Essa explicação de organismo engloba os conceitos de níveis hierárquicos, auto-organização, autonomia, agência, evolução e propriedades emergentes discutidos anteriormente. O destaque na capacidade de agência permite compreender o organismo como tendo um papel ativo no seu ambiente, contrapondo-se à visão do organismo como ente passivo relacionado tanto a discussão do determinismo genético quanto da teoria sintética da evolução. Outro ponto a ser destacado é que essa unidade autônoma que é o organismo (ser vivo) tem uma existência temporal limitada e não pode ser confundida com o conceito de vida, que inclui o conceito de ser vivo, mas é mais geral abrangendo os diferentes níveis de organização biológica, como será visto no capítulo 2.

Cabe ressaltar que a compreensão do *organismo como uma unidade autônoma, histórica e evolutivamente construída, possuindo propriedades que emergem no nível orgânico*, nos termos destacados até o momento na tese, é mais adequada ao ensino superior, uma vez que exige alto grau de abstração. Entretanto, podem-se destacar dois pontos que se refletem na educação básica: 1) o estudo desse conceito é um importante elemento para a formação de um corpo conceitual sistêmico na formação de professores de biologia. Dessa forma, a compreensão da natureza do conhecimento biológico pode auxiliar os futuros

professores a relacionar conceitos nas situações de ensino de biologia; 2) uma noção do conceito de organismo proposto pode ser desenvolvida no Ensino Médio mediante a utilização de níveis hierárquicos de organização, nos quais propriedades emergentes podem surgir. Isso pode ser feito indiretamente por meio de exemplos de organismos e seus contextos fisiológicos, comportamentais e ecológicos. Para isso o professor deve ter claro o conceito de organismo e seu aspecto integrador. Uma tentativa de esclarecer como o conceito de organismo pode ser enfatizado, destacando sua centralidade numa rede de conceitos interligados é realizada no capítulo 3.

2. CAPÍTULO - O PAPEL DO ORGANISMO FRENTE ÀS EXPLICAÇÕES DE VIDA

No capítulo 1 discutiu-se como explicitar o conceito de organismo, no entanto, como aponta Ruiz-Mirazo *et al* (2000), o conceito de organismo expressa a idéia de seres vivos em oposição a uma visão global de vida. Partindo dessa consideração, procura-se a seguir discutir as possibilidades de explicações de vida encontradas na literatura contemporânea, no sentido de uma rede conceitual sistemática, ou seja, do *explicatum* de Carnap (1950), e como o conceito de organismo se coloca frente a essas explicações. Particularmente, busca-se saber se existem explicações de vida que possibilitam recolocar o organismo como um elemento central do conhecimento biológico. Além de analisar o papel do organismo nas diferentes explicações de vida, procura-se também avaliar a abrangência dessas explicações em relação aos três níveis hierárquicos estabelecidos na presente tese [ambiente externo [organismo [ambiente interno]]].

Como o objetivo desse trabalho não é fazer uma reconstrução histórica do conceito de vida, apenas são discutidas aqui tentativas de explicar o conceito de vida presentes no conhecimento biológico atual. Enfatizam-se cinco tipos de explicações de vida (vida como *conjunto de propriedades*, vida como *seleção de replicadores*, vida como *autopoiese*, vida como *interpretação de signos* e vida como *populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados*) que representam diferentes discussões apresentadas na literatura atual sobre o assunto.

Para analisar a abrangência das explicações de vida foram elaboradas categorias fundamentadas numa perspectiva hierárquica do conhecimento biológico. Essa abordagem foi escolhida pela compreensão que a organização hierárquica do conhecimento biológico é uma estratégia típica da Biologia (RUIZ-MIRAZO *et al*, 2000; EL-HANI, 2002b; CAMPBELL, 1993). Essa estratégia fica explícita nas palavras de Campbell no livro-texto *Biology*:

A organização biológica é baseada na hierarquia de níveis estruturais, cada qual construído a partir de níveis inferiores. Átomos, blocos de construção química da matéria, são ordenados dentro de moléculas biológicas complexas tais como as proteínas. As moléculas da vida são arranjas dentro de estruturas chamadas organelas, que estão entre os componentes das células. Alguns organismos consistem de células simples, mas outros, incluindo as plantas e animais, são agregados de muitos tipos especializados de células. Em tais organismos multicelulares, células similares são agrupadas em tecidos e arranjos específicos de diferentes tecidos formam órgãos. [...] Desvelar a organização biológica em seus muitos níveis, da arquitetura molecular a estrutura do ecossistema, é fundamental para o estudo da vida (CAMPBELL, 1993, p.3-4, *tradução nossa*).

Essa representação típica da organização biológica é encontrada tanto em livros-texto do Ensino Superior quanto em livros didáticos de biologia do Ensino Médio e pode ser esquematizada da seguinte forma dos níveis mais básicos de organização em direção a níveis mais complexos:

Níveis de organização relativos aos seres vivos multicelulares	Categorias Hierárquicas	Níveis de organização relativos aos seres vivos unicelulares	Categorias Hierárquicas
Átomo	Ambiente Interno (nível genético/molecular/celular)	Átomo	Ambiente Interno (nível genético/molecular)
Moléculas		Moléculas	
Células			
Tecidos			
Órgãos			
Sistemas			
Organismos multicelulares	Organismo (Nível orgânico)	Organismos unicelulares	Organismo (Nível orgânico)
Populações	Ambiente Externo (Nível Ecológico)	Populações	Ambiente Externo (Nível Ecológico)
Comunidades		Comunidades	
Ecossistemas		Ecossistemas	
Biosfera		Biosfera	

QUADRO 1: Níveis hierárquicos de organização biológica e as categorias hierárquicas.

Considerando o conceito de organismo como um elemento estruturante do conhecimento biológico e da estrutura hierárquica apresentada, pode-se considerar seu ambiente interno e externo. Assim, para avaliar o papel do organismo e se as explicações de vida enfatizam conceitos de diferentes níveis de organização, proporcionando uma visão integrada da Biologia, elaboraram-se as seguintes categorias de análise apoiadas no estruturalismo hierárquico de Salthe (1985; 2001): [Ambiente Externo (nível ecológico [Organismo (nível orgânico) [Ambiente Interno (nível genético/molecular)]]]. Estas categorias representam de forma geral os fenômenos biológicos²³. Essa tríade representa um momento singular no espaço e não considera o fator tempo. Quando se acrescenta o tempo nesse esquema, as relações entre os níveis passam a ser dinâmicas e é necessário considerar os aspectos evolutivos perpassando as relações entre esses três níveis. Apesar de a evolução

²³ A representação hierárquica utilizada na presente tese funciona, de modo pragmático, como uma ferramenta metodológica/epistemológica, sendo apenas uma das formas de organizar e representar o conhecimento biológico. A análise das explicações de vida por meio de categorias construídas a partir dessa abordagem hierárquica é útil aos objetivos deste trabalho, uma vez que, procura-se analisar o papel do conceito de organismo no conhecimento biológico e enfatizar a importância da centralidade desse conceito.

perpassar os três níveis e ter caráter dinâmico, ela atua principalmente de uma perspectiva externalista, pois são principalmente os fatores ambientais que atuam de modo seletivo sobre a variedade de indivíduos (BOWLER, 1989). Assim, consideram-se os aspectos evolutivos na categoria *ambiente externo* para facilitar a análise das explicações de vida.

Uma explicação suficiente ampla de vida enfatizaria esses três níveis básicos de organização do conhecimento biológico, incluindo os aspectos evolutivos, assim, estabeleceu-se uma análise comparativa das explicações sistemáticas de vida apresentadas. Por fim, discutiu-se como a explicitação do conceito de organismo do capítulo 1 se relaciona à explicação de vida como *populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados*.

Nesse capítulo, portanto, objetivou-se: (1) avaliar o papel que o organismo desempenha nas seguintes explicações de vida: vida como *conjunto de propriedades*; vida como *seleção de replicadores*; vida como *autopoiese*; vida como interpretação de signos; e vida como *populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados*; (2) investigar quais níveis de organização do conhecimento biológico [ambiente externo [organismo [ambiente interno]]] são enfatizados nas explicações de vida analisadas, verificando a abrangência dessas explicações; (3) Explicitar como a noção de vida como *populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados* se coaduna com a explicação do conceito de organismo proposta no capítulo 1.

2.1. O conceito de vida em debate

O conceito de vida é central no conhecimento biológico, no entanto, apesar desta centralidade e da aparente facilidade em distinguir entre um organismo vivo e um objeto inanimado, a elaboração de uma explicação sistemática do conceito de vida tem sido controversa ao longo da história da biologia.

A discussão do conceito de vida, no século XIX, surgiu como uma forma de unificar uma área do conhecimento que se preocupava em estudar os seres vivos, essa área passa a ser chamada por Burdach, Treviranus e Lamarck de Biologia. Com o surgimento da Biologia, explicar vida passa a ser um problema de cunho científico (Foucault, 2000). Dessa forma, no século XIX, surgiram teorias evolucionistas que buscaram estabelecer relações entre os seres vivos e promoverem explicações que perpassavam toda a diversidade biológica.

Nessa época, também foram enfatizadas teorias que buscavam a existência de forças ou essências que caracterizariam os seres vivos, ou seja, destacaram-se as teorias vitalistas na compreensão da vida.

Com a queda do pensamento vitalista, como destaca Mayr (2005), cresce certo ceticismo sobre a possibilidade de se definir vida. Contudo, o conceito de vida por ser objeto da Biologia deve ser explicitado e constituir-se em elemento integrador de outros conceitos biológicos, essa discussão tem sido retomada principalmente dentro da Biologia Teórica.

Para compreender como o conceito de vida, em geral, está sendo representado na contemporaneidade, pode-se verificar sua explicitação em alguns dicionários de filosofia e em dois livros-texto de Biologia.

A verificação de dicionários de filosofia demonstra que o conceito de vida é apresentado de diferentes formas. No dicionário Vocabulário Técnico e Crítico da Filosofia de André Lalande, destacam-se os seguintes sentidos do termo:

A. Conjunto de fenômenos de toda espécie (particularmente de nutrição e de reprodução) que, para os seres que tem um grau elevado de organização, se estende do nascimento (ou da produção do germe até a morte) [...]. **B.** Característica desses fenômenos enquanto se opõem à morte [...]. **C.** Maneira de viver [...]. **D.** [...] todo o conjunto de fenômenos no qual se observa, ou se crê observar, características análogas às da vida, no sentido A.: atividade, organização, manutenção de certa forma mais ou menos durável apesar da renovação ininterrupta da matéria, transformação irreversível, adaptação a circunstâncias exteriores. **E.** [...] conjunto dos fenômenos apresentados por certos corpos e dos quais o essencial é a nutrição. **F.** Princípios dos fenômenos da vida [...] força de natureza especial da qual os consideramos como uma manifestação [...]. (LALANDE, 1999, p. 1211-1212).

Os sentidos **A**, **D** e **E** estão relacionados a um conceito biológico de vida e apresentam uma noção de vida como um conjunto de propriedades específicas tais como movimento e nutrição. O princípio **F** está relacionado a uma noção de vida como uma força especial e se coaduna com o movimento vitalista que reivindicava a existência de uma força vital, esse sentido, apesar de estar intrinsecamente relacionado com a História da Biologia e trazer contribuições na construção da Biologia, não é aceito no contexto científico da atualidade, como aponta Mayr (2005).

No Dicionário de Teoria do Conhecimento e Metafísica é destacado o uso do termo vida na linguagem cotidiana em três sentidos: “Na linguagem cotidiana, vida é compreendida como *estado* (ao contrário do estar morto), como *processo* (movimento, atividade) ou como *duração* (entre nascimento e morte)” (RICKEN, 2005). Nesse mesmo dicionário se reconhece a dificuldade em se explicitar o conceito de vida e no lugar de

procurar elucidar esse conceito procura-se definir o conceito de *animado*, justificando essa estratégia pelo fato de que a explicação de vida pressupõe o conceito de sistema animado. Contudo, a explicação de sistemas *animados* se faz através de critérios necessários individualmente e suficientes em conjunto. Entre esses critérios são citadas as seguintes características:

Delimitação quanto ao espaço, alta complexidade, estruturação acurada, controle hierárquico; metabolismo, equilíbrio de fluxo, auto-regulação, constância de sistemas, sistemas que visam à preservação da espécie (teleonomia); crescimento dirigido por um programa, multiplicação (replicação), hereditariedade; excitabilidade, capacidade reativa, mutabilidade; capacidade de evoluir (RICHEN, 2005, p.294).

A explicação de vida, nessa perspectiva, ocorre mediante a definição de sistemas animados por meio de um conjunto de propriedades. Segundo Richen (2005), entre essas propriedades consideram-se suficientes para a explicação de sistemas animados: metabolismo, hereditariedade e mutabilidade. Acrescido de um quarto critério que seria o efeito recíproco entre portadores de informação e portadores de função (portanto entre ácidos nucleicos e proteínas).

No Dicionário de Filosofia de Nicola Abbagnano é encontrada uma explicação de vida próxima às das discussões da Filosofia da Biologia atual, levando em consideração a capacidade de automanutenção dos seres vivos e sua autonomia. A vida seria então “característica que têm certos fenômenos de produzirem ou se regerem por si mesmos, ou a totalidade de tais fenômenos” (ABBAGNANO, 2000, p.1000).

No livro *Biology* de Campbell (1993, p.4), encontra-se a seguinte referência em relação à noção de vida “A característica básica da vida é seu alto grau de ordem”, enfatizando, em seguida, a organização hierárquica do fenômeno biológico. No entanto, esse autor destaca que a *vida* resiste a uma definição simples por estar associada a inúmeras propriedades emergentes, concluindo que apesar da facilidade em reconhecermos seres vivos não se tem a mesma facilidade em definir vida. Segundo o autor “ainda que quase qualquer criança perceba que um cachorro ou um inseto ou uma árvore são vivos e uma rocha não é. Nós podemos reconhecer vida sem defini-la, e nós reconhecemos vida por aquilo que as coisas vivas fazem” (CAMPBELL, 1993, p.4, *tradução nossa*). Em seguida destaca os seguintes processos e propriedades como característicos dos seres vivos: ordem, reprodução,

crescimento e desenvolvimento, utilização energética, resposta ao ambiente, homeostase e adaptação evolutiva.

Em um outro livro-texto de Biologia, Enger *et al* (1991) caracterizam a vida por quatro características encontradas nos seres vivos: (1) processos metabólicos, (2) processos gerativos, (3) processos responsivos e (4) processos de controle. Os autores explicam cada uma dessas características separadamente, não procurando a interligação dessas características numa rede conceitual que propiciaria a construção de uma explicação sistemática do conceito de vida.

Percebe-se que muitas das tentativas em elucidar o conceito de vida ficam restritas apenas a listagem de propriedades dos seres vivos, nas quais se destacam, entre outros, aspectos como complexidade, organização, metabolismo, reprodução, natureza histórica e evolutiva, material genético, desenvolvimento e singularidade química. Diferentes autores listam diferentes propriedades, não havendo um consenso de uma lista de propriedades necessárias e suficientes para caracterizar a vida. Além disso, como Boden (1996, p.1) argumenta, muitas explicações de vida englobam uma série de propriedades que são elas mesmas problemáticas, tais como: auto-organização, emergência, autonomia, crescimento, desenvolvimento, reprodução, evolução, adaptação, responsividade e metabolismo.

Devido a essa dificuldade de se encontrar uma explicação do conceito de vida, alguns autores entendem que não existe a possibilidade de se definir vida, mas apenas processos que ocorrem nos seres vivos. Nas palavras de Mayr (1998):

Tentativas para definir a “vida” foram feitas com freqüência. Tais esforços são simplesmente fúteis, pois hoje está perfeitamente claro que não há uma substância especial, um objeto, ou uma força que possam ser identificados com a vida. Contudo os processos da vida podem ser definidos. Não há dúvida que os organismos vivos possuem certos atributos que não se encontram, ou não se encontram da mesma maneira, nos objetos inanimados (MAYR, 1998, p.71).

Nessa citação é possível perceber que para Mayr as tentativas frustradas de definição de vida estiveram relacionadas à procura de uma força e/ou substâncias específicas dos seres vivos – o autor refere-se aqui as tentativas realizadas pelo vitalismo, que buscava encontrar uma força vital presente nos seres vivos. No entanto, como será visto a seguir as explicações de vida presentes na literatura atual procuram explicitar o conceito de vida não pela presença de uma substância ou força especial, mas por uma rede de relações específicas, um tipo de organização particular dos componentes materiais.

Essa dificuldade em estabelecer algum consenso quanto às propriedades necessárias para caracterizar um ser vivo levou a uma conduta cética entre os biólogos quanto à possibilidade de se elaborar uma explicação sistemática de vida (EMMECHE e EL-HANI, 2000; RUIZ-MIRAZO *et al.*, 2004). Emmeche e El-Hani (1999) destacam que:

[...] definições de vida raramente são discutidas em profundidade ou sequer mencionadas em livro-texto ou dicionários de biologia, um reflexo da atitude cética e empirista geral frente ao que é tomado como especulação “meramente teórica” ou metafísica em contraste com os “fatos” da pesquisa experimental (EMMECHE e EL-HANI, 1999, p.5).

Esse ponto de vista é compartilhado por Bedau (1996, p.332) que aponta que a maioria dos filósofos atuais ignora a questão de discutir o que é vida porque esse tema parece-lhes muito “científico”, enquanto os biólogos não têm uma discussão séria e sistemática sobre o tema porque este lhes parece muito “filosófico”.

Emmeche e El-Hani (1999) propõem a existência de uma visão *tradicional da definição de vida* que parece constituir a visão dominante na biologia:

- (i) A vida como tal não pode ser definida; daí porque uma visão clara não é encontrada.
- (ii) A questão da definição de vida não é importante para a biologia.
- (iii) Processos vivos, contudo, podem ser definidos ou, ao menos, aproximadamente distinguidos dos processos inorgânicos através de uma lista de propriedades características.
- (iv) As dificuldades de se delimitar tal conjunto de propriedades são reconhecidas, mas não são consideradas sérias [...]. Seres vivos particulares podem não apresentar todas as características citadas, de modo que a lista não corresponde a um conjunto de propriedades necessárias e suficientes; ela pode ser mais vaga e redundante.
- (v) Embora a vida seja um fenômeno físico, a biologia lida com sistemas de uma complexidade tão vasta que não podemos na prática ter esperança de reduzi-la a física. [...] (EMMECHE e EL-HANI, 1999).

Ricken (2005), por exemplo, compartilha dessa visão tradicional indicando que uma definição de vida não é importante para o desenvolvimento do conhecimento biológico. Isso pode ser verificado na citação seguinte:

No entanto, certo mesmo é que uma definição dessas é difícil, de modo que, por razões prognósticas, com frequência se desiste dela. Isso não acarreta limitações para a pesquisa biológica, porque a subdivisão intuitiva de sistemas reais em animados e inanimados quase não gera dificuldades (RICKEN, 2005, p. 294).

Segundo Ruiz-Mirazo *et al* (2004), existem diferentes posições em relação à possibilidade de se definir vida: alguns autores são céticos sobre a possibilidade atual de assegurar numa linguagem científica relevante um fenômeno complexo e multifatorial como a vida; outros esperam que a Biologia Teórica torne-se mais rigorosa e significativa para definir esse conceito. Outros, ainda, consideram que não seria útil esse empreendimento, como em Ricken (2005), e que mesmo se fosse possível obter uma definição apropriada de vida, está teria pouca influência no desenvolvimento de programas de pesquisa em Biologia. Essas visões pouco otimistas da busca de uma explicação da natureza da vida estão relacionadas à dificuldade de capturar em um esquema conceitual a diversidade de fenômenos da vida, os quais possuem várias facetas em diferentes níveis de organização.

Bedau (1996) fazendo uma análise das posições sobre a natureza da vida encontradas entre biólogos indica três tipos de visões alternativas presentes na literatura: (1) vida como um conjunto de propriedades não firmemente fixadas, ou seja, propriedades que são tipicamente, mas não necessariamente, apresentadas pelos seres vivos; (2) vida como um conjunto específico de propriedades, com a apresentação de listas mais curtas que procuram ser condições necessárias e suficientes para a vida; (3) vida como metabolização, amparada na segunda lei da termodinâmica.

A primeira alternativa se aproxima da visão tradicional de definição de vida apontada por Emmeche e El-Hani (1999) e pode ser exemplificada por diferentes listas de propriedades de seres vivos encontradas na literatura, que não pretendem caracterizar a vida, mas apenas destacar propriedades tipicamente (mas não necessariamente) encontradas nos seres vivos. Por exemplo, Mayr (1998) constrói uma lista de oito propriedades que estão tipicamente presentes nos seres vivos, destacando que provavelmente esta lista é incompleta e um pouco redundante, ou seja, não constitui uma lista de propriedades suficientes e necessárias para definir um ser vivo. As características apontadas por Mayr são: complexidade e organização; unicidade química; qualidade; unicidade e variabilidade; posse de um programa genético; natureza histórica; seleção natural; indeterminismo.

A segunda visão alternativa da natureza da vida seria exemplificada de acordo com Bedau por listas mais curtas que procuram formular explicações de vida mais

consistentes e com conceitos interligados. Exemplos dessa visão, segundo Bedau (1996), seriam as listas propostas por Monod (1971), Crick (1981) e Maynard Smith (1986).

A terceira alternativa – amparada na termodinâmica – também sofre com críticas uma vez que incluiria em sua explicação fenômenos tais como a chama de uma vela e células de convecção. No entanto, para Bedau (1996, p.337) isso não representa um problema, pois uma explicação adequada de vida não necessitaria classificar como vivas apenas aquelas coisas que nós intuitivamente classificamos como vivas. Uma explicação adequada de vida deveria elucidar a diversidade unificada da vida. Assim, se a concepção de vida amparada na termodinâmica fosse capaz de explicar essa diversidade, então chamas de velas e células de convecção seriam consideradas como formas de vida. Mas para o autor, essa explicação não cumpre esse papel.

Para Bedau (1996), a aceitação da primeira alternativa – ou seja, que é possível apenas indicar algumas propriedades típicas dos seres vivos – só poderia ocorrer se as tentativas de explicações de vida mais consistentes não tivessem sucesso. Esse também é o ponto de vista defendido nessa tese, assim, considerando que existem tentativas explícitas de promover explicações de vida que ultrapassem a mera descrição de características tipicamente apresentadas pelos seres vivos, ainda que essas explicações apresentem certos obstáculos, devem-se entender essas explicações como um passo a mais na direção de explicações científicas de vida. Ou seja, no sentido de Carnap (1950), um movimento de uma explicação menos sistemática *explicandum* (pré-científica) para uma mais sistematizada *explicatum* (científica).

Apesar da existência de dificuldades para a definição vida, o interesse em delinear o conceito de vida por meio de um corpo teórico sistemático está se restabelecendo em áreas de pesquisa que trabalham com sistemas complexos, vida artificial, entre outras²⁴. Essas áreas têm informado a Biologia de diferentes maneiras e têm contribuído para as discussões epistemológicas do conhecimento biológico. Cameron (2001, p.447), por exemplo, ressalta que os estudos da área de Vida Artificial têm contribuído com a Biologia Teórica no sentido de deslocar o foco do estudo da “vida como ela é” para a vida como “poderia ser”. Nesse sentido, Langton (1996, p.39) ressalta que em princípio a Biologia é o estudo da vida, mas que na prática ela tem sido o estudo da vida na Terra, baseada em cadeia química de carbono. De acordo com Langton (1996):

²⁴ Para uma discussão sobre vida artificial ver Langton (1996); Langton (1998) e Cameron (2001).

Sem outros exemplos é extremamente difícil distinguir propriedades essenciais da vida – propriedades que devem ser partilhadas por qualquer sistema vivo em princípio – de propriedades que podem acontecer incidentalmente para a vida, mas que parece ser universal para a vida na Terra devido *somente* à combinação de acidente histórico local e descendência genética comum. Desde que, é muito improvável que organismos baseados em diferentes químicas se apresentem para estudo em um futuro próximo, nossa única alternativa é tentar sintetizar formas alternativas de vida por nós mesmos: Vida Artificial. (LANGTON, 1996, p.39, *tradução nossa*, grifo no original).

O programa de pesquisa da vida artificial, portanto, abre espaço para pensar numa explicação de vida geral, que se aplique a todas ou pelo menos a outras possíveis formas de vida. Essa área desenvolveu-se, segundo Langton (1996), a partir de uma abordagem sintética da biologia. Para o autor, a biologia tradicional esteve centrada numa perspectiva analítica, na qual se separa o todo em suas partes constituintes e se analisam essas partes de forma detalhada, por exemplo, para estudar os seres vivos este seria decomposto em órgãos, células e moléculas. O programa de pesquisa da vida artificial, por outro lado, considera que a vida tem aspectos dinâmicos que permanecem intocados pelos métodos tradicionais analíticos, pois estes processos dinâmicos são “fundamentalmente processos não-lineares que dependem criticamente da interação entre as partes: eles necessariamente desaparecem quando partes são tratadas isoladas uma das outras, que é a base para o método analítico” (LANGTON, 1996, p.40, *tradução nossa*).

Dessa forma, as discussões ocorridas no programa de pesquisa de vida artificial, juntamente com áreas que estudam sistemas complexos e processos auto-organizativos, têm promovido contribuições para a Biologia Teórica. Entretanto, a importância de uma explicação sistemática do conceito de vida não se restringe apenas a essas áreas. Considerando a vida como foco central do estudo da biologia, seria razoável supor que os biólogos tivessem interesse em delinear e explicar de forma mais adequada o seu objeto de pesquisa.

Emmeche e El-Hani (1999; 2000), considerando a importância de uma explicação geral de vida, não restrita a vida como é conhecida na Terra, propõem alguns requisitos que devem ser encontrados em uma explicação sistemática da natureza da vida: a) *generalidade*, abrangendo todas as formas de vida possível; b) *coerência* com as pesquisas atuais na Biologia, Química e Física; c) *elegância conceitual*, ou seja, deve ser capaz de organizar uma grande parte do conhecimento biológico, proporcionando unidade a este conhecimento; e d) ser *suficientemente específica* para distinguir sistemas vivos de não vivos.

Emmeche e El-Hani (2000) apontam a existência de explicações de vida na biologia que satisfazem esses requisitos e se afastam da tentativa de apenas listar atributos dos seres vivos, buscando explicar a coexistência de propriedades numa certa explicação da vida à luz de redes conceituais que são parte de teorias científicas específicas, que mais do que listar propriedades, articulam uma visão teoricamente fundada sobre o que é a vida.

Nesta tese, ao invés do termo *definição*, utiliza-se o termo *explicação*, no sentido pelo qual ele é atribuído por Carnap (1950), para nos referirmos a propostas sistemáticas para elucidar o conceito de vida encontradas na literatura. Nessa noção de *explicação* de Carnap, em um primeiro momento existe um conhecimento que ainda não está sistematizado, no qual os conceitos e idéias não estão estreitamente interligados, essa etapa da explicação científica é o *explicandum*. A partir do momento em que os conceitos são formulados de forma interligada, consistindo de uma rede conceitual clara e sistemática, obtém-se um *explicatum*. Assim, podem-se encontrar algumas explicações de vida que são articuladas em redes teóricas consistentes e que consistiriam em explicações científicas, ou seja, em *explicatum* no sentido de Carnap (1950), sobre a natureza da vida.

Podem-se reconhecer as tentativas de explicações de vida que apenas listam propriedades sem uma preocupação maior em interligar esses conceitos como ficando restritas ao primeiro passo descrito por Carnap (1950), ou seja, o *explicandum*. Esse passo é importante na elaboração do conhecimento científico, mas não se configura como uma explicação sistemática ou teoria científica. No entanto, na literatura existem tentativas de elucidar vida que ultrapassam esse primeiro passo, propondo uma rede de conceitos interligados para a explicação de vida. Entre as explicações consistentes podem ser citadas: a *vida como seleção de replicadores*; a *vida como sistemas autopoieticos*; a *vida como interpretação de signos*; a *vida como populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados*. Em seguida são analisadas essas diferentes explicações de vida e destacado o papel que o conceito de organismo desempenha nestas.

2.1.1. Autopoiese: vida como rede de interações moleculares

Uma definição de vida que não é parametrizada por uma lista de características foi elaborada por Maturana e Varela (2001). Esses autores destacam (ver seção 1.3.3.) que os seres vivos têm um tipo de organização peculiar, a qual eles chamam de *organização*

autopoiética. Nessa organização, os componentes estão ligados formando uma rede de produções circulares, ou seja, o sistema é ele mesmo produto dessas relações e produtor da própria rede que o sustenta.

Segundo Coutinho (2005, p.82), “com a teoria autopoiética, encontramos uma definição explícita de vida que se esforça para romper com as definições baseadas em listar propriedades”. As propriedades estariam relacionadas à própria dinâmica autopoiética, não havendo nenhum elemento hierarquicamente superior que especifique o ser vivo. De acordo com Coutinho (2005), mediante uma explicação de vida como organização autopoiética, Maturana e Varela criticam a noção de que os genes constituem a “informação” que determina de modo preciso os atributos dos seres vivos, descrevendo dois erros encontrados nessa noção: a confusão da hereditariedade com o mecanismo de replicação do DNA e a apresentação do DNA em uma posição hierarquicamente superior, terminando por retirá-lo de sua inter-relação com os demais componentes.

Nessa definição de vida a ênfase está no organismo e na geração de regras próprias em seu interior que destacariam a autonomia do sistema. Pode-se perceber que apesar do ambiente externo ser importante para a manutenção do organismo, o meio externo é um componente secundário nessa definição de vida. A ênfase da discussão ocorre na relação entre mecanismos internos e geração de um padrão que corresponde ao organismo. Além disso, não existem mecanismos de troca de informação com o meio, a única forma pelo qual o meio atua no organismo é por meio de deformações estruturais. O componente evolutivo também fica em segundo plano, já que a vida não é caracterizada pelos processos reprodutivos. Considerando as categorias de análise, percebe-se que na definição de vida como mecanismos autopoiéticos a ênfase da definição está nas categorias *ambiente interno* e *organismo*.

2.1.2. A vida como seleção de replicadores

Emmeche e El-Hani (2000) argumentam que é possível encontrar no âmbito da teoria sintética da evolução uma noção implícita de vida, entendida como seleção de replicadores. Para esses autores, a vida pode ser entendida no contexto desta teoria como:

[...] uma propriedade de populações de entidades que (1) são capazes de auto-reprodução; (2) herdam características de seus predecessores por um processo de transferência de informação genética e, assim de características hereditárias (implicando uma distinção entre genótipo e fenótipo); (3) apresentam variação em virtude de mutações aleatórias (no genótipo); e (4) têm as chances de deixar descendentes determinadas pelo sucesso de sua combinação de propriedades (herdadas como genótipo e manifestas como fenótipo) nas circunstâncias ambientais nas quais vivem (seleção natural) (EMMECHE e EL-HANI, 2000, p.43).

A teoria sintética é tradicionalmente reconhecida por ter como pressuposto básico a modificação da frequência de genes de uma população, no qual a porcentagem de genes, em cada período, depende de um complexo de relações, como: competições, fatores aleatórios, fluxo de genes e capacidade reprodutiva dos indivíduos (FUTUYMA, 2002; STRICKBERGER, 2000). Futuyma (2002, p.13), por exemplo, destaca como princípios fundamentais da síntese evolucionista que: as populações contêm variações genéticas que surgem através de mutação ao acaso e recombinação; as populações evoluem por mudanças nas frequências gênicas trazidas pela deriva genética aleatória, fluxo gênico e pela seleção natural; a maior parte das variantes genéticas adaptativas apresenta pequenos efeitos fenotípicos individuais; a diversificação vem através da especiação.

Apesar da noção de vida explicitada por Emmeche e El-Hani (2000) estar dentro do paradigma da teoria sintética da evolução (e essa tradicionalmente enfatizar a seleção genética), a proposta de explicação de vida apresentada por esses autores não restringe o nível de atuação da seleção natural. Portanto, dentro dessa elucidação do conceito de vida, podem-se encontrar tanto abordagens que enfatizam apenas os replicadores – como a idéia do gene egoísta desenvolvida por Richard Dawkins (2001) – quanto concepções mais abrangentes que destacam o papel dos replicadores (por exemplo, os genes) e dos interagentes (por exemplo, os organismos) – como aquela desenvolvida por David Hull. No entanto, mesmo na visão de Hull, os interagentes dependem essencialmente de um conjunto de moléculas replicadoras que mantêm as características hereditárias.

Essas diferentes abordagens de vida dentro da teoria sintética da evolução são destacadas por Coutinho (2005) que reconhece três variações do conceito de vida: (1) como seleção natural de replicadores – em um sentido estrito de seleção de genes; (2) como produto de um programa codificado no genoma; (3) como seleção de níveis que possuam a propriedade de interação.

Segundo Coutinho (2005), a Teoria Sintética da Evolução apoiou-se basicamente em duas proposições: a) a evolução consiste no surgimento de novas variantes de genes por

mutação não-dirigida pelo ambiente dentro das populações, ocorrendo à seleção das variantes mais adaptadas; b) o mesmo mecanismo de modificação da composição genética das populações, a seleção natural, permite explicar o surgimento de novas espécies. Para Coutinho (2005), partindo deste contexto conceitual, muitos biólogos a partir de 1950 tentaram demonstrar que praticamente todas as características de um organismo possuem um valor adaptativo. Entre eles, Coutinho ressalta George Williams, que na década de 1960, propôs um programa adaptacionista, no qual determinada variante de uma população deveria deixar mais descendentes caso seus caracteres lhe permitissem um valor adaptativo maior. Como os genes eram considerados responsáveis por esses caracteres, buscou-se no gene a compreensão da adaptação.

Coutinho (2005) ressalta que esse programa adaptacionista lança o gene como unidade de seleção, e não o organismo, como havia sido proposto por Darwin e darwinistas anteriores. Isso fica evidente na obra de Richard Dawkins, no livro o “Gene Egoísta”, no qual é feita uma análise de comportamentos animais, tais como altruísmo e relação de parentesco, tendo como unidade fundamental de seleção natural o gene. A definição de *gene* utilizada por Dawkins é de “uma unidade genética pequena o suficiente para durar por um grande número de gerações e ser distribuída sob a forma de muitas cópias” (DAWKINS, 2001, p.54).

Segundo Dawkins (2001), há milhões de anos surgiram moléculas com capacidade de replicação, estas utilizavam recursos presentes no ambiente. Com a escassez dos recursos, as moléculas *replicadoras* mais estáveis e com maior capacidade de se reproduzir eram disseminadas. Para o autor, nesse momento podem ter surgido replicadores com envoltórios que funcionavam como proteção. As estruturas formadas por envoltórios e replicadores constituíram verdadeiras *máquinas de sobrevivência*. Com o tempo, essas máquinas de sobrevivência tornaram-se mais elaboradas e as moléculas replicadoras receberam o nome de *genes*.

Dawkins entende os seres vivos como máquinas de sobrevivência e os genes como a unidade fundamental de seleção. Considera, portanto, como gene “todas as réplicas de um fragmento específico de DNA, distribuído por todo mundo” (DAWKINS, 2001, p.112).

O gene não fica senil. Ele não tem maior probabilidade de morrer quando tem um milhão de anos do que quando tem apenas cem. Ele pula de corpo para corpo ao longo das gerações, manipulando um após o outro de sua própria maneira, e para seus próprios fins, abandonando uma sucessão de corpos mortais antes que estes mergulhem na senilidade e morte (DAWKINS, 2001, p.56).

Dawkins (2001) reconhece que a unidade do indivíduo é importante, mas considera que este é temporário e único. O indivíduo é uma combinação única e momentânea de um determinado conjunto de genes. Assim, os genes que se mantêm na população e se replicam com eficiência ao longo das gerações são aqueles que “cooperam” bem com outros genes.

A seleção favorece ou desfavorece genes isolados pela sua capacidade de sobreviver no seu ambiente, mas a parte mais importante desse ambiente é o clima genético oferecido por outros genes. A consequência é que conjuntos cooperativos de genes se reúnem em *pools* de genes. Corpos individuais são unitários e coerentes, como na realidade são, não porque a seleção natural os escolhe como unidades, mas porque são construídos por genes que foram selecionados para cooperar com outros membros do *pool* genético. Eles cooperam especificamente no empreendimento de construir corpos individuais. Contudo é um tipo anarquista de cooperação, “cada gene por si mesmo” (DAWKINS, 2001, p.280).

Considerando essas definições, a seleção natural atuaria ao longo de milhões de anos selecionando os genes com maior capacidade de replicação. Nesse sentido, o gene é “egoísta” (mas não no sentido tradicional da palavra, Dawkins entende como egoísmo a capacidade de sobrevivência diferencial de cada gene), pois mesmos comportamentos aparentemente “altruístas” proporcionariam maior difusão de um gene específico. Portanto, a noção de vida nessa abordagem de pensamento é entendida como *seleção natural de replicadores*, em um sentido estrito de seleção de genes (COUTINHO, 2005; EMMECHE e EL-HANI, 2000).

A segunda noção de vida destacada por Coutinho (2005) dentro do paradigma da Teoria Sintética da Evolução está relacionada com a primeira, no entanto está fundamentada, principalmente, nos resultados da Biologia Molecular. Essa segunda noção está apoiada na idéia do gene como um código ou programa, tendo suas raízes na proposição do modelo do DNA em 1953 por James Watson e Francis Crick e com a sugestão de Crick em 1957 de que o DNA funcionaria como um código para a construção de proteínas (COUTINHO, 2005, p.75). Essa idéia de um código é reafirmada por François Jacob e Jacques Monod, em 1961, quando introduzem a metáfora do programa para explicar os fenômenos biológicos. Nessa abordagem a vida pode ser entendida como um produto de um *programa codificado no*

genoma é, portanto, a posse desse programa que caracteriza um objeto como ser vivo, pois é esse programa que o realiza, ou seja, é ele que é seu projeto.

A terceira definição de vida que Coutinho (2005) extrai da teoria sintética é exemplificada pelo trabalho de David Hull, que vem em resposta a abordagem de Dawkins de seleção de replicadores. Hull considera a existência tanto de replicadores como de interagentes e que a seleção atua na interação, podendo ocorrer em diferentes níveis hierárquicos da organização biológica. Embora genes possam ser considerados como replicadores fundamentais, eles não podem ser confundidos como agentes da seleção natural (COUTINHO, 2005). A terceira noção de vida é definida por Coutinho como *seleção de níveis que possuam a propriedade de interação*.

Observando os pressupostos apontados por Futuyma (2002) e Coutinho (2005), percebe-se que a ênfase da concepção de vida presente implicitamente na teoria sintética da evolução está na relação entre variação genética e fatores ambientais. O organismo apesar de estar presente em definições como a de Hull, em geral, ocupa um papel marginal no eixo de discussão da teoria evolutiva. Dessa forma, o organismo na teoria sintética da evolução tende a ser visto como um objeto meramente passivo, sem qualquer influência ativa sobre o seu ambiente (EL-HANI, 2002a; LEWONTIN, 2002). Na síntese evolucionista a importância dos organismos está relacionada ao fato de que eles variam. O organismo é considerado um ponto de encontro passivo entre a fonte da variação genética e o ambiente, no qual são estabelecidos os regimes seletivos que atuam sobre os sistemas vivos.

Quanto ao nível hierárquico enfatizado nessa explicação de vida, pode-se dizer que apesar da importância da variação genética, e desse nível ser muito enfatizado em teorias como a de Dawkins, a teoria sintética da evolução concentra sua atenção no ambiente externo, visto que este exerce o controle sobre a distribuição da variação genética na próxima geração. Como argumentou Bowler (1989), a teoria da seleção natural pode ser entendida como uma teoria de controle externo. Ainda que outros modos de compreender a operação da seleção natural estejam disponíveis, esta concepção externalista da ação desse mecanismo teve grande influência sobre o pensamento biológico do século XX.

Dentro do paradigma da síntese evolucionista pode-se encontrar também uma tentativa de definição explícita de vida como adaptação flexível elaborada por Bedau (1996) e que será apresentada a seguir.

2.1.2.1. Vida como adaptação flexível

Bedau (1996) propõe uma explicação de vida como *adaptação flexível* amparado na idéia de uma evolução aberta capaz de se adaptar apropriadamente às mudanças imprevisíveis no ambiente. Para o autor, os sistemas vivos evoluem de maneira aberta e continuamente produzem novos traços adaptativos. Portanto, o princípio essencial que explica a diversidade unificada da vida parece ser o processo adaptativo (BEDAU, 1996, p. 338). A seleção natural, entretanto, nem sempre leva a uma adaptação flexível, podendo configurar adaptações mais rígidas devido a um ambiente constante, que funciona como um fator de seleção durante um longo tempo. Assim, a seleção natural produziria adaptação flexível apenas se o critério para seleção mudar com a evolução do sistema (BEDAU, 1996, p. 339). Por exemplo, mudanças constantes no ambiente e/ou a forma como organismos de determinada localidade interagem²⁵.

Para Bedau (1996, p.339) há dois aspectos básicos em que se pode considerar vida em termos de adaptação flexível. Um sentido primário ($vida_1$), o próprio sistema em que ocorre a adaptação flexível; e um sentido secundário ($vida_2$), em que uma entidade (organismos, células, etc.) faz parte de um sistema em adaptação flexível, derivando deste sistema sua capacidade de estar vivo. A concepção de vida de Bedau (1996) segue de:

- A. x é vivo se é $vida_1$ ou x é $vida_2$
- B. x é $vida_1$ se x é um sistema experimentando adaptação flexível.
- C. x é $vida_2$ se há algum sistema $vida_1$ y que ou (1) x encontra condição A_1 e y encontra condição B_1 e x estabelece relação C_1 com y ou (2) x encontra condição A_2 e y encontra condição B_2 e x estabelece relação C_2 com y, ou (n) x encontra condição A_n e y encontra condição B_n e x estabelece relação C_n com y (BEDAU, p.339, *tradução nossa*).

Nesse tipo de explicação, a vida é definida como um sistema mais amplo que possui adaptação flexível (sentido 1) ou como entidades (células, organismos, etc) que fazem parte desse sistema mais amplo (sentido 2). Essa abordagem evita problemas como o da

²⁵ Consideramos, assim como Lewontin (2002), que a ação do organismo modifica constantemente seu ambiente. Portanto o ambiente (os aspectos do meio que são relevantes para aquele organismo, incluindo além dos aspectos físicos a interação com outros organismos) é sempre diferente daquele do momento anterior. Apesar disso, poderíamos considerar que existem graus diferentes de variação e quanto maior a variação do ambiente, maior a possibilidade do aparecimento de novas formas de adaptação.

esterilidade em organismos híbridos, como a mula, pois apesar desses organismos serem inférteis eles existem por meio de suas relações com outros organismos férteis que jogam um papel ativo na biosfera, estando está sob adaptação flexível.

Essa definição de vida é exposta em termos populacionais. Nesse sentido, para Bedau (1996, p.340), a adaptação flexível pode cumprir um papel de explicação sobre a natureza da vida, mesmo pensando que organismos são apenas partes transitórias da população em adaptação.

Uma das críticas que poderia ser colocada a essa visão, segundo Bedau (1996), é a possibilidade de um sistema estar em equilíbrio, ou ser um ecossistema clímax, no qual não estaria ocorrendo adaptação flexível. Neste ecossistema clímax, os organismos, pelos critérios da definição formulada, não seriam considerados vivos. Entretanto, o autor destaca que o problema pode ser solucionado por meio de uma abordagem suficientemente ampla, ou seja, considerando que aquele ecossistema se originou de uma adaptação flexível e que pode alternar períodos de estabilidade com períodos de novidades adaptativas. Entretanto, uma consequência que não é apontada por Bedau (1996) é que se for considerado um tempo cada vez maior para justificar um sistema com adaptação flexível, a vida será considerada como um único sistema com adaptação flexível (no sentido 1), estendendo-se desde a primeira forma de vida até a diversidade de seres vivos que existe atualmente. Assim, no sentido de x como vida₁, considera-se todo o processo evolutivo dos seres vivos.

Outro ponto que poderia servir de crítica para definição de vida como adaptação flexível seria a inclusão nessa definição de exemplos contra-intuitivos, por exemplo, a organização de populações de cristais de argila na categoria vivo. No entanto, para Bedau (1996, p.341) o fato desses exemplos contra-intuitivos estarem inclusos em sua explicação não prova que a vida como adaptação flexível não é uma explicação adequada. Assim, uma vez que a adaptação flexível seja considerada um fator básico que unifique a diversidade da vida, então esses exemplos contra-intuitivos deveriam ser pensados como vivos.

Com essa definição de vida, Bedau (1996) propõe uma forma de medir por meio de simulações estatísticas em que grau o sistema possui flexibilidade adaptativa. Para fazer isso, primeiro explicita o que considera como adaptações e como reconhecê-las. Adaptação seria o processo de seleção de traços por seu efeito ou função (p.345). Para ele, o reconhecimento de um traço adaptativo pode ser feito pela medida do tempo em que o traço persiste em face aos processos seletivos (p.346). De acordo com Bedau:

Se nós continuamente vemos (em uma relativamente longa escala de tempo) novos conjuntos de propriedades que são persistentemente usados (em uma escala curta de tempo) significativamente mais do que poderia ser esperado na ausência de adaptação, então nós temos evidências positivas para a ocorrência de adaptação flexível (BEDAU, 1996, p. 346, *tradução nossa*).

Bedau (1996) descreve uma ferramenta que serviria para medir o grau de “vida” nos diferentes sistemas, ou seja, a vida deixa de ser considerada um fenômeno de “tudo” ou “nada” para variar em diferentes graus. A implementação da proposta seria realizada pela coleta estatística dos dados usados.

No entanto, podem-se verificar algumas dificuldades na aplicação da ferramenta, por exemplo, determinar o que se considera um tempo longo ou curto. Dependendo do tempo considerado, um sistema pode apresentar adaptações bem estabelecidas e estáveis e o sistema considerado como não estando em adaptação flexível. Entretanto, como esta é uma abordagem comparativa da vida, existe a possibilidade da comparação entre duas populações em um determinado período de tempo. Aquela que apresentasse maior número de novidades adaptativas teria maior adaptação flexível e como consequência seria considerada “mais viva”. Como o próprio autor destaca, essa é uma visão contra-intuitiva de vida.

A explicação de vida como adaptação flexível se relaciona a noção implícita de vida como seleção de replicadores e pode ser considerada como uma vertente desta. Nas duas explicações a ênfase é colocada no papel dos regimes seletivos do ambiente²⁶, ou seja, na categoria ambiente externo, o que fica ainda mais em destaque na proposta de Bedau de vida como adaptação flexível.

2.1.3. A vida como interpretação de signos

A biossemiótica pode ser entendida como um programa de pesquisa que procura compreender os seres vivos como intérpretes de signos na natureza. Há diferentes tendências na biossemiótica, mas uma tradição que foi particularmente influente na história desse campo

²⁶ Da noção implícita de vida presente no âmbito da Teoria Sintética da Evolução (no qual resumidamente considera-se vida como um sistema capaz de evolução por seleção natural) segue que qualquer sistema molecular ou não que tenha capacidade de replicação e que é de alguma forma selecionado por ambientes naturais ou artificiais são vivos. Nesse sentido, muitos pesquisadores da vida artificial consideram as replicações e seleções que ocorrem em computadores não apenas como modelos de seres vivos, mas como o próprio fenômeno da vida.

toma como base a teoria dos signos de Charles Sanders Peirce (1839-1914). Para Peirce (1995)

Um signo, ou *representâmen*, é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo para alguém. Dirige-se a alguém, isto é, cria na mente dessa pessoa um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido. Ao signo assim criado denomino *interpretante* do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu *objeto*. Representa esse objeto não em todos os seus aspectos, mas com referência a um tipo de idéia que eu, por vezes, denominei *fundamento* do representâmen (PEIRCE, 1995, P. 46).

Para Peirce (1995), a ação do signo (semiose) ocorre pela relação triádica entre: o signo, elemento que media a relação entre objeto e interpretante; um objeto, o que é representado no signo, aquilo a que o signo se refere; e um interpretante, o efeito do signo sobre o intérprete, tipicamente correspondendo à produção de um novo signo. O intérprete é uma mente²⁷ que interpreta o signo. A relação triádica entre signo, objeto e interpretante é entendida como semiose (a ação do signo). No entanto, não é possível definir uma tríade de forma isolada, pois a formação de um interpretante funciona como um novo signo para uma nova tríade, formando-se então uma cadeia de tríades.

É comum na Biologia a utilização de termos como comunicação, codificação, reconhecimento de informação, entre outros. Isso demonstraria que o pensamento biológico está impregnado por uma interpretação sîgnica da natureza. Para alguns autores (HOFFMEYER, 1997; HOFFMEYER, 2001; EL-HANI *et al*, 2007), a teoria dos signos traz contribuições fundamentais para a compreensão do funcionamento dos sistemas vivos. Eles também argumentam que a origem da semiose no mundo vivo coincide com o aparecimento das primeiras células, ou seja, de membranas que separavam um ambiente interno (intracelular) e um ambiente externo (extracelular). No entanto, essas membranas que estão na base do aparecimento dos sistemas vivos não são limites simples, elas persistem somente se conseguem canalizar um fluxo seletivo de nutrientes, resíduos e de moléculas mensageiras (HOFFMEYER, 2000, p.256). Os sistemas vivos passaram, então, a estar separados do ambiente no qual deveria obter recursos para sua sobrevivência. A capacidade de responder de modo regular e adaptativo ao ambiente por meio da interpretação de sinais (signos) que indicam o estado do ambiente, foi então, selecionada favoravelmente²⁸.

²⁷ Na semiótica de Peirce, mente é entendida como qualquer elemento que possa interpretar um signo.

²⁸ Uma crítica dessa explicação de vida é realizada por Ruiz-Mirazo *et al* (2004). Os autores afirmam que na explicação biossemiótica da vida os signos são considerados como tipos naturais primitivos, enquanto a física e a química não incorporariam esses termos em suas explicações. Portanto, a explicação biossemiótica da vida não satisfaria o requisito da coerência da Biologia com as pesquisas em outras áreas, como a Física e a Química, apontado por Emmeche e El-Hani (1999; 2000). Entretanto, essa crítica pode ser desfeita se pensarmos que a

Como exemplo de abordagem biossemiótica, aponta-se a forma de vida dos insetos sociais. Os insetos se comunicam mediante sinais químicos, feromônios, que, quando liberados por um inseto, têm a propriedade de afetar outros insetos, produzindo mudanças de comportamento. Por exemplo, em uma situação de perigo, as formigas liberam um feromônio de alarme, que é reconhecido pelas outras formigas, levando-as a se prepararem para a defesa da colônia. Interpretando isso pela teoria dos signos de Peirce, pode-se dizer que a situação de perigo é o objeto do signo, o feromônio é o signo, que gera um interpretante por meio de uma cadeia de alterações nos componentes moleculares e celulares das formigas, levando a uma resposta de defesa. A formiga pode ser considerada, então, intérprete do signo, ou seja, um organismo no qual tem lugar um interpretante.

Numa compreensão da vida à luz da biossemiótica, o organismo tem um papel central, o de interpretar signos, mas as relações entre o ambiente interno (molecular-celular) e o ambiente externo (ecológico) também desempenham papel importante. Essa explicação enfatiza, pois, as três categorias de análise aqui utilizadas: ambiente interno, organismo e ambiente externo. Pode-se considerar, portanto, que essa explicação de vida recupera a centralidade do conceito de organismo na compreensão dos fenômenos biológicos.

2.1.4. A vida como populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados

A explicação de vida nesse tópico está relacionada com a explicação de organismo que foi proposta no *capítulo 1*. Assim, propõe-se uma explicação de vida advinda das tentativas de unificar o conceito de auto-organização ao paradigma evolutivo (GUIMARÃES, 2006; KAUFFMAN, 1993; 1995; 1997; MORENO, 2004; RUIZ-MIRAZO *et al*, 2004), buscando uma síntese na compreensão dos seres vivos.

Tendo por base a discussão realizada no capítulo anterior, no qual a autonomia é entendida como um caso particular de auto-organização restrita aos fenômenos biológicos,

interpretação de signos, e, portanto a existência desses, emerge com o aparecimento dos primeiros seres vivos e com a barreira que separa o organismo de seu ambiente. Assim, os signos deveriam ser estudados a partir do domínio biológico, pois aparecem nesse nível de complexidade. O fato da Física e da Química não utilizarem esses termos não significa que a biossemiótica se contraponha ou não seja coerente com estas áreas. No entanto, cabe ressaltar que existe uma polêmica entre os próprios semioticistas sobre a restrição da interpretação de signos apenas ao domínio biológico ou a expansão da interpretação de signos para qualquer nível de interação física.

discute-se a seguir uma explicação de vida centrada no organismo vivo, ou seja, que apresenta o organismo como o nível de organização em que a vida emerge. Nessa explicação de vida as três categorias estabelecidas no trabalho são consideradas, mas o organismo é o elemento estruturante que mobiliza conceitos tanto do ambiente interno, quanto orgânico e do ambiente externo.

Uma tentativa de explicação universal do conceito de vida, amparada na unificação do conceito de autonomia agencial e do paradigma evolutivo, é proposta por Kepa Ruiz-Mirazo, Juli Peretó e Alvaro Moreno (2004). Para esses autores a vida poderia ser explicada como populações de *sistemas autônomos com capacidade evolutiva aberta (open-ended evolutionary capacity)* (RUIZ-MIRAZO *et al*, 2004). Sistema autônomo e capacidade evolutiva aberta (*open-ended evolutionary capacity*) são respectivamente:

- (i) por autônomos nós compreendemos um sistema longe do equilíbrio que se constitui e se mantém estabelecendo uma identidade organizacional dele próprio, uma unidade funcionalmente integrada (homeostática e ativa) baseada em um conjunto de acoplamentos endergônicos-exergônicos entre processos construídos internamente, bem como, outros processos de interação com seu ambiente, e
- (ii) Por capacidade evolutiva aberta nós entendemos o potencial de um sistema em reproduzir sua dinâmica básica constitutiva e funcional, possibilitando uma variedade ilimitada de sistemas equivalentes, de formas de expressão dessas dinâmicas, que não estão sujeitas a qualquer predeterminação superior de complexidade organizacional (mesmo que eles tenham ainda restrições energético-materiais impostas por um ambiente finito e por leis físico-químicas universais). (RUIZ-MIRAZO *et al*, 2004, p. 330-331, *tradução nossa*).

A ação de autonomia agencial proposta por Ruiz-Mirazo *et al* (2004) integra o papel do metabolismo (que já está presente na teoria da autopoiese) e a capacidade do organismo agir sobre seu ambiente a partir de regras próprias geradas internamente. Esses agentes autônomos (sistemas que possuem autonomia agencial), por outro lado, estão inseridos numa organização coletiva mais ampla, no qual diferentes organismos interagem e são selecionados pelo ambiente.

Para Ruiz-Mirazo *et al* (2004), um passo importante na organização da vida, foi o aparecimento de um sistema genético que permitiria os registros das informações selecionados ao longo do tempo. Essa idéia é defendida também por Guimarães (2006) que distingue dois tipos de formas de registros: informação genética, designada pela ordenação seqüencial dos nucleotídeos nos polímeros, DNA ou RNA, e conseqüentemente, passando pela tradução (através do código genético) e a ordenação seqüencial dos aminoácidos nas

proteínas; e a informação em redes, compreendida como a dinâmica coerente do sistema global.

Segundo Guimarães (2006, p. 311), a informação em rede “superpõe, contém e subordina a informação genética”, ou seja, os genes²⁹ são apenas partes de redes de interações mais amplas. Essas redes têm sua estabilidade mantida por relações circulares entre seus componentes, configurando uma outra forma de memória que também é uma forma de herança.

Sabe-se que a herança biológica se faz através de células inteiras, os gametas, a despeito dos espermatozoides terem sido reduzidos e contribuírem com pouco material citoplasmático. Tanto os genes como as redes metabólicas (essas compoendo o fenótipo celular) apresentam graus elevados de fidedignidade na sua transmissão através das gerações reprodutivas, mantendo as semelhanças entre pais e filhos e os padrões orgânicos das espécies (GUIMARÃES, 2006, p. 309).

A herança de redes metabólicas estabelecidas no citoplasma é ressaltada também por Jablonka e Lamb (2005) que destacam a existência de quatro dimensões de heranças que atuam no processo evolutivo: genética, epigenética, comportamental e simbólica. Além da informação genética as pesquisas em biologia molecular têm mostrado que as células transmitem informação para a célula filha através da herança epigenética³⁰. Isso significa que todos os organismos têm ao menos dois sistemas de herança. Em adição, muitos animais transmitem informação por meio comportamental, que formam um terceiro sistema de herança. E os seres humanos ainda têm um sistema simbólico de herança pela linguagem que se configuraria um quarto sistema (JABLONKA e LAMB, 2005).

Apesar de Guimarães (2006) e Ruiz-Mirazo *et al* (2004) destacarem a importância da memória genética para a manutenção de linhagens de seres vivos e para a possibilidade de aumento de complexidade através de sucessivas seleções ao longo das gerações, a origem dos primeiros seres vivos deve ter sido muito mais simples. Como afirma Kauffman (1997), a

²⁹ A própria noção de gene está sendo revista e não se tem ainda uma definição precisa e consensual (EPP, 1997). Muitos geneticistas têm incorporado uma visão sistêmica de gene, no qual sua expressão vai depender não só do ambiente externo ao organismo, mas de todas as interações moleculares que ocorrem dentro da célula. Como foi visto em Lewontin (2002), a expressão de um gene pode ter influência inclusive de fatores aleatórios da distribuição molecular na divisão de uma célula (ruídos do desenvolvimento). El-Hani (2007), por exemplo, indica a dificuldade em se preservar o conceito molecular clássico de gene, no qual o gene é considerado uma fita de DNA codificando um produto funcional (polipeptídeo ou RNA) e enfatiza que a visão clássica do gene tem sido desafiada pela complexidade da organização genômica.

³⁰ Na herança epigenética as informações hereditárias são transmitidas mediante diversos mecanismos que estão situados acima do nível das seqüências nucleotídicas do DNA (EL-HANI e MEYER, 2009).

origem da vida estaria associada à catálise e combinatória química e não dependeria de um depósito molecular de DNA ou RNA para evoluir. Para o autor, a coesão do sistema é mantida por certas relações dinâmicas estáveis, o aparecimento de moléculas como RNA ou DNA é importante e contribui com a estabilidade do sistema, mas não seria fundamental para a existência da vida.

Então, apesar da importância da molécula do DNA na estabilidade de linhagens e para o aumento da complexidade dos sistemas vivos, a explicação de vida como populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados não estaria amparada na informação genética, mas sim, nos seguintes pressupostos:

- a. Existência de sistemas com autonomia agencial, isto é, sistemas complexos formados por grande número de elementos, na qual a estabilidade do sistema é obtida por um grande número de reações químicas estreitamente interconectadas e autocatalíticas. Dentro do sistema são geradas regras que produzem ações para o exterior do organismo;
- b. Aumento de variabilidade do sistema mediante modificação ou incorporação de componentes na rede autocatalítica.
- c. Reprodução diferencial de sistemas com autonomia agencial (organismos) em determinados ambientes, ou seja, seleção de unidades autônomas inseridas nas populações;
- d. Transmissão de características pelos processos reprodutivos (por exemplo, transmissão de DNA, vias metabólicas, componentes estruturais, etc.).

O conceito de vida seria explicitado como *populações de unidades com autonomia agencial integradas em uma rede coletiva e evolutiva de organização*. Fica claro que essa explicação de vida engloba o conceito de organismo e que este tem um papel central de integração dos diferentes níveis de organização. Além disso, esse conceito de vida incorpora as discussões de outras duas explicações de vida apresentadas aqui *vida como autopoiese* e *vida como seleção de replicadores*, sendo mais abrangente que estas.

Em relação às categorias estabelecidas no início desse capítulo, a explicação de vida apresentada apesar de centrada na concepção de organismo, considera tanto o ambiente interno, uma vez que considera que as interações moleculares são responsáveis pela estabilidade do sistema, quanto o ambiente externo que age sobre o organismo através de regimes seletivos. No entanto, o nível orgânico é essencial, já que o comportamento do ser

vivo e sua capacidade de agência emergem nesse nível, permitindo a atuação do organismo sobre o ambiente, o que, de certa forma, interfere nos regimes seletivos atuantes no momento seguinte.

2.2. Categorias enfatizadas nas definições de vida e o papel do organismo

De acordo com as categorias de análise estabelecidas, percebe-se que as definições de vida discutidas acima priorizam categorias distintas. A definição autopoietica destaca o ambiente interno e o organismo. A teoria sintética da evolução (seleção de replicadores) concentra sua atenção no ambiente externo (seleção natural). A biossemiótica enfatiza a relação entre as três categorias: ambiente interno (rede de sinalizações que gera o interpretante do signo no nível orgânico), organismo (intérprete do signo) e ambiente externo (signos que representam os diferentes aspectos e seres vivos do ambiente) e tem sua ênfase principal no organismo vivo. A definição como *populações de sistemas com autonomia agencial integradas em uma rede coletiva e evolutiva de organização* também trabalha com as três categorias, quando considera que os seres vivos interagem com o ambiente, sendo que, nessa interação, tanto o ambiente quanto o sistema (organismo) se modificam. Nas elucidações de vida que ficam restritas as listas de propriedades frequentemente usadas para caracterizar seres vivos, a fase de *explicandum* no sentido de Carnap (1950), o organismo é visto como nada mais que um *locus* no qual confluem propriedades (cuja coexistência não é explicada).

O *Quadro 1* resume o papel do organismo nas explicações de vida apresentadas, conforme a interpretação realizada. Percebe-se que tanto a explicação de vida como *interpretação de signos* quanto de *populações de sistemas com autonomia agencial integrados em uma rede coletiva e evolutiva de organização* tem sua ênfase no organismo, contribuindo para a autonomia do conhecimento biológico, uma vez que tem o ser vivo como elemento estruturante. Essas duas explicações, apesar de terem sua ênfase principalmente no organismo, mobilizam conceitos de diferentes níveis hierárquicos (tanto do ambiente interno quanto do ambiente externo), se apresentando de forma ampla o suficiente para contribuir com uma visão integrada da biologia.

EXPLICAÇÕES DE VIDA	O PAPEL DO ORGANISMO
Vida não pode ser definida, apenas propriedades de seres vivos podem ser listadas.	O organismo é um <i>lócus</i> no qual confluem propriedades, tais como reprodução, metabolismo, crescimento, etc.
Vida como sistemas autopoieticos.	O organismo é um sistema fechado e autônomo, produzindo constantemente a si mesmo.
Vida como seleção de replicadores (teoria sintética da evolução).	O organismo como um ponto de encontro entre variabilidade genética e ambiente (regimes seletivos).
Vida como interpretação de signos.	O organismo é um intérprete de signos na natureza, gerando novos signos e respostas ao seu ambiente.
Vida como populações de sistemas com autonomia agencial integrados em uma rede coletiva e evolutiva de organização.	O organismo é uma unidade estruturada a partir de uma rede de interações moleculares. O organismo atua sobre o ambiente segundo regras próprias, modificando-o, e concomitantemente é restrito e selecionado por este.

QUADRO 2: O papel do organismo nas diferentes explicações de vida..

3. CAPÍTULO – O ENSINO DE BIOLOGIA E A APRENDIZAGEM SISTÊMICA DE CONCEITOS

Nesse capítulo objetiva-se discutir: (1) a fragmentação do ensino de biologia e as possibilidades de integração do conhecimento biológico por meio de elementos que lhe ofereçam estrutura e unidade; (2) as concepções de ser vivo e de vida presentes em alunos e livros didáticos de Biologia; (3) o conceito de organismo como um elemento integrador do ensino de Biologia.

3.1. A construção de propostas para a superação da fragmentação do ensino de biologia

O ensino de Biologia vem sofrendo, nos últimos anos, inúmeras críticas por ser considerado de caráter memorístico e fragmentado (SELLES e FERREIRA, 2005; PEDRANCINI *et al*, 2007; GOLDBACH e EL-HANI, 2008). A divisão da Biologia em áreas como genética, citologia, zoologia, botânica, entre outras, faz com que os conteúdos sejam apresentados muitas vezes como se estivessem separados na natureza, ou seja, não são feitas as ligações necessárias entre os conceitos para que os fenômenos biológicos sejam compreendidos de forma global.

Nesse sentido, Pedrancini *et al* (2007) destacam que as pesquisas sobre formação de conceitos têm demonstrado que estudantes ao final de sua educação básica ainda contêm idéias alternativas para conceitos que foram abordados em diferentes níveis de complexidade durante o ensino fundamental e médio. Por exemplo, o conceito de célula é confundido com o conceito de átomo, molécula ou tecido. Caballer e Giménez (1992) e Pedrancini *et al* (2007) indicam que até mesmo conceitos muito divulgados pela mídia não são compreendidos de forma adequada, por exemplo, os conceitos de cromossomos, genes, alelos, dominância e recessividade, são empregados sem a compreensão dos processos celulares e de como estão organizadas essas estruturas.

A dificuldade em estabelecer relações mais complexas no entendimento de um determinado conceito ou área do conhecimento também pode ser vista no contexto da Educação Superior, no qual os conceitos científicos são trabalhados sem a devida compreensão de como se dá a construção do conhecimento científico (HARRES, 1999; GIL-

PEREZ *et al*, 2001; SCHEID *et al*, 2007). Além de serem trabalhados de forma separada de seu contexto histórico, alguns conceitos fundamentais para o ensino de biologia são trabalhados sem uma recontextualização adequada de seu significado para os diferentes contextos de ensino. O conceito de gene, por exemplo, mesmo na educação superior não incorpora as discussões atuais sobre a delimitação desse conceito, que hoje tem sido entendido de diferentes perspectivas (SOLHA e SILVA, 2004; EL-HANI, 2007). Outras pesquisas têm demonstrado que, mesmo o conceito de evolução, um conceito central do conhecimento biológico, tem sido apresentado de forma distorcida por estudantes e professores de Biologia (ZUZOVSKY, 1994; MEGLHIORATTI, 2004; CRAWFORD, *et al*, 2005).

A fragmentação e a não contextualização no ensino de biologia podem ser reflexo da própria divisão do conhecimento biológico em áreas cada vez mais específicas, inseridas numa abordagem analítica de ciência. Apesar disso, algumas tentativas de discutir a biologia como campo integrado do conhecimento ocorrem principalmente pela consideração da teoria sintética como um elemento integrador da biologia.

Como afirmam Selles e Ferreira (2005), a construção da teoria sintética da evolução buscou a constituição da Biologia como ciência autônoma e acabou por refletir, inclusive, na constituição da disciplina escolar Biologia na Educação Básica. Antes da constituição da disciplina escolar Biologia os conteúdos biológicos eram trabalhados em disciplinas distintas como Zoologia e Botânica ou na disciplina chamada História Natural. Com a elaboração da Teoria Sintética da Evolução e a sua utilização como um possível eixo unificador das diversos conceitos biológicos, a Biologia ganha um novo *status*, o que reflete em diferentes níveis de ensino e consolida a disciplina escolar Biologia no Ensino Médio.

[...] do mesmo modo que a evolução tornou-se teoria estruturante das Ciências Biológicas, a gradativa substituição de disciplinas escolares como Zoologia, Botânica e História Natural pela disciplina escolar Biologia fortaleceu o argumento de que a evolução funcionasse, igualmente, como organizadora dos conhecimentos escolares em Biologia (SELLES e FERREIRA, 2005, p.54).

A proposição que a Teoria Sintética da Evolução pode ser um importante elemento integrador, propiciando a superação da fragmentação do ensino, tem sido defendida por inúmeras pesquisas na área de Ensino de Biologia (por exemplo, BIZZO, 1991; CHAVES, 1993; CICLLINI, 1991; CICILLINI, 1997). No entanto, mesmo sendo um ponto

de consenso o papel integrador da evolução para o ensino de conteúdos biológicos, as pesquisas relacionadas ao ensino-aprendizagem de evolução, tomando como foco as idéias dos alunos (BIZZO, 1991; JENSEN e FINLEY, 1996; DAGHER e BOUJAOUDE, 2005; INGRAN e NELSON, 2006) e as concepções dos professores (ZUZOVSKY, 1994; CRAWFORD, *et al*, 2005), indicam que o conceito de evolução biológica é de difícil compreensão e aceitação, podendo ser influenciado por valores culturais e pelo entendimento da natureza do caráter científico. A dificuldade de compreensão do conceito de evolução biológica tem sido um grande obstáculo para o Ensino de Biologia, algumas pesquisas têm proposto que a utilização da história do conhecimento científico pode facilitar a superação dessas dificuldades (MEGLHIORATTI, 2004; MEGLHIORATTI *et al*, 2006).

A discussão sobre os fundamentos de uma área científica pode contribuir para o entendimento não só do caráter dinâmico da ciência, mas também dos conceitos aceitos atualmente, uma vez que, enfatiza os raciocínios e obstáculos que levam a formação de um determinado corpo conceitual (BASTOS, 1998; SCHEID, 2006). Nesse sentido, além de discutir a epistemologia da ciência no contexto geral, em cursos de ciências biológicas, pode-se indagar qual o papel de discutir, em específico, a epistemologia do conhecimento biológico.

Percebe-se que no contexto do ensino universitário de biologia, enfrentam-se alguns problemas que podem contribuir para a fragmentação do conhecimento biológico, tais como: o desenvolvimento de pesquisas predominantemente de cunho experimental, sem a devida discussão de seus fundamentos epistemológicos; o isolamento de grupos de pesquisas dentro de subáreas do conhecimento biológico, sem a necessária articulação e diálogo entre estas; a ausência, em muitos cursos, de disciplinas específicas para discutir a natureza do conhecimento científico e biológico, auxiliando a percepção dos conceitos fundamentais da biologia e como eles se articulam em redes conceituais específicas.

Na conjuntura desses problemas, faz-se a seguinte questão: como uma abordagem sobre discussões epistemológicas da biologia pode contribuir para as construções cognitivas e o estabelecimento de redes conceituais cada vez mais sistematizadas? Discutir os conceitos centrais de uma determinada área e como estes se relacionam e se justificam parece ser uma importante estratégia no processo de ensino-aprendizagem dessa área. Nessa perspectiva, algumas pesquisas têm enfatizado que o conceito de vida poderia ser um conceito estruturante de outros conceitos (KAWASAKI e EL-HANI, 2002a; KAWASAKI e EL-HANI, 2002b; MEYER *et al*, 2007).

Ressalta-se também, amparado na fundamentação teórica desenvolvida nos *capítulos 1. e 2.*, que o conceito de organismo vivo (ser vivo) por ser o *locus* onde a vida emerge é também um elemento central na estruturação de outros conceitos. O conceito de organismo, por sua vez, está intrinsecamente relacionado com o conceito de vida, no entanto, esse último é mais amplo e contém o primeiro. Entretanto, como foi destacada nos capítulos anteriores, a concepção de organismo proposta pela consideração de uma estrutura hierárquica do conhecimento biológico, integra tanto conceitos do ambiente interno do organismo, como os aspectos genéticos e moleculares, quanto, do ambiente externo, ou seja, a interação do organismo com o meio físico no qual constrói seu ambiente e com outros seres vivos. O conceito de organismo adotado associado ao conceito de vida também inclui a teoria sintética da evolução, pois considera que os organismos estão inseridos em um sistema mais amplo de relações, sendo que o ambiente pode agir restringindo a sobrevivência de certos organismos. Esses dois conceitos de forma associada podem constituir um eixo integrador de outros conceitos, enfatizando a necessidade de uma concepção de vida que destaque o papel do organismo no conhecimento biológico.

3.2. Os conceitos de ser vivo e vida no ensino de biologia

3.2.1. As pesquisas sobre formação de conceitos em alunos: novas perspectivas

Nesse item, procura-se fazer um breve panorama sobre como as pesquisas em ensino de ciências têm entendido a aprendizagem de conceitos científicos e como a presente tese se posiciona em relação à aprendizagem conceitual. Assim, discutem-se brevemente as propostas de mudança conceitual, perfil conceitual e pluralismo metodológico na aprendizagem de conceitos. Em seguida, considera-se no processo de ensino e aprendizagem a formação de redes de conceitos interligados nas quais existem “nós” ou conceitos centrais que servem de suporte para outros conceitos.

A área de Ensino de Ciências inicia um desenvolvimento sistemático a partir da década de 70, impulsionada, principalmente, por um elevado número de pesquisas que se preocuparam em entender as concepções que as crianças constroem sobre o mundo natural. Os estudos realizados sob essa perspectiva uniam a preocupação da área de educação com

questões sobre como se aprende, como se ensina e quais estratégias e recursos facilitam o contexto de ensino e aprendizagem com o pensar conceitual das ciências.

As pesquisas sobre como os alunos elaboram conceitos relacionados às ciências demonstraram que estes constroem concepções próprias, freqüentemente diferentes daquelas aceitas pela comunidade científica, ou seja, que os alunos podem apresentar concepções “alternativas” sobre determinados conceitos científicos. As concepções alternativas seriam construções lógicas construídas a partir da experiência cotidiana e da inserção em determinados contextos sociais.

As pesquisas sobre o processo de ensino e aprendizagem de ciências a partir da década de 70 se inseriram dentro de uma abordagem interacionista ou “construtivista³¹”, na qual os conhecimentos são compreendidos como *construções* mentais e não descrições objetivas da realidade (BASTOS *et al*, 2004; GIL-PEREZ *et al*, 2002). Segundo Mortimer (1995), apesar da grande variedade de abordagens que apareceram na literatura sob o rótulo “construtivismo”, há pelo menos duas características principais que podem ser compartilhadas por esses estudos “(1) a aprendizagem se dá pelo ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; (2) as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem” (MORTIMER, 1995, p.57).

Diante dessa visão de aprendizagem, é proposto um modelo de ensino para transformar as concepções dos alunos (MORTIMER, 1995). Portanto, na década de 80 os debates caminham no sentido de buscar alternativas que viabilizem o abandono das concepções alternativas presentes nos alunos e a substituição destas por conceitos aceitos cientificamente. Essa nova abordagem de pesquisa ficou conhecida pela preocupação em se produzir uma *mudança conceitual* nos alunos (BASTOS *et al*, 2004).

Um dos trabalhos pioneiros em propor como ocorre o processo de mudança conceitual foi realizado por Posner *et al* (1982). Neste estudo, os autores indicam que as concepções alternativas são resistentes à modificação, comparando o processo de mudança conceitual dos alunos às revoluções científicas e/ou mudanças de programas de pesquisa que ocorrem dentro da produção do conhecimento científico. Para os autores, existe uma ecologia conceitual que guia a modificação de um determinado conceito, entretanto, na reorganização desse conceito central nem todos os conceitos da ecologia conceitual são modificados. Para empreender a modificação de uma concepção alternativa, os autores destacam que em geral se apresentam quatro situações: (1) descontentamento com as concepções existentes; (2) a nova

³¹ O uso do termo construtivismo e a abordagem construtivista estiveram sob diversas críticas, por exemplo, Matthews (2000) destaca que o termo construtivismo pode englobar sob o mesmo termo diferentes idéias.

concepção deve ser inteligível; (3) a nova concepção deve ser plausível; (4) a nova concepção deve ser frutífera, ou seja, deve ter potencial para explorar novas situações ou novas áreas de pesquisa. Assim, na mudança conceitual do aluno seria importante o reconhecimento dos conceitos científicos como sendo mais inteligíveis, plausíveis e frutíferos do que suas concepções alternativas. No contexto de aprendizagem proposto por Posner *et al* (1982), configuraria uma importante estratégia de ensino o professor produzir conflitos cognitivos nos alunos, já que um pressuposto para a mudança conceitual é sua insatisfação com suas concepções anteriores.

As concepções consideradas “alternativas” passaram a ser vista como construções cognitivas realizadas pelos indivíduos por meio de suas experiências com o mundo, sendo muitas vezes consistentes e lógicas para os indivíduos que a elaboram e, portanto resistentes a mudanças pelo ensino formal. Dessa forma, alguns autores (por exemplo, SOLOMON, 1994; MORTIMER, 1995) começaram a questionar a ocorrência do abandono ou modificação das concepções anteriores para se construir uma nova concepção. Mortimer (1995) considera a convivência de diferentes concepções sobre um determinado fenômeno, propondo a existência de um perfil conceitual. Segundo o autor, a noção de perfil conceitual, permite:

[...] entender a evolução das idéias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de idéias alternativas por idéias científicas, mas como a evolução de um perfil conceitual em que as novas idéias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as idéias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente. Através dessa noção é possível situar as idéias dos estudantes num contexto mais amplo que admite sua convivência com o saber escolar e com o saber científico (MORTIMER, 1995, p. 58).

Nessa proposta, o ensino de ciências deve contribuir para que o aluno utilize suas diferentes concepções sobre um fenômeno em contextos adequados. Para exemplificar essa idéia o autor expõe que mesmo os cientistas utilizam, dentro das atividades cotidianas, idéias e linguagem de senso comum. Em relação ao conceito de calor e frio no uso cotidiano afirma:

[...] soaria pedante alguém afirmar que “vestiu uma blusa de lã porque ela é um bom isolante térmico, impedindo que o corpo ceda calor para o ambiente”. Ora nós vestimos lã porque ela é quente e nós estamos com frio. Não há aí nenhum vestígio de concepções ingênuas, mas o uso da palavra calor num sentido de senso comum que a nossa cultura consagrou. Essa maneira de ver o mundo está largamente incorporada como uma característica da cultura. Uma pessoa poderia adquirir a capacidade de distinguir essa maneira cotidiana de ver o mundo de maneiras mais sofisticadas. Suprimir essas ‘concepções alternativas’, no entanto, significaria suprimir o pensamento de senso comum e seu modo de expressão, a linguagem cotidiana (MORTIMER, 1995, p. 61-62).

Uma crítica pode ser feita em relação a essa citação, se for considerada a existência de uma confusão entre idéias que são aceitas como válidas por um indivíduo e o discurso espontâneo em contextos do cotidiano (BASTOS *et al*, 2004, p. 41). Assim, um cientista pode utilizar os termos calor e frio numa linguagem cotidiana por estar inserido num contexto cultural, mas não aceitar estas como idéias válidas para explicar o fenômeno.

Entretanto, existem exemplos que parecem configurar a existência de perfis conceituais mesmo dentro do domínio científico, podendo existir diversas explicações consistentes para o mesmo fenômeno. Por exemplo, nas explicações de vida abordadas no *capítulo 2* podem-se destacar a convivência das explicações *biossemiótica* e de *populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados* que fazem parte de corpos teóricos distintos, o que não significa que tentativas de integração desses campos não podem ser empreendidas.

Pelas discussões realizadas sobre *mudança conceitual e perfil conceitual*, Bastos *et al* (2004) propõem a existência de uma diversidade de estratégias e processos de ensino-aprendizagem que não podem ser descritos e limitados a um modelo único, ou seja, reivindicam uma forma pluralista de pensar o ensino de ciências. Os autores fazendo uma análise crítica do trabalho de Mortimer em relação à noção de perfil conceitual destacam que ao mesmo tempo em que esta noção permite uma visão pluralista, uma vez que permite a coexistência de diferentes idéias na explicação de um mesmo fenômeno, é ela própria contraditória, já que foi proposta para substituir a idéia de *mudança conceitual*, inviabilizando uma proposta mais plural.

Bastos *et al* (2004) propõem que tanto a mudança conceitual quanto o perfil conceitual podem ser encontrados nos processos de construção de conceitos. No estudo realizado pelos autores, investigando um grupo de professores, encontrou-se que 63% dos professores analisados consideraram ter vivenciado tanto experiências de mudança conceitual quanto de formação de perfil. Além disso, os autores indicam a existência de formas de

aprendizagem que não assumem um comprometimento maior com os conceitos, por exemplo, o conceito de evolução biológica pode ser aprendido mesmo que as pessoas não o assumam como uma explicação válida para a origem da vida.

Bastos *et al* (2004) também destacam que, na aprendizagem de um conceito científico, podem ocorrer distorções e formações de novas concepções alternativas.

O fenômeno da distorção consiste em o aluno construir, para os conhecimentos científicos que estão sendo estudados, uma versão alternativa que, embora ele não perceba, é consideravelmente discrepante da visão dos cientistas. Essa versão alternativa pode ou não se tornar parte do conjunto de idéias em que o aluno acredita; o importante, porém, é que ela representa uma interpretação equivocada a respeito daquilo que os cientistas estão propondo, constituindo, pois um resultado indesejável do processo de ensino (BASTOS *et al*, 2004, p. 44).

Portanto, dentro de uma perspectiva pluralista, os conceitos sobre determinados fenômenos, por meio das estratégias de ensino, podem ser: modificados; subsumidos dentro de idéias mais abrangentes ou integradoras; conviver com novas idéias; serem apreendidos sem um comprometimento maior do sujeito com a idéia; ou ainda serem distorcidos.

Considerando que a função do Ensino de Ciências é a reconstrução de conceitos científicos, explicitam-se a seguir quais relações os conceitos formados nesse domínio têm em relação aos conceitos de uso cotidiano e em que sentido os conceitos científicos são diferentes. Para isso, é retomada a idéia de explicação científica presente em Carnap (1950). Para Carnap os conceitos científicos diferem daqueles do cotidiano por serem construções racionais, nas quais as relações entre um determinado conceito (que é o foco da análise) e outros conceitos que fazem parte de uma rede teórica de conceitos são explicitadas, ou seja, as construções científicas são apresentadas de forma mais clara e sistemática do que as proposições de senso comum.

As explicações científicas, portanto, equivalem a uma rede de conceitos que se justificam entre si, isto é, os conceitos são fortemente dependentes um do outro dentro de uma teoria científica. Na formação dessa rede conceitual sistemática que caracteriza o domínio científico, algumas idéias que se apresentavam no uso cotidiano podem ser integradas dentro da rede, enquanto outras são abandonadas por não ser coerente dentro daquela rede de conceitos interligados. Diferentes teorias científicas³² sobre um mesmo fenômeno podem

³² Outro ponto importante de se ressaltar é que a construção científica, assim como qualquer outra construção cognitiva, não apreende diretamente o mundo real. O indivíduo em contato com seu ambiente tem além das

conviver dentro do domínio científico, configurando diferentes redes de conceitos (o que permitiria a existência de um perfil conceitual dentro do próprio domínio científico).

Apesar da convivência de diferentes redes conceituais sobre um mesmo fenômeno, considera-se que a obtenção de redes conceituais mais amplas que integram um número elevado de conceitos, sem perder a consistência, é um dos objetivos da produção científica, permitindo maior integração de uma área científica. Nesse sentido, dentro de uma rede conceitual, determinados conceitos se configuram em elementos integradores de muitos outros. Como já foi destacada a teoria sintética da evolução tem sido considerada como estruturante de todo conhecimento biológico. Na presente tese tem se discutido que o conceito de organismo vivo a partir de uma estrutura hierárquica de níveis de organização também pode ser integrador. Esses conceitos centrais se configurariam como “nós” dessa rede, no qual se aglutinam um grande número de relações.

A seguir serão considerados estudos relativos à formação do conceito de ser vivo (organismo) e de vida no Ensino Básico e na Educação Superior, e enfatizado como o conceito de organismo é entendido como um “nó” no qual confluem diversos conceitos de uma rede conceitual mais ampla.

3.2.2. O conceito de ser vivo e vida no Ensino de Ciências e Biologia

Nesse item será realizada uma revisão da literatura sobre os estudos relacionados ao conceito de ser vivo no ensino de ciências e de biologia, uma vez que a maioria das pesquisas realizadas não faz uma distinção clara entre os conceitos de organismo (ser vivo) e de vida, apresenta-se a seguir os estudos gerais que tangenciam esses dois conceitos, especificando quando necessário à perspectiva na qual são abordados.

A maioria dos estudos sobre os conceitos de ser vivo e vida esteve centrada em como as crianças diferenciam seres vivos de objetos inanimados. Na revisão realizada a seguir

experiências sensoriais o contato com uma rede de significações produzidas pela linguagem (a construção social do conceito ou idéia), em contato com essas experiências o indivíduo reestrutura sua rede cognitiva, podendo produzir novas interpretações de mundo, que podem ser novamente compartilhadas através da linguagem. Essa idéia de aprendizagem é consistente com a idéia dos seres vivos como sistemas autônomos coletivamente organizados, proposta no capítulo 1. Se cada organismo possui uma estrutura única que em contato com o ambiente está em constante reestruturação, cada ser humano tem também uma estrutura cognitiva única que se restabelece na interação com o ambiente na qual se insere. Nesse contexto, a linguagem funciona como uma forma de partilhar significados individuais, transformando-os numa rede de significação coletiva.

são abordados primeiramente os estudos com crianças e da educação básica (Ensino Fundamental e Médio). Em seguida, são discutidas algumas pesquisas que começaram a investigar o conceito de vida no Ensino Superior.

Os primeiros estudos sobre o conceito de ser vivo estiveram centrados no pensamento anímico da criança, ou seja, na atribuição de vida a objetos inanimados. Um desses estudos foi realizado por Jean Piaget (2005), no qual analisou a atribuição de consciência e vida a objetos inertes pelas crianças. Primeiramente estudando a consciência, percebe que, em média, é possível distinguir quatro tipos de respostas entre as crianças que correspondem a estágios sucessivos.

Para as crianças do primeiro estágio, tudo o que tem uma atividade qualquer é consciente, ainda que seja imóvel. Para as crianças do segundo estágio, a consciência é reservada para os corpos em movimento. O sol e uma bicicleta são conscientes; uma mesa e um seixo não o são. Durante um terceiro estágio, faz-se uma distinção essencial entre o movimento próprio e o movimento recebido do exterior. Os objetos dotados de movimento próprio, como os astros, o vento, etc., são a partir daí os únicos tidos por conscientes, enquanto objetos cujo movimento é recebido de fora, como as bicicletas, etc., são desprovidos de consciência. Por fim, ao longo de um quarto estágio, a consciência é reservada aos animais (PIAGET, 2005, p. 146).

Deve-se reconhecer segundo Piaget (2005), que é “difícil classificar com inteira certeza determinada criança em determinado estágio” (pg. 147). No entanto, o autor destaca que o método de análise da atribuição de consciência a objetos inertes tem valor estatístico, permitindo entender, em geral, o processo de evolução do pensamento da criança.

Cada uma de nossas crianças, tomada isoladamente, talvez apresente uma sistematização implícita diferente da sistematização revelada por nosso interrogatório, sendo cada uma suscetível, por outro lado, de retrogradar parcialmente na série de estágios, assim como de progredir em linha reta, mas na média, os quatro tipos de respostas que obtivemos constituem de fato os tipos de sistematização entre os quais o pensamento espontâneo da criança oscila realmente, e esses quatro tipos caracterizam com clareza quatro estágios (PIAGET, 2005, p. 161).

Após o estudo da atribuição de consciência para objetos inanimados, Piaget enfatiza em sua pesquisa a atribuição de vida aos objetos inertes pela criança. O método consistia em perguntar se alguns objetos eram vivos e por quê. Piaget (2005) reconhece nas

respostas das crianças quatro estágios que são complementares àqueles obtidos no estudo sobre a consciência.

Durante o primeiro estágio é considerado vivo tudo que tem uma atividade ou mesmo uma função ou uma utilidade, sejam quais forem. Ao longo de um segundo estágio a vida define-se pelo movimento, sendo todo o movimento considerado como contendo uma parte de espontaneidade. Durante um terceiro estágio, a criança distingue o movimento próprio e o movimento recebido; a vida é identificada com o primeiro desses movimentos. Por fim, no decorrer de um quarto estágio, a vida é reservada aos animais, ou aos animais e às plantas (PIAGET, 2005, p. 163).

Segundo Piaget (2005), é possível perceber a importância que a explicação do movimento deve ter para o pensamento da criança, uma vez que, o conceito de vida está estreitamente relacionado com a diferenciação dos tipos de movimentos. Dessa forma, para Piaget (1993), o animismo infantil está relacionado ao movimento e a certa intencionalidade.

O animismo infantil é a tendência a conceber as coisas como vivas e dotadas de intenção. No início será vivo todo objeto que exerça uma atividade, sendo esta essencialmente relacionada com a sua utilidade para o homem; a lâmpada que acende, o forno que esquenta, a lua que dá claridade. Depois a vida estará destinada aos agentes e corpos que se parecem mover por si próprios, como os astros e o vento. De outro lado, à vida é acrescentada à consciência; não uma consciência idêntica a dos homens, mas uma que tem o *minimum* de saber e intencionalidade – suficientes para as coisas realizarem suas ações e, sobretudo, para se moverem para fins que lhe são determinados (PIAGET, 1993, p.31).

Com base nos trabalhos de Piaget, outros estudos são propostos para entender o conceito de vida na criança, em geral, realizados pela apresentação de objetos e/ou imagens de objetos para as crianças, no qual estas deveriam reconhecer os objetos como vivos ou não e justificar. Estes estudos acabam levantando diferentes críticas ao trabalho original de Piaget por meio: da indicação de outros critérios para a atribuição de vida além do “movimento” (BERZONSKY, 1974; LUCAS *et al*, 1979); do questionamento da seqüência dos estágios de desenvolvimento proposta para o conceito de vida (BERZONSKY, 1974); da discussão da validade das estratégias elaboradas para compreender os critérios pelo qual a criança atribui vida a um objeto (KLINGENSMITH, 1953; LUCAS *et al*, 1979; RICHARDS e SIEGLER,

1984); do questionamento da existência de uma tendência ao pensamento anímico na criança (DOLGIN e BEHEND, 1984). A seguir são descritas brevemente algumas dessas pesquisas.

Klingensmith (1953), em seu estudo com crianças do jardim de infância e de primeiro, segundo, terceiro, quinto e sétimo ano, reconhece que a afirmação da criança de que determinado objeto é vivo é inadequada para medida do animismo, pois revela mais os sentidos em que o termo pode ser utilizado pela criança do que a consideração de que determinado objeto tenha realmente vida no sentido atribuído pelo adulto. Essa indicação do autor contribui para debater os estudos realizados por Piaget, uma vez que, novas estratégias para verificar a atribuição de vida a objetos inanimados pelas crianças deveriam ser pensadas.

Numa abordagem comportamentalista, Berzonsky (1974) aceitando a seqüência de desenvolvimento do conceito de vida indicada por Piaget, propõe um estudo para averiguar se o tempo de mudança de um estágio para o outro variava conforme o comportamento da criança. Por exemplo, se a criança era reflexiva em suas respostas, esperava-se que atingisse estágios mais avançados do conceito de vida, enquanto, se a criança fosse impulsiva em suas repostas esperava um tempo mais longo para a evolução desses estágios. Outro aspecto comportamental que a pesquisa analisou era a diferença de controle internalista e externalista. Para o autor, era esperado que crianças que assumissem que seus esforços pessoais (internalismo) fossem essenciais tivessem um conceito de vida mais desenvolvido que as crianças que dependiam de reforços mais externos (externalista) em suas tarefas.

Os resultados desse estudo realizado por Berzonsky indicaram que as crianças utilizam diferentes critérios na atribuição de vida e que a reflexividade contribuiu com uma diferença importante na atribuição de vida, enquanto o efeito da internalidade não foi significativo. Podem-se destacar dois resultados interessantes: a verificação de que nessa pesquisa as crianças de seis anos atingiram uma pontuação maior no critério de atribuição de vida do que as crianças de sete anos; e que os critérios que as crianças de uma mesma idade utilizaram para atribuição de vida eram diferentes.

Lucas *et al* (1979), discutindo os trabalhos realizados sobre o conceito de vida até aquele momento, destacam que algumas pesquisas centravam-se no movimento como critério de vida, como um desdobramento dos trabalhos de Piaget, enquanto outras focavam nos critérios de nutrição, respiração e reprodução. Lucas *et al* (1979, p.104) fazem uma análise crítica dessas pesquisas encontrando nestas as seguintes dificuldades: (1) o aumento da pontuação em relação à distinção correta de coisas vivas e não vivas sendo dependente da idade nos testes poderia apenas refletir um aumento da familiaridade com o objeto de estímulo; (2) a existência de dificuldades conceituais com critérios usados para indicar vida;

(3) os métodos utilizados para a constituição dos dados forçariam um critério para a criança, por exemplo, perguntando se um determinado objeto pode se reproduzir, não deixando que esse critério aparecesse espontaneamente na criança.

Buscando superar as dificuldades apontadas nas pesquisas anteriores, Lucas *et al* (1979) elaboraram um estudo que utilizou uma fotografia de um objeto não familiar, permitindo que as crianças elaborassem seus próprios critérios para reconhecer o objeto como vivo ou não. As respostas das 944 crianças foram examinadas por análise de conteúdo por meio de elaboração de categorias das próprias falas dos sujeitos. A pesquisa desenvolvida demonstrou que além do critério de comportamento (por exemplo, o movimento), as crianças utilizavam critérios estruturais e funcionais. Os resultados ainda indicaram que a maioria dos alunos, do terceiro ao décimo ano de ensino, usou ao menos duas das seguintes categorias: comportamento, função fisiológica, estrutura interna e composição e estrutura externa.

Richards e Siegler (1984) reconhecem que as pesquisas realizadas até a década de 80 diferiam muito quanto aos tipos de dados enfatizados, o critério de análise e a escolha do estímulo, indicando que as diferentes ênfases e condições das pesquisas acabavam por conduzir a diferentes resultados. Os autores propõem uma pesquisa mediante a aplicação de quatro tipos de experimentos para verificar as condições sob as quais as crianças estabelecem diferentes compreensões sobre o conceito de vida de acordo com as tarefas propostas a ela. Dependendo da tarefa proposta em cada experimento, os resultados obtidos apresentavam variação, o que demonstraria os diferentes resultados nas pesquisas encontradas anteriormente. Os autores encontraram os seguintes resultados: quando as crianças eram estimuladas a fazer um julgamento sobre o *status* de vida de determinadas entidades materiais, quase nunca indicavam que objetos inanimados eram vivos; quando instigados a justificar seus julgamentos, as crianças mais novas frequentemente associavam a capacidade de movimento do objeto. Além disso, os resultados sugeriram que crianças de quatro ou cinco anos sabiam que pessoas e outros animais eram vivos e que a maioria de todos os objetos inanimados não era.

Dolgin e Behend (1984) também contrapõem à idéia de que haja uma tendência ao pensamento anímico em crianças. Os autores compararam crianças de diferentes idades (3, 4, 5, 7 e 9 anos), confrontando a um grupo controle constituído por 12 estudantes universitários voluntários, sobre a capacidade de distinguir objetos inanimados e seres animados. A metodologia consistiu na apresentação de duas imagens para cada uma das 16 categorias de “coisas” e questionamentos sobre elas. A partir das respostas das crianças, Dolgin e Behend (1984) concluem que: embora as crianças de três e quatro anos cometessem muitos erros estes

não eram distribuídos de forma diferente aos dos erros dos adultos, não configurando uma tendência ao animismo; o animismo apareceu forte apenas em crianças de cinco anos e foi indicado que o aparente automovimento e similaridade física com seres vivos contribuíram com esses resultados; crianças de sete e nove anos não indicaram tendência ao animismo.

O-Saki e Samiroden (1990), pesquisando crianças de aproximadamente nove, onze e treze anos na Tanzânia, indicaram: um aumento de complexidade do conceito de vida em relação ao aumento da idade dos sujeitos e a apresentação de funções fisiológicas (respiração, nutrição e locomoção) como principal critério na descrição de coisas vivas. Além disso, o movimento foi considerado pelos sujeitos investigados como a mais importante característica da vida, levando ao erro, como a inclusão de carros, robôs e estrelas dentro da classe das coisas vivas.

O aspecto do movimento é considerado também em um estudo sobre a reação de crianças de nove a doze meses em relação ao movimento autônomo de um objeto inanimado. Poulin-Dubois *et al* (1996), em um estudo realizado com crianças com idade média de 12 meses que viviam na região de Montreal, encontraram que as crianças têm reação afetiva negativa quando apresentadas a um pequeno robô em movimento, pois reconhecem aquela situação como anômala. O estudo indicou que mesmo as crianças de nove meses já associam o automovimento como um atributo de seres vivos.

Cuellar e Arenas (1998) realizaram uma pesquisa em que perguntavam para crianças de cinco e sete anos de idade se um determinado objeto era vivo e o porquê de sua resposta e para crianças de oito anos pediram que eles fizessem uma lista de seres vivos e outra de objetos não vivos. Nesse estudo, as autoras relatam que as crianças associam inicialmente os seres vivos ao movimento, mas que paulatinamente o pensamento das crianças vai dirigindo a atenção para outras características como crescimento, necessidade de alimentação, a reprodução e a morte.

Uma pesquisa que vai além da descrição da atribuição de vida a seres vivos e busca estimular a mudança conceitual do conceito de vida foi realizada por Opfer e Siegler (2004), no qual se considerou que muitas crianças pré-escolares sabem que plantas e animais partilham propriedades biológicas, mas que esse conhecimento, não as leva a conclusão de que plantas, como animais, são seres vivos. Para resolver esse paradoxo, os autores propõem que as crianças pré-escolares ampliam a sua capacidade de julgamento por meio da compreensão da ação teleológica³³ (ação dirigida para determinados objetivos) dos seres

³³ Essa idéia é encontrada também nas revisões teóricas do conceito de organismo e de vida associada ao conceito de autonomia agencial. Por exemplo, Kauffman (2003, p. 1089, *tradução nossa*) considera “um agente

vivos. A hipótese central do trabalho de Opfer e Siegler (2004, p.303, *tradução nossa*) “é que a compreensão de movimento autônomo objetivo-dirigido de animais e plantas joga um papel central na construção do conceito de vida da criança”, ou seja, entendem que a obtenção da percepção de que as plantas possuem ação dirigida levaria às crianças a inserirem as plantas dentro da categoria de seres vivos.

Opfer e Siegler (2004) conduzem, então, uma pesquisa com crianças de cinco anos mediante a seguinte metodologia: pré-testes; *feedback*; pós-testes. No pré-teste a criança realizava julgamentos sobre o *status* de vida de animais, plantas e artefatos. Na fase de *feedback*, as crianças eram apresentadas a questões específicas correspondentes aos grupos experimentais em que estavam inseridas. Os grupos eram: (a) *ser vivo*, onde era questionado o conceito de vida; (b) *movimento objetivo-dirigido*, no qual se apresentavam imagens que mostravam a ação teleológica de plantas (crescimento em direção a luz) e animais (movimento em relação à obtenção de alimento); (c) *crescimento*; (d) *necessidade de água*. Depois da fase de *feedback*, as crianças foram apresentadas ao pós-teste, tendo novamente que julgar o *status* de vida de diferentes objetos.

Essa pesquisa encontrou forte evidência de ocorrência de mudança conceitual³⁴, principalmente nas crianças que estiveram no grupo experimental de movimento objetivo-dirigido (ação teleológica). O processo de mudança nesse grupo experimental ocorreu nas seguintes fases:

- (1) Quando as crianças de cinco anos iniciam o experimento, a maior parte acredita que animais agem em caminhos objetivo-dirigido e que plantas e artefatos não.
- (2) A maioria das crianças também acredita no início do experimento que o comportamento objetivo-dirigido de animais serve para a função de manutenção da vida.
- (3) Quando as crianças recebem *feedback* que plantas movem em direção a objetivos, elas buscam algum aspecto de seu conhecimento no qual a nova informação poderia estar integrada.
- (4) Esta busca as leva a referenciar suas compreensões dos motivos das atividades objetivo-dirigidas para animais (por exemplo, comer para viver).
- (5) Quando crianças referenciam suas compreensões pré-existent de atividades teleológicas de animais, elas mudam suas compreensões das capacidades das plantas para a ação teleológica, portanto mudam suas crenças reconhecendo o status de vida das plantas (OPFER e SIEGLER, 2004, p. 328, *tradução nossa*).

autônomo como sendo um sistema físico capaz de agir por si próprio, tal como uma bactéria nadando em direção a um gradiente de glicose”, ou seja, considera o ser vivo como um sistema com autonomia, possuindo ação dirigida a objetivos como o de alimentação.

³⁴ Essa mudança conceitual no trabalho de Opfer e Siegler (2004) não é assumida como sendo uma ruptura/revolução das concepções prévias, mas antes uma reestruturação e ampliação da aplicação de um sistema de idéias utilizado na compreensão de uma situação (teleologia de animais) para outra (teleologia de plantas).

As pesquisas mencionadas anteriormente tiveram como preocupação descrever as características que permitem as crianças diferenciarem seres vivos e objetos inanimados, chegando à forma como essa distinção é realizada pelo adulto. Portanto, estão centradas mais no conceito de organismo (ser vivo) do que um conceito mais amplo como o de vida, que abarcaria diferentes níveis de organização biológica. Cabe ressaltar que apesar de muitas vezes as pesquisas não diferenciarem esses dois conceitos, o organismo é uma unidade autônoma e possui estabilidade durante certo tempo, enquanto o conceito de vida refere-se a diferentes níveis de organização, mesmo quando enfatiza o papel central do organismo na explicação de vida.

Além de pesquisas com alunos do ensino fundamental e com crianças, algumas pesquisas buscaram compreender o conceito de vida em estudantes de nível superior. Por exemplo, Dennis (1953) desenvolveu uma pesquisa com estudantes universitários, a qual indicou que, mesmo em adultos, era possível encontrar um pensamento anímico. Nessa pesquisa ele questionou estudantes universitários sobre uma série de coisas, por exemplo, o sol e o oceano. Encontrou, por exemplo, que alguns estudantes atribuíam vida ao sol devido ao fornecimento de energia e luz. No entanto, algumas críticas foram colocadas à pesquisa, contrapondo que o conceito de vida pode ter sido usado por estes estudantes em um sentido poético diferente do sentido anímico que a criança atribui aos objetos.

Em uma pesquisa mais recente relacionada ao conceito de vida, Bruzzo (2000), em uma atividade introdutória na disciplina de Didática para o Ensino de Biologia, na qual os alunos deveriam criar um texto informando sobre a vida no planeta Terra em uma possível comunicação com outras formas de vida em outro planeta, verificou que os estudantes encontraram muitas dificuldades para expressarem o conceito de vida e que procuraram explicitar este conceito, em geral, fazendo referência à célula como unidade formadora dos seres vivos. Além disso, a autora encontrou que poucos alunos conseguiam falar sobre a vida sem explicá-la por meio da biologia molecular, demonstrando a forte molecularização nos últimos anos na pesquisa e ensino de biologia.

Alonso *et al* (1998) realizou uma pesquisa com 226 estudantes universitários (42 de ciências biológicas e 184 de diferentes especialidades do Magistério), na qual foi utilizada uma pergunta aberta relacionada à representação de três seres vivos (uma criança, uma árvore e uma vaca) e um objeto inerte (um cristal de aragonito não identificado como tal na foto). Utilizou-se uma foto de um objeto não reconhecível facilmente pelos alunos pelos motivos

apontados na pesquisa de Lucas *et al* (1979), que sugere que a familiaridade com certos objetos facilita a identificação se este é vivo ou não.

A pergunta aberta consistia no seguinte enunciado “Quais experimentos podem ser realizados para saber se os seguintes exemplares são seres vivos?” (ALONSO *et al*, 1998, p. 400). Nas respostas dos alunos, os autores identificaram dois tipos de categorização: respostas baseadas em critérios fisiológicos (alimentação, nutrição, reprodução, etc.) e respostas baseadas em aspectos estruturais (sistemas, órgãos, célula e composição química). Os resultados indicam que os estudantes se apoiaram principalmente nas características fisiológicas e fundamentalmente em aspectos macroscópicos, sendo minoria as respostas que enfatizaram a fisiologia celular (metabolismo, divisão celular, nutrição) e tissular (contração de órgãos e transporte, etc.). Segundo Alonso *et al* (1998), os estudantes consultados não usam de critérios como célula ou DNA em suas respostas. Dessa forma esses dados apresentam resultados diferentes de outras pesquisas que apontam uma crescente molecularização da explicação do conceito de vida (por exemplo, BRUZZO, 2000; EL-HANI, 2005a.; KAWASAKI e EL-HANI, 2005b; COUTINHO, 2005; SILVA, 2006). Essa diferença pode ter sido gerada pelo próprio tipo de questão que instiga os estudantes a elaborarem experimentos. Assim, com a dificuldade de pensar em experimentos microscópicos devido às dificuldades conceituais e a complexidade dos sistemas metabólicos, os estudantes recaem em explicações mais próximas ao seu contexto cotidiano e propõem experimentos que enfatizam processos observáveis e macroscópicos.

Um aspecto importante na pesquisa de Alonso *et al* (1998) é que eles explicitam em que sentido eles adotam o conceito de seres vivos. Para os autores, os seres vivos são “sistemas materiais altamente organizados, com uma constituição básica celular dotada de vida própria [...] e que apresentam diversos níveis de organização”. Ou seja, os autores, reconhecem um conceito de organismo que está próximo das discussões realizadas na presente tese e que tem apoio na literatura contemporânea da Filosofia da Biologia. No entanto, apesar desse reconhecimento, esse conceito mais sistêmico de vida não é discutido em profundidade pelos autores.

Percebe-se que a maioria das pesquisas apresentadas até o momento está restrita ao reconhecimento e distinção entre seres vivos e objetos inanimados ou a utilização dos conceitos de vida e organismo, sem uma preocupação maior em explicitar esses conceitos, discutindo-os de forma sistemática. Em geral, assume-se que os seres vivos são apresentados por um conjunto de propriedades e que adquirir uma concepção de vida seria apenas saber

reconhecer adequadamente essas propriedades. No entanto, essa noção apresenta o equívoco de entender que esses conceitos são intuitivos, não existindo sérias dificuldades conceituais.

Algumas pesquisas mais críticas em relação ao conceito de vida têm sido realizadas. Por exemplo, Caravita e Falchetti (2005) reconhecem que o conceito biológico de vida não tem sido contemplado nas pesquisas realizadas e indicam que a aquisição desse conceito deve ser prioridade no contexto do ensino de biologia³⁵. Os autores entendendo que as pesquisas anteriores discutem a atribuição de vida a organismos, mas não discute o conceito de vida de forma mais ampla em diferentes níveis de organização biológica, elaboram uma pesquisa para verificar o status de vida de um componente do organismo vivo, no caso específico os ossos. Essa pesquisa se realizou com uma amostra de 189 estudantes de sete a doze anos e aproximadamente uma centena de estudantes de 17 e 18 anos. Os autores encontraram que mesmo uma porcentagem significativa de estudantes de 17 e 18 anos apresentavam a noção que os ossos não são vivos, apesar de, muitas vezes, usarem termos científicos em suas justificativas. A pesquisa evidenciou também que o conhecimento cotidiano (por exemplo, saber que o osso quando quebra se regenera), em geral, não era associado ao conhecimento científico e ao reconhecimento de que o osso era uma parte viva de um organismo.

A dificuldade em se definir vida e o fato de que muitos biólogos acharem que essa discussão pode não contribuir para as pesquisas empíricas realizadas no laboratório constituem parte da visão tradicional em relação ao conceito de vida como apontado por Emmeche e El-Hani (1999). Esta visão se reflete inclusive nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio e Superior. Entretanto, essa visão tradicional é contraposta por pesquisas que procuram não só um conceito sistemático de vida, mas entendem que esse conceito pode ser um importante elemento integrador no ensino de biologia. Assim, as pesquisas apresentadas a seguir entendem que a explicação do conceito de vida deve se constituir numa rede de conceitos integrados e que, apesar da listagem de atributos de seres vivos ser um passo

³⁵ Cabe ressaltar que se encontram na literatura contemporânea várias explicações de vida. Algumas delas são muito abstratas para serem abordadas no contexto da educação básica (por exemplo, a explicação de vida à luz da biossemiótica). Assim é necessário pensar quais explicações de vida deveriam ser ensinadas na Educação Básica. As explicações autopoietica e neodarwinista de vida parecem ser transpostas para o contexto do ensino Básico com maior facilidade. Por exemplo, a explicação da autopoiese envolve o entendimento de uma organização circular, em que há troca de energia e matéria com o meio, ou seja, refere-se a uma organização metabólica. Dessa forma, a partir do estudo do metabolismo celular e dessa rede autopoietica é possível integrar diversos conceitos do conhecimento biológico, funcionando esta explicação de vida como em elemento integrador (CORRÊA *et al*, 2009). Quanto à explicação neodarwinista de vida, como apontado por alguns autores (KAWASAKI e EL-HANI, 2005a; KAWASAKI e EL-HANI, 2005b; CORRÊA *et al*, 2009), essa já está presente de forma implícita no ensino de Biologia, devido à ênfase no conceito de evolução como eixo unificador da biologia.

importante, este deve ser ultrapassado. Assim, no sentido de Carnap (1950), o conceito de vida deve ser tratado cientificamente migrando de uma noção primária que constituiria o *explicandum* para a elaboração de um conceito sistemático de vida, um *explicatum*.

Dentre as pesquisas que procuram discutir o conceito de vida por meio de redes conceituais sistemáticas foram realizadas pesquisas mediante: análises de livros didáticos do Ensino Médio (KAWASAKI e EL-HANI, 2005a.; KAWASAKI e EL-HANI, 2005b); análises de livros-texto utilizados no ensino superior (MEYER *et al*, 1007); construção de perfil conceitual de alunos do ensino superior (COUTINHO, 2005; COUTINHO *et al*, 2005a; COUTINHO, *et al*, 2005b; SILVA, 2006).

Kawasaki e El-Hani (2002a; 2002b), analisando, a presença da definição de vida em oito livros didáticos de biologia utilizados na cidade de Ribeirão Preto-SP, verificaram que “todos os livros afirmam a complexidade de definir vida, dado que nem todos os organismos podem ser encaixados facilmente em listas de propriedades comuns” (2002b, p.2). Em seis livros didáticos está presente uma visão de vida restrita a apresentação de lista de propriedades, sem dar coerência a essas propriedades em uma rede interligada de conceitos e a luz de uma fundamentação teórica. Os autores apontam ainda que em dois livros didáticos analisados, as listas de propriedades dos seres vivos podem ser interpretadas de acordo com uma visão paradigmática de vida, pois a escolha das propriedades parece ter sido realizada a partir de uma justificação teórica, o que configuraria uma abordagem mais adequada do conceito. Kawasaki e El-Hani (2002a; 2002b) destacam também uma tendência ao reducionismo, que enfatiza a unidade da vida em níveis moleculares e celulares, sem esforço similar para a compreensão dos seres vivos em níveis acima do celular. Apesar das dificuldades encontradas nas tentativas de definição de vida nos livros didáticos abordados, Kawasaki e El-Hani (2002b) observam que os livros analisados não evitam a discussão sobre como caracterizar os seres vivos, destacando este fato como uma característica positiva.

A análise de livros-texto de biologia geral e de biologia celular e molecular utilizados no ensino superior também indicou, com algumas exceções, que o conceito de vida fica restrito apenas a elaboração de listas de propriedades (MEYER *et al* 2007). Meyer *et al* (2007), em um estudo sobre o conceito de vida em livros-texto do ensino superior, ressaltam que entre os doze livros analisados, em apenas três são apresentadas explicações de vida na perspectiva de uma rede conceitual. Entretanto, essa rede de conceitos é apresentada dentro de uma abordagem termodinâmica da vida (ou seja, que a vida se configuraria em sistemas dissipativos, longe do equilíbrio termodinâmico), o que também configuraria um problema, pois esta abordagem não é suficientemente específica para explicar o conceito de vida.

A percepção do conceito de vida como um elemento integrador do conhecimento biológico e a necessidade de se discutir as propriedades dos seres vivos à luz de redes teóricas de conceitos estão presentes no trabalho de Coutinho *et al* (2005a). Os autores investigam as concepções de alunos de um curso de Ciências Biológicas em um estudo transversal (com amostragem de sujeitos do primeiro, terceiro, quarto e quinto períodos), demonstrando a presença de perfis conceituais diferentes para o conceito de vida. O autor reconhece três zonas principais na compreensão do conceito de vida: “internalismo”, no qual a vida é compreendida como processos ou propriedades inerentes ao vivente; “externalismo”, representando uma concepção de vida como algo exterior ao vivente; e “relacional”, no qual a vida é interpretada como relação entre entidades ou com o ambiente. Coutinho *et al* (2005a) destaca que ao comparar os perfis conceituais de cada período, identificou-se ao longo do curso uma tendência ao aumento da manifestação internalista, evidenciando a influência do curso de Ciências Biológicas nos perfis dos alunos. O aumento da zona relacional que também era esperado não ficou evidente.

Em um outro trabalho, Coutinho *et al* (2005b) analisa, com a utilização de entrevistas semi-estruturadas, a obtenção da consciência do perfil conceitual de vida em estudantes de pós-graduação em Genética e Ecologia. Nesse estudo, a dialogicidade entre entrevistador e entrevistado permitiu a mobilização cognitiva, uma vez que, cada situação problema funcionou como contextos diferenciados, permitindo a expressão da heterogeneidade de significações para o conceito de vida em cada sujeito. O autor sugere que situações-problema, tais como as expostas durante as entrevistas, contribuem para o ensino-aprendizagem do conceito de vida, pois favorecem a tomada de consciência do próprio perfil conceitual.

Silva (2006), dando continuidade e ampliando a abordagem de análise de perfil conceitual de vida iniciada por Coutinho (2005), investiga, por meio de um questionário contendo 18 questões discursivas sobre o conceito de vida, os perfis conceituais de alunos dos cursos de Biologia e Farmácia de uma Universidade Federal. Esse estudo foi transversal abordando alunos de todos os períodos dos cursos investigados (132 alunos de Biologia e 105 de Farmácia). Os itens do questionário permitiram que os sujeitos explicitassem seus critérios para a distinção entre seres vivos e seres inanimados. Os dados obtidos tiveram análise estatística e o questionário se mostrou um instrumento adequado para a análise dos perfis conceituais de vida, permitindo a expressão de um maior número de zonas de perfil em relação ao trabalho de Coutinho (2005).

Os resultados obtidos por Silva (2006) parecem confirmar as conclusões de Coutinho (2005) que apontaram uma tendência crescente da utilização de concepções internalistas de vida ao longo dos períodos no Curso de Biologia. Coutinho (2005) destaca que a maior utilização das concepções internalistas (no sentido proposto na pesquisa desse autor) pode ser consequência da imagem de sucesso da Biologia Molecular divulgada na ciência escolar e na divulgação do conhecimento científico. Silva (2006) afirma que uma concepção internalista de vida mais marcante aparece nos alunos do curso de Biologia, podendo ser reflexo da formação de pesquisadores e/ou professores segundo o paradigma vigente. Esses dados também podem indicar a falta de “discussões sobre paradigmas concorrentes que se distanciam de definições internalistas, e/ou ainda também uma ausência de estudos sobre a história e a epistemologia da biologia e de seus conceitos mais importantes” (SILVA, 2006, p.145).

Segundo Silva (2006), a formação de biólogos, professores e/ou pesquisadores ganharia se os currículos dos cursos de Biologia adotassem discussões sobre conceitos importantes como o de vida, fundamentadas na história e na epistemologia. Concordando com Silva (2006) sobre a necessidade das discussões epistemológicas no currículo de biologia, na presente tese discute-se no *capítulo 5*. o desenvolvimento de um grupo de pesquisa em epistemologia da biologia, na qual participaram alunos de graduação de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Entende-se que as discussões filosóficas, no caso do grupo sobre a epistemologia do conhecimento biológico, permitem a integração de conceitos e um pensamento reflexivo e seria fundamental tanto na formação de professores quanto na de pesquisadores. Assim, a compreensão sistêmica dos conceitos propiciaria a formação de professores capazes de estabelecer relações e proporcionar, no contexto da Educação Básica, abordagens menos fragmentadas para o Ensino de Biologia. As discussões epistemológicas contribuem também para a própria formação do professor como intelectual, estimulando o pensamento lógico e o interesse pelo conhecimento já que esse passa a ser significativo e desafiador. Ou seja, o professor mais do que reproduzir os conteúdos do livro didático passa a pensar na ciência que ensina.

O grupo de pesquisa desenvolvido ao longo de 2007 priorizou na fundamentação teórica a abordagem do conceito de ser vivo dentro de uma descrição hierárquica do conhecimento biológico [ambiente externo [organismo [ambiente interno]]] e como as explicações de vida na literatura se relacionam com o conceito de organismo. As

apresentações de como esses conceitos se desenvolveram no grupo serão realizadas no *capítulo 5*.

3.3. Do *explicandum* ao *explicatum*: a formação de redes conceituais centradas no organismo em uma proposta hierárquica do conhecimento biológico

Como pode ser observado nas pesquisas abordadas no item anterior e na descrição de livros e dicionários de filosofia apresentadas no *capítulo 2*, o conceito de ser vivo (organismo) tem sido relacionado a um conjunto de propriedades (*explicandum*) que não se associam em um corpo teórico mais sistemático (*explicatum*). Considerando o conceito de organismo adotado no *capítulo 1*, criou-se um esquema simplificado de como o conceito de organismo poderia funcionar como um elemento integrador dentro de uma proposta hierárquica do conhecimento biológico, ajudando tanto alunos do Ensino Superior quanto do Ensino Médio a migrarem de concepções pré-científicas (*explicandum*) para científicas (*explicatum*) de ser vivo.

3.3.1. Abordagem pré-científica: organismo como conjunto de propriedades

De forma geral, as pesquisas apontam que o conceito de vida é tratado como listas de propriedades e o organismo como o lócus onde essas propriedades se manifestam. Como foi visto, entre os estudos com concepções de crianças no reconhecimento de seres vivos são apontadas propriedades tais como respiração, locomoção e nutrição. Quanto a Educação Básica e Ensino Superior também estão presentes listas com propriedades tais, como evolução, metabolismo, nutrição, reprodução, entre outras. Essas listas, como indicam os estudos de Kawasaki e El-Hani (2002a; 2002b) e Meyer *et al* (2007), em geral, não estão relacionadas a uma rede conceitual sistemática.

A listagem de propriedades faz parte do processo de construção do conceito de ser vivo, no entanto, fica ainda restrito ao *explicandum*, já que as relações entre os elementos que compõem o conceito não estão bem explicitadas. Essa fase, que Carnap (1950) considera pré-científica, poderia ser esquematizada da seguinte forma:

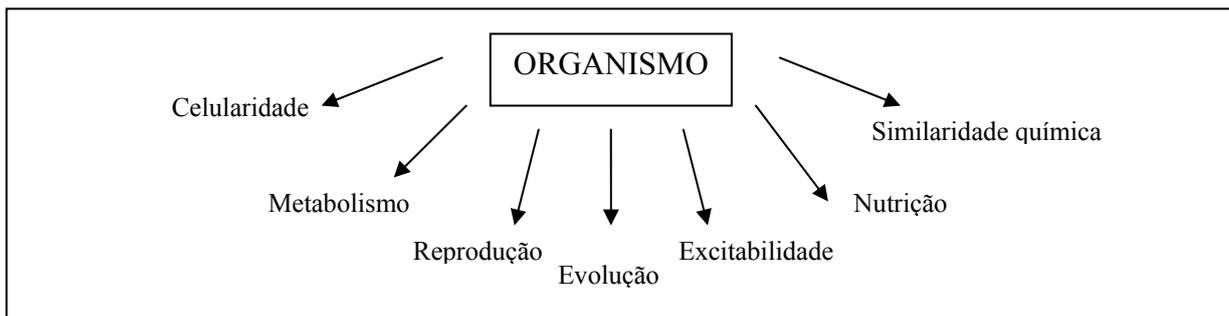


Figura 6: Esquema da visão geral relacionada ao conceito de ser vivo (*explicandum*)

3.3.2. Abordagem científica: rede conceitual no qual se insere o conceito de organismo

No capítulo 1, explicitou-se o conceito de organismo como *uma unidade autônoma, histórica e evolutivamente construída, possuindo propriedades que emergem no nível orgânico*. Dentro dessa abordagem foi discutido o conceito de autonomia como um tipo particular de auto-organização presente apenas nos seres vivos. Portanto, o *explicatum* do conceito de organismo, ou seja, a explicitação do conceito de organismo em relação à rede conceitual que lhe dá consistência foi formalizada no *capítulo 1*.

Diante da noção particular de organismo adotada na presente tese e sua correlação com a noção de vida como *populações de unidades com autonomia agencial integradas em uma rede coletiva e evolutiva de organização*, entende-se que cada ser vivo (organismo) se insere em um conjunto de interações com outros seres vivos e com o ambiente que o cerca (ambiente no sentido apontado por Lewontin, 2002). Da mesma forma, cada organismo é uma unidade autônoma gerada por um conjunto de interações moleculares e/ou celulares. Essa representação de organismo como uma unidade central de uma concepção mais ampla de vida permite a compreensão de fenômenos e conceitos biológicos de forma integrada.

3.4 O organismo como elemento integrador do ensino de Biologia

Para exemplificar de que forma o conceito de organismo pode ser integrador no conhecimento biológico, pode-se pensar, por exemplo, na nutrição de um determinado animal. Um mamífero para obter alimento estabelecerá inúmeros tipos de interação no seu ambiente.

Dessa forma, ele pode competir por alimento e/ ou utilizar estratégias de armazenamento para tempos escassos. Numa competição por alimento dentro de uma mesma espécie as diferenças individuais serão fundamentais para a sobrevivência. Assim, quando um organismo atua no ambiente para a obtenção de alimento ele acaba por modificar o ambiente para outros indivíduos da mesma espécie ou de outras (isso se refere, portanto a forma como o organismo determina e é determinado por seu ambiente). Obtido o alimento, os nutrientes adquiridos entrarão na rede metabólica daquele organismo e passarão a fazer parte de sua constituição. A qualidade e quantidade dos nutrientes obtidos influenciaram nas condições físicas do organismo e na forma que este atua no ambiente externo. Nesse exemplo, fica em evidência a importância de se relacionar os aspectos do comportamento, os fatores aleatórios do ambiente externo e os fatores morfológicos e fisiológicos na explicação de determinado fenômeno biológico.

Provenza e Launchbaugh (1999) destacam, por exemplo, que animais herbívoros apresentam comportamentos muito complexos e enfrentam inúmeros desafios na sua interação com o ambiente para obter alimentos. Segundo os autores, a necessidade nutricional muda constantemente como consequência da idade, do estado fisiológico e das condições ambientais. Além disso, a quantidade de energia, minerais, proteínas e até mesmo toxinas nas plantas variam no espaço e no tempo. Assim, quando animais herbívoros se inserem em um novo ambiente, os animais que avaliam seus recursos alimentícios de forma mais apropriada têm vantagem em termos de sobrevivência e reprodução. Esse comportamento nutricional é extremamente complexo e pode inclusive ser aprendido pelo convívio em grupo. Os autores ainda destacam que qualquer mudança em níveis hierárquicos internos ao organismo (células, tecidos ou órgãos) ou no ambiente externo (mudança na alimentação, competição com outras espécies e convívio em um grupo de determinada população) influenciará o comportamento de um organismo individual, ressaltando, assim, o caráter complexo das relações entre níveis.

Em relação ao contexto de ensino, a centralidade do organismo permite a integração de diferentes níveis de organização e um ensino mais significativo. No Ensino de Biologia em geral, os conceitos e áreas são vistos de modo descontextualizado. Na organização do conhecimento biológico, na educação básica, mesmo seguindo uma abordagem hierárquica, os níveis de organização são vistos como unidades isoladas, não enfatizando suas relações. Dessa forma, a organização do conhecimento biológico ou ocorre a partir dos aspectos microscópicos aos macroscópicos ou dos macroscópicos aos microscópicos. Por exemplo, aborda-se a constituição química celular sem enfatizar como ocorrem as reações químicas dentro de células específicas. Em seguida são estudadas a

estrutura celular e suas organelas. Depois, enfatiza-se a formação de tecidos e sistemas. E por último, os tipos de seres vivos e as relações ecológicas. Assim ou segue-se essa seqüência do micro para o macro ou a seqüência inversa. O importante a ser ressaltado é que, em geral, o estudo desses diferentes níveis de organização, no contexto de ensino, não é contextualizado mediante exemplos de situações reais que ocorrem com os organismos. Ou seja, muitas vezes os alunos não conseguem integrar os conceitos estudados em diferentes níveis e podem, por exemplo, não reconhecer que o organismo é constituído por células ou não compreender a posição espacial do DNA dentro da estrutura celular (CABALLER e GIMENEZ, 1992; PEDRANCINI *et al*, 2007).

Uma alternativa de ensino mais integradora seria contextualizar os diferentes níveis hierárquicos da organização do conhecimento biológico a partir do estudo de um tipo de organismo particular. No contexto da Educação Superior, por exemplo, El-Hani (2002a) refere-se a um curso de herpetologia³⁶ do departamento de zoologia da Universidade do Texas, onde se segue uma metodologia de ensino que aborda diferentes níveis de organização a partir do organismo. A equipe responsável pelo curso inclui um sistemata molecular, um curador de museu, um morfologista funcional, um ecólogo comportamental, um ecólogo de comunidades e um sistemata morfologista, o que torna possível uma abordagem multidisciplinar. Ou seja, ao invés de cada área abordar os conteúdos em separado, eles são vistos a partir da contextualização em um tipo de organismo específico.

Na educação básica, considerando as características próprias desse nível de ensino, também seria viável a abordagem descrita acima. Na figura 7 são indicados alguns conceitos que podem ser relacionados tendo um organismo específico como centro da discussão.

³⁶ Herpetologia é o ramo da biologia que estuda os répteis e os anfíbios.

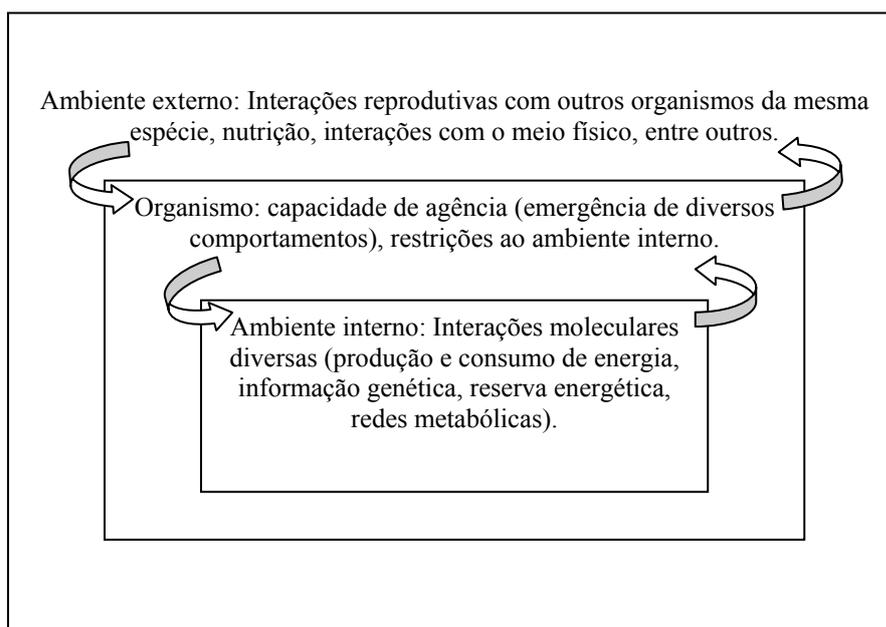


Figura 7: Algumas relações entre níveis que podem ser abordadas numa descrição hierárquica dos seres vivos.

Nessa perspectiva, considera-se que a descrição hierárquica proporciona a compreensão de conceitos de vários níveis de organização biológica, permitindo uma visão mais sistêmica e integrada da Biologia. Dessa forma, entendendo que uma descrição hierárquica com o organismo como nível focal seria um importante instrumento metodológico/epistemológico, foi organizado na parte empírica dessa pesquisa um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia” com alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. A escolha de enfatizar nessa pesquisa alunos do Ensino Superior se justifica pelo fato de que uma formação de qualidade do futuro professor será refletida no ensino de biologia da Educação Básica. A metodologia de elaboração do grupo e a forma como foram realizadas as coletas de dados estão descritas no próximo capítulo.

4. CAPÍTULO – METODOLOGIA DE PESQUISA E A FORMAÇÃO DO “GRUPO DE PESQUISAS EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA”

No capítulo 4 é apresentada a metodologia da pesquisa empírica, na qual se descreve: (1) a formação e organização do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”; (2) as formas de coleta de dados; (3) as categorias gerais elaboradas para analisar como e se o conceito de organismo mobiliza conceitos de diferentes níveis hierárquicos.

4.1. Formação e organização do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”

A formação inicial de um pesquisador é auxiliada por fatores como: a vivência coletiva em grupos de pesquisa, o enfrentamento dos obstáculos de uma determinada área do saber e o diálogo com estudos anteriores (MEGLHIORATTI, *et al*, 2007). Nessa perspectiva, a formação do pesquisador ocorre na tensão entre diferentes interlocutores, no qual existem pontos de convergências e de divergências. Na base de qualquer atividade científica existem valores e afiliações teóricas que norteiam a sua produção, ou seja, participar de um grupo de pesquisa compreende pensar e discutir sob um determinado paradigma.

Considerando a importância da compreensão da natureza da ciência, que é estimulada pela experiência do contexto científico, estruturou-se um grupo para a formação de pesquisadores na área de Ciências Biológicas baseado nas discussões epistemológicas da Biologia. A idéia do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” surgiu da compreensão que o conhecimento biológico tem sido trabalhado de forma fragmentada e que conceitos fundamentais como o de ser vivo, que caracteriza o próprio objeto de estudo do conhecimento biológico, tem ocupado um papel marginal na Biologia (FELTZ, 1995; EL-HANI e EMMECHE, 2000; RUIZ-MIRAZO *et al*, 2000; GUTMANN e NEUMANN-HELD, 2000; EL-HANI, 2002a).

A partir do reconhecimento da fragmentação presente no conhecimento biológico e da importância de discutir conceitos fundamentais que estruturam a Biologia como campo científico coerente e unificado foi proposto discutir a organização do conhecimento biológico no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” pela interação dos três níveis

hierárquicos de complexidade, já apresentados nos capítulos 1. e 2.: [ambiente externo (ecológico) [organismo [ambiente interno (genético/ molecular)]]].

O “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” iniciou suas atividades em novembro de 2006 e mantém suas atividades até o presente. Esse grupo é realizado em uma universidade pública, tendo por fundamentação teórica os aspectos filosóficos da Biologia. Destacam-se nas discussões do grupo as seguintes questões: O que caracteriza a Biologia como área científica específica? Qual o seu objeto de pesquisa e como caracterizá-lo? Quais os conceitos centrais e unificadores do conhecimento biológico? Como a discussão em Epistemologia da Biologia pode contribuir para o Ensino de Biologia?

O grupo integra participantes de diferentes níveis de formação (graduandos, pós-graduandos e docentes universitários), amparado no pressuposto de que a heterogeneidade do grupo permite um contexto de ensino-aprendizagem mais eficiente e abrangente para todos os participantes. Os integrantes do grupo são, ao mesmo tempo, sujeitos de pesquisa e pesquisadores. A partir das discussões teóricas desenvolvidas, os graduandos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas elaboram e desenvolvem subprojetos de pesquisas relacionados à integração das áreas entre Epistemologia da Biologia e Ensino. Os alunos de pós-graduação e docentes universitários, por sua vez, além de orientar as discussões do grupo analisam como ocorre o desenvolvimento dos conceitos científicos e a formação enquanto pesquisador na área de Epistemologia da Biologia e Ensino dos graduandos. As discussões geradas nesse grupo têm constituído dados de pesquisas para três trabalhos de doutorados que enfatizam diferentes níveis de complexidade no conhecimento biológico (ecológico, orgânico e molecular).

O “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” teve seu projeto e desenvolvimento financiado, a partir de dezembro de 2007, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tendo como objetivo geral investigar processos de formação inicial do pesquisador a partir da análise do desenvolvimento de um grupo de pesquisa, fundamentado nas discussões epistemológicas do conhecimento biológico e sua relação com o ensino de Biologia. E como objetivos específicos: (1) Verificar como a compreensão de ciência e cientista dos graduandos de Biologia é modificada ao longo do desenvolvimento do grupo; (2) Identificar como os participantes constroem seus objetos investigativos, concretizados em subprojetos, a partir das discussões geradoras que ocorrem no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”; (3) Compreender as contribuições para a formação em pesquisa e docência provenientes da imersão em um grupo de pesquisa; (4) Examinar como os graduandos estabelecem relações entre diferentes níveis hierárquicos

da descrição biológica, enfocando as interações estabelecidas entre os níveis ecológico, orgânico e molecular; (5) Inserir, no âmbito da Educação em Ciência, contribuições advindas da Filosofia da Ciência e da Biologia, em particular: as questões referentes à descrição hierárquica do conhecimento biológico – amparado na descrição hierárquica escalar de Salthe (1985; 2001) – por meio da abordagem dos conceitos de ecossistema (nível ecológico), organismo (nível orgânico) e gene (nível genético/molecular); e as discussões sobre vida, que especificam o objeto de estudo da Biologia.

A presente tese está inserida no contexto desse grupo de pesquisa e tem sua análise centrada nos conceitos de organismo e de vida e em como essas discussões tem contribuído tanto para um pensamento mais sistêmico dos alunos (com a mobilização de conceitos de diferentes níveis hierárquicos) quanto para sua formação enquanto pesquisador numa área de pesquisa pouca abordada nas faculdades de Biologia (Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências).

Durante o ano de 2007, as discussões do grupo, apesar de abarcar os três níveis de complexidade propostos [ambiente externo (ecológico/ evolutivo) [organismo [ambiente interno (genético/ molecular)]]], teve seu foco de discussão no conceito de organismo e de vida. A partir da análise dessas discussões, foram constituídos os dados empíricos apresentados no capítulo 5. No ano de 2008, esse grupo acrescentou novas discussões teóricas, como o debate em torno do conceito de gene e de ecossistemas, sem perder de vista a centralidade do conceito de organismo para a compreensão desses outros níveis. A análise do desenvolvimento do grupo no ano de 2008 constituiu dados para outros dois trabalhos de doutorados, um enfatizando os aspectos genéticos e moleculares, e outro o ecológico.

O passo inicial para a formação do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” foi a divulgação em novembro de 2006, entre alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, da construção de um grupo, de caráter voluntário e, portanto fora da grade horária curricular do curso de Ciências Biológicas, que objetivava pesquisar aspectos epistemológicos e filosóficos da Biologia. Apesar de muitos alunos relatarem não conhecer a área, 14 alunos se inscreveram para participar do grupo.

Após a inscrição foi marcada uma reunião em dezembro de 2006, na qual 11 alunos se posicionaram quanto às áreas da Biologia que eles tinham mais afinidade e responderam a um questionário inicial, no qual foram abordadas questões referentes ao padrão organizacional dos seres vivos e às interações entre os níveis genético, orgânico e ambiental, ou seja, conceitos científicos unificadores que seriam integrados nas discussões no desenvolvimento posterior do grupo.

Ao longo do ano 2007 as reuniões com os alunos de graduação tiveram atividades propostas e apresentadas pelas três pós-graduandas que coordenam o grupo e a participação de um professor palestrante. A seguir é apresentado um quadro com as atividades realizadas ao longo do ano de 2007. Esse quadro demonstra os três momentos das atividades referentes ao grupo que serão foco de análise da presente tese: 1) *Contato inicial* (conversa sobre a área de interesse dos alunos e aplicação do questionário inicial); 2) *Desenvolvimento* (no qual foram realizadas discussões conceituais e orientações de projetos de pesquisas na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências de graduandos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas); 3) *Finalização* (no qual são apresentados seminários dos projetos desenvolvidos ou em desenvolvimento pelos graduandos e realizada uma entrevista individual sobre o desenvolvimento do grupo).

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES – DESENVOLVIMENTO DO GRUPO		
2006	DATA	ATIVIDADES
CONTATO INICIAL	Novembro	<ul style="list-style-type: none"> • Conversa com os alunos sobre a realização do grupo e seu funcionamento
	Dezembro	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do questionário inicial • Conversa sobre a área de interesse de cada aluno
2007	DATA	ATIVIDADES
DESENVOLVIMENTO	D-1 08 de março	<ul style="list-style-type: none"> • Foram apresentadas quatro questões, do questionário inicial, relacionadas ao conceito de organismo e de vida (apêndice I). • As concepções de vida que eles apresentaram foram problematizadas com uma seqüência de questões adaptadas dos trabalhos de Silva (2006) e Coutinho (2005).
	D-2 15 de março	<ul style="list-style-type: none"> • Foi discutido o texto sobre explicações de vida, cuja referência é: “EMMECHE, Claus; EL-HANI, Charbel Niño. Definindo vida. In: EL-HANI, Charbel Niño e VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (orgs). <i>O que é vida?</i> Para entender a Biologia do século XXI. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000. P. 31-56”.
	D-3 22 de março	<ul style="list-style-type: none"> • Foi realizada uma síntese do texto discutido na aula anterior por meio de uma aula expositiva, com a utilização de transparências (apêndice II). • Em seguida os alunos responderam uma questão síntese (apêndice III) contendo várias frases sobre o conceito de vida, no qual deveriam escolher aquela (s) frase (s) que mais se aproximasse (m) de sua idéia de vida, justificando sua escolha. Além disso, deveriam comentar se houve modificação de sua concepção ao longo das reuniões. • Depois de respondida a questão, cada aluno fez um comentário sobre sua resposta. • Após a discussão, os alunos responderam um questionário sobre o tema níveis hierárquicos (apêndice IV) como introdução para as próximas discussões a serem realizadas nos outros encontros.
	D-4 29 de março	<ul style="list-style-type: none"> • Foram apresentadas e discutidas as outras quatro questões do questionário inicial (apêndice V). • Em seguida foi discutido o texto sobre a relação entre o nível molecular e orgânico, cuja referência é: “LEWONTIN, Richard. Gene e organismo. In: LEWONTIN, Richard. <i>A Tripla Hélice: gene, organismo e ambiente</i>. São Paulo, SP: Companhia das Letras, 2002. 138p”.
	D-5 12 de abril	<ul style="list-style-type: none"> • A Professora orientadora discutiu algumas possibilidades de pesquisa para o desenvolvimento dos projetos no grupo na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências (apêndice VI). • Foi realizada a revisão do texto da reunião anterior e discutido o texto sobre a relação entre o nível orgânico e ambiente externo de referência: “LEWONTIN, Richard. Organismo e ambiente. In: LEWONTIN, Richard. <i>A Tripla Hélice: gene, organismo e ambiente</i>. São Paulo, SP: Companhia das Letras, 2002. 138p”.
	D-6 26 de abril	<ul style="list-style-type: none"> • Formaram-se três subgrupos com intenção de discutir a elaboração dos projetos na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências dos graduandos voltados para os seguintes temas: ecossistema; organismo e conceito de vida; aspecto molecular. Cada um destes subgrupos³⁷ seria coordenado por um aluno de doutorado.

³⁷ Os alunos se dispunham nos subgrupos de acordo com seu interesse de pesquisa. Assim, os alunos desenvolveram trabalhos apenas em dois subgrupos: organismo/vida e ecossistema. O subgrupo que enfatizava os aspectos moleculares não teve alunos inscritos e a doutoranda responsável por esse subgrupo passou a ajudar nas discussões dos outros dois. Um dos motivos para não ocorrer a escolha desse tema talvez seja a própria ênfase dada ao papel central do organismo e o fato que um seminário sobre a concepção sistêmica de gene só ter sido realizado em setembro, quando os alunos já desenvolviam os projetos.

	D-7 17 de maio	<ul style="list-style-type: none"> Foi apresentado o texto de Meghioratti <i>et al</i> (2006), com o título de “Recorrência da idéia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e contexto sócio-cultural” para ilustrar a elaboração de uma pesquisa que utilizava tanto uma fundamentação na história da biologia quanto desenvolvia uma parte empírica com base numa abordagem qualitativa de pesquisa. Em seguida, foi realizado um seminário sobre os tipos de pesquisas qualitativas, sua importância para a área de pesquisa de educação e suas características. Essa reunião tinha como objetivo estimular os alunos a pensarem em projetos de pesquisa que tivessem na interface entre Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências. Depois, ocorreram discussões nos subgrupos sobre a elaboração dos projetos.
	D-8 25 de maio	<ul style="list-style-type: none"> Ocorreu um seminário com um Professor convidado da área de Física que discorreu sobre o tema “Auto-Organização e Complexidade: Uma Introdução Histórica e Crítica”. Em seguida, os alunos discutiram sobre o tema.
	D-9 31 de maio	<ul style="list-style-type: none"> Os alunos fizeram levantamento bibliográfico na <i>Internet</i> para a elaboração de seus projetos de pesquisa.
	Mês de junho	<ul style="list-style-type: none"> Enviamos por e-mail um questionário que versava sobre: a concepção de ciência e cientista; as atividades desenvolvidas no grupo; e os projetos de pesquisa (apêndice VII).
	D-10 5 de julho	<ul style="list-style-type: none"> Foram discutidos os conceitos de organismo e auto-organização. Uma das pesquisadoras apresentou um seminário sobre o termo organismo e sua associação com a idéia de auto-organização. Em seguida, foi realizada uma discussão do questionário que abordava a concepção de ciência e cientista, as atividades desenvolvidas no grupo e os projetos de pesquisa (apêndice VII).
	D-11 12 de julho	<ul style="list-style-type: none"> Foram realizadas discussões sobre o desenvolvimento dos projetos de pesquisa dos graduandos.
	D-12 19 de julho	<ul style="list-style-type: none"> Foram apresentadas e discutidas as idéias de níveis hierárquicos de complexidade e emergência.
	D-13 30 de agosto	<ul style="list-style-type: none"> Foram realizadas discussões sobre o desenvolvimento dos projetos de pesquisa dos graduandos.
	D-14 05 de setembro	<ul style="list-style-type: none"> Foram realizadas discussões sobre o desenvolvimento dos projetos de pesquisa dos graduandos.
	D-15 12 de setembro	<ul style="list-style-type: none"> Foi apresentado um seminário sobre as dificuldades em se conceituar genes. Em seguida os alunos discutiram o tema.
	D-16 19 de Setembro	<ul style="list-style-type: none"> Foi apresentado um seminário sobre o conceito de ecossistema e discutidas as possibilidades da utilização da biossemiótica para a compreensão deste.
FINALIZAÇÃO	30 de outubro	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação dos trabalhos desenvolvidos (Trabalhos de conclusão de curso, projetos encaminhados a órgãos financiadores e projetos em desenvolvimento) na forma de seminários.
	31 de outubro	<ul style="list-style-type: none"> Entrevistas com os alunos (apêndice VIII).
	01 de novembro	<ul style="list-style-type: none"> Entrevistas com os alunos (apêndice VIII).

QUADRO 3: Atividades realizadas no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”.

4.2. Fundamentação metodológica e coleta de dados

A parte empírica desse trabalho teve como fundamentação a metodologia de pesquisa qualitativa, sendo caracterizada como um estudo de caso, já que é delimitado por uma situação de interesse particular (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p.17): um grupo voltado para a formação de pesquisadores tendo como aporte teórico aspectos filosóficos do conhecimento biológico. Para Flick (2004), na investigação qualitativa há uma interdependência mútua das partes individuais do processo de investigação, ou seja, existe uma intrínseca relação entre dados e teoria, dados e processos de análise, obrigando o investigador a uma constante reflexão sobre a totalidade do processo de investigação e sobre cada passo particular à luz dos demais. Dessa forma, cabe ressaltar a importância da coleta de dados em diferentes momentos da pesquisa mediante a utilização de vários instrumentos, como entrevistas, questionários, entre outros.

Para Lüdke e André (1986, p.18), os estudos de casos possuem as seguintes características: (1) visam à descoberta, novos elementos podem surgir no desenvolver do estudo; (2) enfatizam a interpretação em contexto, as questões estão delimitadas a uma situação particular; (3) buscam retratar a realidade de forma complexa e profunda, enfocando a multiplicidade de dimensões presentes em determinado contexto; (4) usam uma variedade de fontes de informação, por exemplo, coletados em diferentes momentos e com diversos instrumentos; (5) permitem generalizações naturalísticas, ou seja, contribuem para a associação dos dados obtidos a experiências pessoais (principalmente por ter um caráter descritivo); (6) procura representar os diferentes pontos de vistas presentes, fundamentado na orientação de que a realidade pode ser vista por meio de diferentes perspectivas; (7) utilizam linguagem narrativa acessível ao leitor.

A delimitação do caso estudado é fundamental para a apresentação de nossos resultados, uma vez que a estrutura do grupo interfere diretamente na formação de pesquisador dos graduandos de biologia e no contexto de ensino-aprendizagem dos conceitos abordados.

4.2.1. Coleta de dados

Para compreender o papel do grupo na formação dos graduandos enquanto investigadores e analisar o conceito de organismo e vida foram utilizadas diversas formas de coletas de dados, tais como: entrevista em grupo; projetos de pesquisa e relatórios elaborados pelos sujeitos da pesquisa; questionários semi-estruturados; observação participante e entrevistas individuais.

As reuniões do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” foram gravadas em áudio em um gravador digital e depois transcritas pelas pesquisadoras. As reuniões tiveram em média duas horas de duração. Cada gravação foi escutada diversas vezes e foram transcritas as partes das gravações mais relevantes para o trabalho da presente tese, preferencialmente, momentos de discussões e elaboração de conceitos protagonizados pelos alunos de graduação participantes do grupo.

A gravação em áudio apesar de apresentar maior dificuldade no processo de transcrição tem a vantagem de permitir que o sujeito apresente menor grau de inibição. No entanto, o processo de transcrição das falas foi facilitado pelo longo convívio das pesquisadoras com os sujeitos de pesquisa ao longo do ano de 2007.

Antes do início do grupo, 11 alunos do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas responderam a um questionário inicial (em dezembro de 2006). No entanto, no início das atividades do grupo outros alunos iniciaram sua participação, ficando este constituído por 13 alunos. Oito alunos acompanharam todas as atividades do grupo, desde a resposta ao questionário inicial até a fase de finalização das atividades do grupo em novembro de 2007. Portanto, a análise enfatizará esses oito alunos que acompanharam todo o processo de desenvolvimento do grupo. Estes alunos estão representados ao longo da transcrição e análise por: *A-1*, *A-2*, *A-3*, *A-5*, *A-7*, *A-8*, *A-10* e *A-11*. Apesar da ênfase da análise estar centrada nestes oito alunos, algumas vezes, faz-se necessário no contexto do discurso dos alunos indicar outros sujeitos que participaram temporariamente do grupo de pesquisa. As pesquisadoras que acompanharam o desenvolvimento do grupo (três doutorandas e uma professora orientadora) estão representadas por *P1*, *P2*, *P3* e *P4*. Quando durante as gravações das discussões do grupo não era possível reconhecer a voz do aluno no áudio e essa fala era importante para a análise esta foi representada por *A (?)*. A fala conjunto era representada pela palavra *alunos*.

Como as discussões do grupo ao longo do ano de 2007 estiveram centradas principalmente no conceito de organismo e de vida, a coordenação nos momentos dos debates no grupo foi conduzida em maior parte pela pesquisadora P1, para a constituição dos dados de pesquisa da tese de doutorado da mesma. As outras pesquisadoras ajudavam nessa coordenação e quando necessário produziam notas de campo das situações que ocorriam no grupo. Além disso, o desenvolvimento do grupo era objeto de reflexão das quatro pesquisadoras envolvidas, que coletivamente decidiam estratégias e formas de proceder no grupo.

Os dados obtidos pelas gravações das reuniões foram complementados por outras formas de coleta de dados, como questionários, entrevistas individuais e outros materiais escritos como projetos e relatórios. A utilização de diferentes formas de coletas assegura uma maior confiabilidade dos dados obtidos. Por exemplo, um conceito ou idéia expressa por um aluno pode ser recorrente nas respostas dos questionários, nas discussões e nos relatórios. Os dados sobrepostos permitem uma maior segurança na análise realizada. A utilização de diferentes fontes de coleta de dados é chamada de *triangulação dos dados*. A palavra triangulação na pesquisa qualitativa indica a combinação de diferentes métodos, grupos de estudo, ambientes locais e temporais e perspectivas teóricas distintas no tratamento de um fenômeno (FLICK, 2004, p.237). A seguir discutimos em detalhe cada uma das formas de coletas utilizadas para a constituição de dados da presente tese de doutorado.

4.2.1.1. Entrevistas em grupo

No início de cada novo conceito ou tema a ser trabalhado no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” eram realizadas entrevistas em grupo (discussões coletivas norteadas por questões problematizadoras) guiadas pelas alunas de pós-graduação (pesquisadoras). Para exemplificar a forma como essas entrevistas em grupo eram conduzidas, destaca-se a seguir um desses momentos na primeira reunião do grupo em março de 2007.

Na primeira reunião do grupo foi realizada uma entrevista (ou discussão coletiva) cujo tema era a possibilidade de se definir ser vivo e o conceito de vida. Para gerar um conflito cognitivo nos graduandos participantes do grupo foram realizadas questões adaptadas dos trabalhos de Coutinho (2005) e Silva (2006). Assim os alunos foram questionados sobre o que é vida, sobre a importância da reprodução para uma definição biológica de vida, sobre a

manutenção da individualidade, entre outros aspectos. As colocações dos alunos geravam novos problemas e estimulavam o pensamento reflexivo e crítico³⁸.

A utilização das entrevistas em grupo possibilitou compreender as diferentes perspectivas sobre o mesmo tema e estimular a proposição de idéias de forma coletiva. Após as entrevistas em grupo, seguia-se o aprofundamento da discussão sobre o tema que havia sido debatido. Dessa forma, a partir do levantamento das diferentes perspectivas apresentadas sobre o tema proposto nas entrevistas em grupo, os pós-graduandos distribuíam textos científicos e/ou ministravam seminários para aprofundar a discussão e sistematizar as idéias sobre aquele tema. Os textos estudados eram discutidos em grupo, procurando sistematizar e rever as idéias apresentadas.

Flick (2004) destaca que a entrevista em grupo se aproxima das formas de comunicação cotidiana, isto é, está amparada na troca de idéias entre vários indivíduos do grupo. Na entrevista individual isso não é possível, pois o indivíduo não troca informações com o entrevistador, a informação é unidirecional. Outro importante fator na entrevista em grupo é que ela permite a correção das posições individuais, reconstruindo opiniões individuais de forma mais adequada (FLICK, 2004, p.126). Portanto, durante as discussões os alunos estão construindo novos conhecimentos.

Existem dificuldades na análise dos dados obtidos a partir das gravações e transcrições das discussões em grupo, tais como o reconhecimento da fala dos diferentes interlocutores e a participação mais ativa de determinados membros do grupo, enquanto outros resistem em expressar seus pontos de vistas. Essas dificuldades podem ser minimizadas quando a coleta de dados é complementada por questionários, relatórios e entrevistas individuais, destacando a importância da combinação de diferentes métodos de coleta.

4.2.1.2. Observação participante

Na observação participante o pesquisador se integra diretamente no campo pesquisado, podendo observar o contexto a partir da perspectiva de membro do grupo. Na observação participante o pesquisador influencia o contexto observado graças a sua

³⁸ No capítulo 5 a descrição da discussão conduzida nessa primeira reunião, a partir dessa entrevista em grupo, pode ser vista com mais detalhes.

participação (FLICK, 2004, p. 152). Portanto, é necessário estar ciente da forma como essa interferência ocorre, pois este processo também faz parte da pesquisa.

No “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” três pós-graduandas (doutorandas que coordenam o grupo) ocupam simultaneamente o papel de participantes ativos do grupo - direcionando as discussões, a aprendizagem conceitual e a elaboração de projetos - e o papel de observadoras – registrando e avaliando o processo de ensino-aprendizagem e o processo de desenvolvimento do grupo.

No papel de observadoras, as pesquisadoras faziam alguns registros de situações de interesse que ocorriam no grupo. Os registros foram realizados principalmente pelas pesquisadoras P2 e P3 (doutorandas participantes do grupo). Esses registros e impressões serviam para direcionar os próximos passos do desenvolvimento do grupo, ou seja, apesar de haver um plano prévio dos temas e atividades, conforme as situações se desenvolviam no grupo, algumas atividades eram reestruturadas.

4.2.1.3. Questionários

No grupo de pesquisa os alunos responderam a diversos questionários durante o ano de 2007. Estes se constituíram de questões abertas, no qual os graduandos expressavam seus conceitos e idéias sobre determinados temas. Foram realizados os seguintes questionários: questionário inicial (questões 1, 2, 7 e 8 no apêndice I e questões 3, 4, 5 e 6 no apêndice V), questionário sobre definições de vida após a discussão dessa temática (apêndice III), questionário sobre níveis hierárquicos (apêndice IV), questionário sobre o conceito de ciência e desenvolvimento do grupo (apêndice VII). Os questionários foram aplicados em vários momentos do desenvolvimento do grupo, por exemplo, no início das atividades sobre determinado tema específico, funcionando para levantar as concepções prévias dos graduandos e no fechamento da discussão do tema, para compreender o desenvolvimento conceitual do aluno sobre aquele tema específico.

4.2.1.4. Materiais elaborados pelos alunos

Os alunos elaboraram projetos e relatórios de pesquisa, desenvolvendo temas específicos associados à fundamentação teórica do grupo, ou seja, relacionados à Epistemologia da Biologia e o Ensino de Ciências. Os projetos de pesquisas foram realizados de acordo com as áreas de interesse de cada graduando. Estes projetos foram orientados a partir das discussões sobre os conceitos unificadores do conhecimento biológico. Este tipo de documentação permitiu analisar como o aluno utilizou a estrutura do discurso científico e como ocorre o processo de desenvolvimento desse aluno quanto pesquisador na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências.

4.2.1.5. Seminários

Os graduandos participantes do grupo, no final das atividades em 2007, apresentaram os trabalhos relativos às pesquisas desenvolvidas ao longo do ano na forma de seminários. Cada apresentação teve em média 20 minutos de exposição oral e 10 minutos para debate. Os seminários aconteceram no dia 30 de outubro de 2007, sendo gravados em áudio e transcritos na íntegra pelas pesquisadoras P1, P2 e P3.

4.2.1.6. Entrevistas individuais

As entrevistas individuais foram realizadas na finalização das atividades do grupo no ano de 2007 nos dias 31 de outubro e 1 de novembro. O roteiro da entrevista está indicado do apêndice VIII. As entrevistas tiveram o formato semi-estruturado com questões básicas que funcionavam como um roteiro, mas que permitia a inclusão de novas questões de acordo com a dinâmica de cada entrevistado. As entrevistas foram registradas em áudio e transcritas na íntegra. Cada entrevista teve aproximadamente de 30 a 40 minutos de duração.

As entrevistas foram realizadas com a presença de três pesquisadoras (P1, P2 e P3), mas coordenada pela pesquisadora P1. Antes da realização das entrevistas foi decidido que a pesquisadora P1 desenvolveria o roteiro da entrevista semi-estruturada para que não

prejudicasse a dinâmica da entrevista. As outras pesquisadoras quando percebiam a necessidade de esclarecer certos pontos ao longo da entrevista, faziam preferencialmente seus questionamentos ao final do desenvolvimento do roteiro.

4.2.2. A análise dos dados coletados

Entre as discussões realizadas no grupo, o conceito de organismo ocupou um papel relevante, associado a uma visão mais ampla de vida. Neste trabalho de doutorado, é analisado se as discussões sobre o conceito de organismo tendo por base uma estrutura hierárquica do conhecimento biológico permitem a formação de um pensamento mais integrado nos alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas participantes no grupo. Dessa forma, para analisar as respostas dos alunos recorreu-se ao estruturalismo hierárquico de Salthé (1985; 2001), o qual propõe que a realidade pode ser descrita como um sistema triádico, estando o objeto de análise no nível focal da tríade.

Como foi discutido no *capítulo 1*, o organismo foi entendido nessa tese como foco de análise e elaborou-se a seguinte relação triádica para descrever os fenômenos biológicos: [Ambiente Externo (nível ecológico/ evolutivo) [Organismo (nível orgânico) [Ambiente Interno (nível genético-molecular)]]]. Nesse sentido, podem-se reconhecer quatro tipos de interações entre esses níveis, que foram representadas pelas seguintes categorias: (1) ambiente interno agindo sobre o organismo; (2) organismo agindo sobre o ambiente interno; (3) ambiente externo agindo sobre o organismo; e (4) organismo agindo sobre o ambiente externo³⁹. Essas categorias foram utilizadas para compreender se os estudantes conseguem mobilizar conceitos de diferentes níveis hierárquicos em diferentes sentidos (superior em direção ao focal, focal em direção ao superior, focal em direção ao inferior e inferior em direção ao focal).

As atividades no grupo foram divididas em três etapas: (1) *Contato Inicial*; (2) *Desenvolvimento*; (3) *Finalização*. Sendo que a fase de *desenvolvimento* foi dividida na análise em quatro partes: *problematização*; *discussão sobre explicações de vida presentes na*

³⁹ Em relação às categorias propostas, faz-se a seguinte ressalva, quando se fala de um nível superior *agindo* sobre um nível inferior, essa ação é realizada por meio de restrições e seleção dos estados possíveis, como apontado por El-Hani e Emmeche (2000), 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.

literatura; discussão sobre as interações entre ambiente interno, organismo e ambiente externo; o papel do grupo na formação de pesquisadores. Para cada uma das etapas da análise foi criado um quadro com uma síntese das principais idéias apresentadas e atividades realizadas pelos graduandos, chamando cada quadro de *síntese de significação*. Esse quadro, amparado no trabalho de Caldeira (2005), serviu para comparar a dinâmica do desenvolvimento do grupo realizada no capítulo VI.

5. CAPÍTULO - O DESENVOLVIMENTO DO “GRUPO DE PESQUISAS EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA”: DISCUTINDO CONCEITOS DE ORGANISMO E VIDA COM GRADUANDOS DE BIOLOGIA

A análise dos resultados neste capítulo buscou investigar: (1) o conceito de organismo dos graduandos de biologia; (2) se durante o desenvolvimento do grupo e ao final deste o conceito de organismo construído pelos alunos auxiliam a mobilização de conceitos de diferentes níveis hierárquicos do conhecimento biológico, contribuindo para uma visão mais sistêmica do conhecimento biológico; (3) se a participação em um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia” contribui para uma visão mais crítica da ciência e para a formação intelectual do futuro professor de Biologia.

Cabe ressaltar que a análise dos diferentes momentos do grupo estará focada nos oito alunos que acompanharam todo o desenvolvimento das atividades, estes estão representados por: *A-1*, *A-2*, *A-3*, *A-5*, *A-7*, *A-8*, *A-10* e *A-11*. Apenas quando foi necessário para explicar uma idéia ou dentro de uma situação de diálogo entre alunos, apontaram-se falas de outros participantes. Dessa forma, três alunos que responderam ao questionário inicial, mas não freqüentaram o grupo (*A-4*, *A-6* e *A-9*) e dois alunos que participaram do grupo, mas não acompanharam as atividades até o final de 2007 (*A-12* e *A-13*) não serão enfatizados na análise realizada nessa tese.

5.1. Contato inicial

5.1.1. Perfil inicial dos alunos quanto às áreas de interesse

Em dezembro de 2006, foram realizadas conversas individuais, registradas em notas de campo, com os alunos que responderam ao questionário inicial, perguntando sobre os temas e áreas que eles tinham mais interesse para desenvolver um trabalho de pesquisa. Na mesma conversa foi perguntado sobre o conhecimento da área de Epistemologia da Biologia que estava sendo proposta no trabalho do grupo. Os alunos, em geral, afirmaram que não tinham contato com a área, mostrando desconhecimento de como poderiam ser realizadas

pesquisas que estivessem centradas na Epistemologia da Biologia. No *quadro 4* estão apresentadas as áreas de interesse dos oito alunos que acompanharam todo o desenvolvimento do grupo ao longo do ano de 2007.

Alunos	Áreas de interesse
A-1	<ul style="list-style-type: none"> • Fisiologia • Neurofisiologia • Mente • Percepção • Comportamento • Educação • Sociologia
A-2	<ul style="list-style-type: none"> • Imunologia • Saúde • Farmacologia
A-3	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamento • Educação Infantil
A-5	<ul style="list-style-type: none"> • Filosofia • Biologia Geral • Ecologia
A-7	<ul style="list-style-type: none"> • Biologia celular • Fisiologia • Zoologia • Evolução • Biologia Molecular
A-8	<ul style="list-style-type: none"> • Zoologia
A-10	<ul style="list-style-type: none"> • Nutrição • Fisiologia
A-11	<ul style="list-style-type: none"> • Educação

QUADRO 4: Áreas dos interesses iniciais apontados pelos alunos participantes do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”.

Percebe-se pela a análise do *quadro 4* que apesar de todos os alunos fazerem um curso de licenciatura, apenas A-1, A-3 e A-11 citaram inicialmente um interesse na área de educação. Um aluno (A-5) disse que tinha interesse na área de filosofia e outro (A-1) disse que se interessava por estudos da mente e já realizava estudos sobre percepção, tendo algumas leituras sobre semiótica.

O não interesse pela área de educação, apresentado por alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, é condizente com pesquisas (BRANDO, 2005; LIPPE e BASTOS, 2007) sobre a perspectiva profissional de futuros professores de biologia que

demonstram que muitas vezes o curso de licenciatura não é escolhido pelo desejo de ser professor, mas por fatores como a facilidade de entrar no vestibular e pela perspectiva de conseguir um emprego. Brando (2005), por exemplo, analisando a identidade profissional de alunos de um curso de Licenciatura em Biologia, afirma que a escolha da modalidade licenciatura parece não ser uma decisão convicta por parte dos alunos. Os resultados de Brando (2005, p. 78) indicam que grande parte dos alunos entrevistados gostaria de estar freqüentando um curso de bacharelado, mas que por “entenderem que um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas lhes dá possibilidades de trabalhar com pesquisa, optam pela licenciatura, sem se dar conta das conseqüências desse ato para sua formação”. A autora ainda indica que um dos atrativos para a escolha em cursar licenciatura é a possibilidade da docência se constituir em um primeiro emprego.

Lippe e Bastos (2007) também apontam alguns fatores que podem desestimular a escolha de seguir a docência em alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, entre eles: as condições da educação básica e seus baixos salários; o fato de que muitas vezes as disciplinas de licenciatura não conseguem estabelecer uma ponte entre as teorias estudadas nas disciplinas pedagógicas e a prática de sala de aula; e o envolvimento dos alunos em áreas e funções específicas do bacharel.

O não interesse de alunos de licenciatura pela área de educação, no momento da escolha do curso é confirmado também pelas entrevistas realizadas no final do desenvolvimento do grupo, na qual apenas duas alunas A-5 e A-11 disseram ter entrado no curso com a intenção de ser professoras. Enquanto os outros destacaram motivos tais como: a facilidade de passar no vestibular, a cidade e a isenção da taxa de inscrição para alunos de escolas públicas.

Apesar dessa visão negativa da área de educação por parte dos alunos, é possível que a construção de uma fundamentação teórica consistente, a reflexão sobre a prática da sala de aula e a compreensão de elementos integradores do Ensino de Biologia possam contribuir para aproximar os alunos à área de Educação. Isso pode ser observado nas discussões desenvolvidas no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”, no qual os alunos que não haviam apontado um interesse inicial pela área de educação, ao longo do desenvolvimento do grupo desenvolveram projetos na área do Ensino de Ciências e reconheceram a importância dessa área de pesquisa na sua formação intelectual.

A partir dos dados observados nessa etapa da pesquisa, foi construída uma primeira síntese de significação.

I – SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO Contato Inicial: Área de Interesse
<ul style="list-style-type: none"> • Não conhecia a área de pesquisa voltada para a Epistemologia, História e Filosofia da Biologia. • A maioria não apresentava um interesse inicial pela área de educação mesmo estando em um curso de licenciatura.

QUADRO 5: Síntese de significação da área de interesse indicada pelos alunos no contato inicial

5.1.2. Questionário inicial

O questionário inicial esteve centrado principalmente no conceito de organismo e nas interações entre níveis. A partir das respostas ao questionário inicial foram realizadas as análises que estão divididas em três partes: (1) uma abordagem mais geral das questões 1, 2, 7 e 8 (APÊNDICE I), destacando diferentes categorias apresentadas nas falas dos alunos para cada uma das questões; (2) verificação das relações de interação entre os níveis hierárquicos, por meio das categorias propostas tendo por base o sistema triádico de Salthé; e (3) uma síntese do conceito de organismo e dos níveis hierárquicos enfatizados por cada aluno.

5.1.2.1. A concepção de seres vivos

Apresenta-se neste tópico a concepção de seres vivos (organismos vivos) pela análise das questões⁴⁰ 1, 2, 7 e 8 inclusas no questionário inicial. Estas questões estão apresentadas no *quadro 6*. O questionário foi respondido por 11 alunos, mas a análise que se segue é referente apenas aos oito alunos que participaram durante todo o desenvolvimento do grupo.

⁴⁰ As outras quatro questões do questionário inicial (3, 4, 5 e 6 apresentadas no apêndice V) não estavam diretamente relacionadas ao conceito de ser vivo, portanto não serão analisados aqui nesse tópico, entretanto, serviram como suporte para iniciarmos as discussões sobre emergência e ruídos do desenvolvimento em momentos específicos do desenvolvimento do grupo.

QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO INICIAL	
1	[imagens] O que eles têm em comum?
2	[imagens] Em que eles se diferem? Como essa diferença é possível?
7	O que é um ser vivo?
8	Vários componentes e estruturas que constituem um ser vivo são frequentemente reconstruídos 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?

QUADRO 6: Questões relacionadas ao conceito de ser vivo, incluídas no questionário inicial respondido por alunos de um curso de Biologia.

As questões 1 e 2 estão relacionadas à apresentação de imagens de seres vivos⁴¹. Foram apresentadas no questionário imagens de sete organismos, tendo representantes dos cinco reinos. Esse tipo de metodologia, na qual são apresentados seres vivos tem sido utilizada na literatura, por exemplo, em Alonso (1998) e Cuellar e Arenas (1998).

A primeira questão, na qual são apresentadas as imagens e em seguida perguntado: “O que eles têm em comum?”, tinha por objetivo reconhecer quais propriedades seriam listadas como sendo comum aos seres vivos de diferentes grupos (apesar de estimular a formulação de listas, procurava-se entender em qual nível de organização hierárquica o aluno enfatizava suas respostas). Entre os oito alunos focos da análise foram encontrados os seguintes tipos de respostas:

1. O que eles têm em comum?	Sujeitos
Interação com o meio ambiente	A-3, A-5, A-8
Reprodução	A-1, A-7, A-10
Vida	A-2, A-5, A-8
Organização	A-1, A-10
Material genético	A-3, A-7
Células	A-2
Relação evolutiva	A-7
Possuem metabolismo	A-7
Comportamento	A-8
Obtenção de energia	A-10

QUADRO 7: Respostas dos alunos a questão 1 do questionário inicial.

⁴¹ No questionário inicial as questões são referentes ao ser vivo, procurando evidenciar o conceito de organismo. Apesar disso, nas análises realizadas são também utilizadas as pesquisas que tratam do conceito de vida (conceito extremamente ligado ao de organismo, mas que é mais amplo que este) para ajudar na análise do conceito de ser vivo dos alunos no questionário aplicado.

As respostas dos alunos enfatizaram principalmente a interação com o meio ambiente (sem especificar as formas dessa interação), a reprodução e a presença de “vida”. Para alguns alunos, o ser vivo apresenta “vida”, mas o que é esse conceito não é discutido, pode se traçar um paralelo entre essas idéias e as idéias vitalistas na história da biologia que reconheciam a vida como uma substância ou algo “diferente” presente nos seres vivos. O critério da reprodução parece ser comum na atribuição de vida por estudantes de diferentes níveis de ensino sendo apontado também nas pesquisas de Alonso *et al* (1998) e Cuellar e Arenas (1998).

Nas respostas dos alunos também apareceram idéias referentes aos seres vivos possuírem um código genético e a existência de uma organização. O resultado referente à existência de um código genético como caracterizador dos seres vivos é condizente com os estudos de Bruzzo (2000), Kawasaki e El-Hani (2002a; 2002b), Coutinho (2005) e Silva (2006) que apontam principalmente para a utilização de critérios moleculares para atribuição de vida.

As idéias referentes aos seres vivos indicadas pelos estudantes não estavam integradas de forma consistente nas respostas e eram apenas citadas como características típicas dos seres vivos. Dessa forma, os alunos nessa questão, em seu conjunto, enfatizaram os três níveis de organização nas respostas (ambiente externo, orgânico e ambiente interno). Entretanto, como será visto no item 5.1.2.3, referente ao perfil de cada aluno no questionário inicial, muitas vezes, os alunos enfatizam apenas um dos níveis quando analisada a totalidade das respostas de cada um dos alunos no questionário inicial.

Na segunda questão, na qual foram apresentadas as imagens e em seguida perguntado: “Em que eles se diferem? Como essa diferença é possível?”, os alunos deveriam não só reconhecer que existem diferenças entre os seres vivos, mas também procurar formular uma explicação para essa diferença, ultrapassando assim o caráter descritivo da primeira questão. Nessa questão, os alunos destacaram principalmente como diferenças entre seres vivos os aspectos morfológicos e a inserção em grupos taxonômicos distintos. Quanto à justificativa de como as diferenças entre seres vivos eram possíveis, os alunos citaram em suas respostas os aspectos evolutivos, o meio ambiente como determinante do organismo e o material genético como mostrado no *quadro 8*.

2 a. Em que eles se diferem	Sujeitos
Grupos a que pertencem (Reinos, filos, tipos de células).	A-1, A-2, A-5, A-7, A-11
Morfologia	A-3, A-7, A-8, A-10
Tipo de ambiente em que vivem	A-1, A-3, A-5
Grau de complexidade	A-2, A-10
Material genético	A-3, A-11
Tempo de vida	A-8, A-10
Reprodução	A-8
2b. Como essa diferença é possível?	Sujeitos
Não respondeu	A-1, A-3, A-7
Evolução	A-2, A-5, A-8
O meio ambiente como determinante nas diferenças entre organismos	A-2, A-10
Material genético	A-11

QUADRO 8: Respostas à questão 2 do questionário inicial

A ênfase nos aspectos evolutivos era esperada, pois a evolução biológica tem sido considerada um importante eixo para compreender as similaridades e diferenças entre os seres vivos tanto no contexto da pesquisa biológica como no ensino de biologia (BIZZO, 1991; CHAVES, 1993; CICILLINI, 1991; CICILLINI, 1997). No entanto, percebe-se pela análise do quadro que no item 2b dois alunos enfatizam o ambiente como determinante nas diferenças entre os organismos vivos sem especificar como ele provocaria essa diferenciação. Também foi possível observar que três alunos não responderam ao item 2b, o que talvez indique uma falta de atenção ao responder a questão já que ela era composta de duas partes (Em que eles se diferem? E como essas diferenças são possíveis?) ou ainda uma dificuldade na elaboração de uma explicação para as diferenças entre os seres vivos. Ressalta-se também que apenas a aluna A-11 explicou as diferenças entre os seres vivos pela presença de material genético. Essa aluna apresentou no questionário inicial todas as respostas dentro de uma perspectiva genocêntrica.

A questão 7, “O que é um ser vivo?” não induzia, por exemplo, uma resposta por meio de uma lista de propriedades, permitindo a apresentação de explicações mais gerais do conceito de ser vivo. As respostas dos alunos destacaram na explicação do organismo: os aspectos reprodutivos (citado por seis dos oito alunos) e o metabolismo (citado por três alunos). Pode-se inferir por ser esta uma questão geral que a tentativa de definição de ser vivo ocorre principalmente pela capacidade reprodutiva nesse grupo de alunos. Isso é condizente com os dados de outras pesquisas que indicam uma ampla utilização do critério da reprodução como indicadora de vida (por exemplo, Alonso *et al*, 1998; Cuellar e Arenas, 1998). O quadro a seguir representa as repostas dos alunos à questão 7.

7. O que é um ser vivo?	Sujeitos
Capacidade de reprodução	A-1, A-2, A-7, A-8, A-10, A-11
Possui metabolismo	A-2, A-7, A-8
Nasce e morre	A-7, A-10
Ser que interage com o meio	A-3, A-10
Interação entre energia e matéria	A-1
Possui organização interna	A-1
Composição celular	A-8
Pode ser distinguido por uma lista de características	A-5
Possui material genético	A-11
Não há um conceito definido de vida	A-7

QUADRO 9: Respostas à questão 7 do questionário inicial.

Outro ponto a ser destacado é que as respostas dos alunos à questão “O que é um ser vivo?”, em geral, não buscaram fazer a ligação de uma propriedade apresentada com outra, ou seja, não produziram uma resposta sistemática do que seja um ser vivo. Entretanto, entre as repostas, a aluna A-7 apresentou uma posição mais crítica em relação ao conceito de ser vivo, no qual reconhece a dificuldade em se produzir uma definição.

A-7: Quando falamos que o cachorro, a árvore, o fungo é vivo não pensamos de fato o que é um ser vivo, pois não há uma idéia/ conceito formado para esta questão. Poderíamos dizer que é vivo tudo aquilo que nasce e se reproduz, mas aí veríamos que um vírus se enquadraria nesse diagnóstico, no entanto se um ser é vivo ele tem que morrer, mas vírus nunca morre. Na minha cabeça eu acho que é ser vivo tudo aquilo que possui metabolismo, mas aí vem à questão será que um vírus não é algo super adaptado e derivado devido essas características?

Percebe-se nesse fragmento que a aluna reconhece que intuitivamente é possível distinguir os seres vivos de objetos inanimados, mas que é difícil encontrar uma explicação desse conceito. A aluna explica o motivo da dificuldade em se chegar a uma posição usando como exemplo o problema de se categorizar casos limítrofes como os vírus entre os seres vivos. Emmeche e El-Hani (2000) consideram essa como uma visão tradicional presente entre biólogos, no qual se reconhece que existe uma facilidade em reconhecer seres vivos, mas que não existe a mesma facilidade em se definir vida devido ao fato de não existir um consenso de uma lista de propriedades suficientes e necessárias para a atribuição de vida.

A questão 8 buscava instigar os alunos a explicar a manutenção de uma certa individualidade ao longo da existência dos seres vivos. Nessa questão, três alunos recorreram à existência de um material genético que controla e mantém as características dos seres vivos. Evidenciando que frente a situações problemas, os alunos recorrem ao material genético como

uma fórmula para explicar as características dos seres vivos. Essa inferência é corroborada pelos excertos de falas obtidos na primeira reunião do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” (que será analisada no item 5.2.1). Na questão 8, outros tipos de respostas apareceram, mas não deixavam em evidência o mecanismo da manutenção da individualidade, por exemplo, dois alunos citaram o ambiente como uma forma de manter a individualidade, mas não explicitaram de que forma isso poderia ocorrer. A discussão dessa questão no desenvolvimento do grupo gera um importante debate entre os alunos, como será visto adiante.

8. Explicação da manutenção da individualidade de um ser vivo	Sujeitos
O meio ambiente como determinante da manutenção da individualidade	A-1, A-7, A-10
Material genético	A-3, A-7, A-11
Manutenção das características das espécies	A-2
Ação do organismo em relação às suas necessidades para a sobrevivência	A-5
A evolução de comportamentos inatos que permitem a sobrevivência	A-8

QRADRO 10: Respostas à questão 8 do questionário inicial

A análise realizada até aqui foi mais geral e teve como objetivo explicitar as questões relacionadas ao conceito de ser vivo e os tipos de respostas que os alunos ofereceram a cada uma delas. As tabelas indicam quais sujeitos apresentaram cada uma das categorias explicitadas. Em uma análise geral, percebe-se que as categorias mais freqüentes nas respostas dos alunos em relação aos seres vivos foram relacionadas: ao papel do ambiente (citado 11 vezes, destacando o ambiente na forma de interação, manutenção da individualidade dos organismos ou diversificação dos tipos de organismos), os aspectos reprodutivos (citados 10 vezes) e a existência de um material genético (citado 8 vezes). A seguir será discutido como as categorias referentes às interações entre os níveis hierárquicos aparecem no discurso dos alunos no questionário inicial.

5.1.2.2. A interação entre níveis na concepção de seres vivos

Neste subitem são analisados os quatro tipos de interações que foram descritas na metodologia: (1) ambiente interno agindo sobre o organismo; (2) organismo agindo sobre o ambiente interno; (3) ambiente externo agindo sobre o organismo; e (4) organismo agindo

sobre o ambiente externo. Essa análise, tomando o organismo como ponto focal, teve como objetivo reconhecer se e como o aluno integra conceitos de diferentes níveis de organização na explicação do organismo. Esses níveis são acessados de diferentes formas e, portanto para algumas categorias foram elaboradas subcategorias nas respostas dos alunos.

5.1.2.2.1. Ambiente interno agindo sobre o organismo

Dentro da (1) *categoria ambiente interno agindo sobre o organismo* foram freqüentes as idéias sobre material genético, presença de DNA e metabolismo. Podem-se reconhecer duas subcategorias que enfatizam o papel do ambiente interno na construção do organismo: (1a) organismo sendo determinado pelo material genético (as explicações que citam material genético e DNA como característica principal do ser vivo estariam colocadas nessa categoria); (1b) organismo como um sistema que emerge das relações internas sistêmicas (por exemplo, as explicações que consideram o metabolismo e/ ou a presença de uma organização interna).

A subcategoria (1a) apresentava uma visão do ambiente interno como sendo o genético, portanto uma visão mais reducionista. A seguir são citados alguns exemplos de falas que representam essa subcategoria (1a).

(Questão 1)

A-7: [...] Todos possuem material genético, DNA e de alguma forma se reproduzem, sexuadamente ou assexuadamente. [...]

A-11: Possuem material genético.

(Questão 2)

A-3: [Eles diferem] quanto às estruturas físicas, pois cada um apresenta códigos genéticos diferentes.

A-11: Esses seres vivos são classificados em diferentes reinos: animal, vegetal, fungos e procariontes. Cada um possui uma seqüência genética diferente, o que nos possibilita tal classificação.

(Questão 7)

A-11: É um ser capaz de se reproduzir gerando indivíduos semelhantes a ele e que possui material genético (DNA e/ou RNA).

(Questão 8)

A-3: A presença de informações genéticas que conduzem as características básicas do indivíduo.

A-11: DNA é o responsável por manter essa individualidade dos seres vivos.

Pode-se perceber o papel central que o DNA ocupa e a forma determinista como o material genético é visto em relação às características dos seres vivos, por exemplo, nas falas da aluna A-11 e A-3. A aluna A-11 considera o DNA a estrutura “responsável por manter a individualidade dos seres vivos”, enquanto a aluna A-3 entende que “as informações genéticas conduzem às características básicas do indivíduo”. A consideração do gene como um determinante central, sem analisar a rede de relações complexas em que ele se insere, acaba por tornar o organismo, no termo utilizado por Webster e Goodwin (1999), um epifenômeno do genoma.

A presença do determinismo genético era esperada nas respostas dos alunos devido às pesquisas que apontam uma crescente ênfase nos aspectos moleculares (KAWASAKI e EL-HANI, 2002a; KAWASAKI e EL-HANI, 2002b; COUTINHO, 2005; SILVA, 2006). Entretanto, o determinismo genético não foi tão evidenciado no questionário inicial quanto nas discussões que ocorreram no início do desenvolvimento do grupo. Na primeira reunião do grupo foi possível observar que quando os alunos são apresentados a questões problemáticas que geram conflito cognitivo eles recorrem ao DNA e ao material genético como uma solução fácil, talvez porque esse seja um discurso já internalizado e utilizado muitas vezes sem uma reflexão mais profunda.

Na subcategoria 1b foram classificadas as falas que levassem em consideração a presença de metabolismo ou certo tipo de organização interna que fosse característica dos seres vivos.

(Questão 1)

A-7: Todos possuem metabolismo.

(Questão 3)

A-1: Ser vivo é um organismo que apresenta certo nível de organização interna [...].

5.1.2.2.2. Organismo agindo sobre ambiente interno

A categoria (2) *organismo agindo sobre o ambiente interno* se referia às respostas que considerassem o organismo como um sistema de interações que pudesse restringir ou interferir nas reações de partes desse sistema. A resposta do aluno A-1 apesar de não apresentar o organismo agindo sobre o nível inferior diretamente, trata o organismo como um

sistema, no qual ocorre troca de energia e matéria. O aluno A-1 conseguiu mobilizar, mesmo sem aprofundar a resposta, os diferentes níveis (1, 2, 3 e 4) de interação em sua resposta. Esse aluno já apresentava no seu perfil inicial interesse pela área de filosofia e já possuía leituras sobre semiótica quando iniciou as atividades do grupo, o que poderia estar influenciando em suas respostas já nesse primeiro momento.

(Questão 3)

A-1: 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.

Os alunos A-2 e A-8 citam o organismo sendo capaz de fazer metabolismo, mas eles não explicitam a forma como isso ocorre. Suas respostas foram inseridas nessa categoria, pois enfatizam a *capacidade* do organismo em metabolizar, como se o padrão global formado no sistema (o organismo), pudesse agir sobre as interações de seu sistema (metabolismo).

(Questão 3)

A-2: Organismo é capaz de metabolizar e reproduzir.

A-8: Ser vivo é todo organismo composto por uma ou mais células capaz de metabolizar para a sua sobrevivência e se reproduzir.

Na fala da aluna A-8 percebe-se uma ação intencional do organismo sobre seu nível inferior, ou seja, seu ambiente interno. O organismo para a aluna A-8 é capaz de “metabolizar *para* a sua sobrevivência”. A questão da causalidade descendente, ou seja, o entendimento de como um nível superior age sobre um nível inferior é complexa, pois se o nível superior é formado pela interação de elementos do nível inferior, como o nível superior pode agir no nível inferior sem perder a fundamentação materialista da explicação? El-Hani e Emmeche (2000) para solucionar esse problema propõem que a estrutura de nível superior atua de forma a restringir os conjuntos de estados que poderiam ser realizados pelo nível inferior. Dessa forma, apesar do organismo e o ambiente externo atuarem no nível molecular essa ação não tem a intencionalidade indicada na fala de A-8.

5.1.2.2.3. Ambiente externo agindo sobre o organismo

Na categoria (3) *ambiente externo agindo sobre o organismo* ressaltou-se a capacidade evolutiva e adaptativa. A idéia de interação entre ser vivo e ambiente é freqüente, no entanto, em geral, não é explicitada como ocorre essa interação e qual o papel do ambiente nessa relação. Distinguíram-se as subcategorias: (3a) o ambiente agindo na diversificação dos seres vivos; (3b) o ambiente agindo conjuntamente com o genótipo na produção do fenótipo do indivíduo; (3c) o ambiente como manutenção do equilíbrio.

Na subcategoria (3a):

(Questão 2)

A-2: O que diferenciou foi o grau de complexidade que os organismos foram ganhando com o passar das eras geológicas e com o grau de resistência que o meio ofereceu.

Percebe-se que a resposta do aluno A-2 leva em consideração os aspectos evolutivos e a diversificação das espécies para explicar a diferença entre os seres vivos, o papel do ambiente seria proporcionar uma “resistência” que gera a diversidade. Não fica claro na resposta do aluno, no entanto, em que sentido ele utiliza a palavra resistência.

Na subcategoria (3b):

(Questão8)

A-7: Essa individualidade se dá através das características que nós possuímos em nosso DNA somado com os fatores ambientais adquiridos durante nossa vida.

Na fala da aluna A-7 é possível verificar a idéia de que o organismo é um ente passivo determinado pela soma dos fatores genéticos e ambientais. Essa abordagem faz com que o organismo perca sua centralidade no conhecimento biológico. Essa visão é criticada por muitos autores (por exemplo, LEWONTIN, 2002; WEBSTER e GOODWIN, 1999; EL-HANI, 2002a) que defendem o organismo como uma entidade ativa que reconstrói constantemente seu ambiente.

Na subcategoria (3c):

(Questão 8)

A-1: A manutenção [da individualidade] é feita pelo próprio ambiente, características que influenciam o indivíduo, a manutenção pode ser feita ao acaso também com alterações que ocorrem ao acaso.

A-10: Essa individualidade é mantida pela natureza para garantir o equilíbrio.

Nas respostas que foram enquadradas nessa categoria os alunos não deixam claro de que forma a “natureza” ou o “ambiente” atuariam sobre o organismo.

5.1.2.2.4. Organismo agindo sobre o ambiente externo

Na categoria (4) *organismo agindo sobre o ambiente externo* foram inseridas as respostas que entendiam o organismo como uma unidade que interage com o meio para sua auto-manutenção, ou seja, possui certa autonomia e/ou capacidade agencial.

(Questão 1)

A-3: Todos interagem com o ambiente desde que seja favorável a eles.

(Questão 2)

A-5: [...] Esses indivíduos exploram locais diferentes, são adaptados diferentemente e por isso é possível a diferença.

(Questão 8)

A-5: Esta individualidade deve estar ligada com as necessidades e possibilidades dos organismos. Pois tudo que é vantajoso deve ser mantido e o que prejudica deve ser alterado.

Nas respostas anteriores o organismo é reconhecido como tendo certo grau de autonomia. Esse tipo de resposta se aproxima da discussão que foi feita na revisão teórica que entende o organismo como unidade autônoma com capacidade agencial.

5.1.2.3. Perfil no questionário inicial em relação ao conceito de ser vivo de cada aluno

A partir da análise dos níveis de organização e as formas de interação utilizadas pelos estudantes em suas respostas, realizou-se uma síntese do conceito de organismo de cada aluno, procurando verificar os tipos de interações entre níveis e se existia um nível focal priorizado nas respostas dos alunos. Dessa forma, no *quadro 11*, destaca-se o perfil inicial de cada um dos oito alunos que participaram do grupo durante o ano de 2007 em relação ao conceito de ser vivo e ao nível hierárquico enfatizado. A análise foi realizada através de um panorama global das quatro questões diretamente relacionada com o conceito de ser vivo no questionário.

O conceito de organismo no questionário inicial

Alunos	Respostas dos alunos ao questionário inicial	Exemplos de respostas	Níveis de interação	Foco das respostas
A-1	O aluno destaca em suas respostas o fato dos seres vivos apresentarem uma determinada organização interna característica.	“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” (questão 1).	AI ↔ O ↔ AE	Ambiente interno (organização interna)
A-2	O aluno apresenta em suas respostas o meio ambiente como um fator de resistência que gera evolução e também cita o organismo como capaz de metabolizar e reproduzir.	“O que diferenciou foi o grau de complexidade que os indivíduos foram ganhando com o passar das eras geológicas e com o grau de resistência que o ambiente ofereceu” (questão 2). “Organismo é capaz de metabolizar e reproduzir” (questão 7).	AI ← O ← AE	Ambiente externo
A-3	A aluna destaca em suas respostas a presença de material genético como determinante das características básicas de um ser vivo e a ação do organismo sobre seu ambiente externo. A ênfase das respostas ocorre no ambiente interno.	“Todos apresentam algum tipo de material genético. Todos interagem com o ambiente desde que seja favorável a ele” (questão 1).	AI → O → AE	Ambiente Interno (determinismo genético)
A-5	A aluna enfatiza a individualidade dos seres vivos em suas respostas e suas ações sobre o meio ambiente externo. Não apresentando menção a componentes internos dos seres vivos.	“Estes indivíduos exploram locais diferentes, são adaptados diferentemente e por isso é possível a diferença” (questão 2). “Esta individualidade deve estar ligada com as necessidades e possibilidades dos organismos, pois tudo que é vantajoso deve ser mantido e o que prejudica deve ser alterado” (questão 8).	O → AE	Organismo

O conceito de organismo no questionário inicial				
Alunos	Respostas dos alunos ao questionário inicial	Exemplos de respostas	Níveis de interação	Foco das respostas
A-7	A aluna tenta elaborar uma lista de propriedades características dos seres vivos, mas tem uma perspectiva crítica reconhecendo a dificuldade desse empreendimento. Em outro momento, a aluna entende o organismo como determinado pelo ambiente interno e externo.	“Essa individualidade se dá através das características que nós possuímos em nosso DNA somado com os fatores ambientais adquiridos durante nossas vidas” (questão 8).	AI → O ← AE	Ambiente Interno (determinismo genético) e Externo
A-8	A aluna destaca em suas respostas a ação do organismo no ambiente externo e seus aspectos comportamentais. As propriedades de metabolismo, reprodução e evolução também são citadas, no entanto, não se estabelece uma relação entre elas.	“Além da vida, um comportamento. Até os vegetais e fungos se comportam mediante um clima, quantidade de água, etc” (questão 1). “Ser vivo é todo organismo composto por uma ou mais células capaz de realizar metabolismo para sua sobrevivência e se reproduzir” (questão 7). “A individualidade de cada ser vem de uma evolução de comportamentos que se tornam inatos ao organismo e indispensáveis para sua sobrevivência” (questão 8).	AI ← O ↔ AE	Organismo
A-10	A aluna destaca o papel do ambiente externo para a manutenção e organização dos seres vivos.	“Em cores, tamanhos, formas, complexidade, quanto tempo vivem, alguns são mais “bonitos”. Essas diferenças são possíveis porque a natureza permite e estimula isso” (questão 1). “Essa individualidade é mantida pela natureza para garantir o equilíbrio” (questão 8).	O ← AE	Ambiente Externo
A-11	A aluna apenas enfatiza o papel do material genético em suas respostas	“Possuem material genético” (questão 1). “Cada um possui uma seqüência genética diferente, o que possibilita tal classificação” (questão 2). “O DNA é o responsável por manter a individualidade dos seres vivos” (questão 8).	AI → O	Ambiente Interno (determinismo genético)

QUADRO 11: Síntese das respostas dos alunos ao questionário inicial. As setas indicam a direção da interação entre níveis e as siglas AI, O e AE representam respectivamente ambiente interno, organismo e ambiente externo.

A partir da análise desse quadro foi verificado que mesmo as quatro questões analisadas estando focalizadas nos seres vivos (o que permite a inferência de que o nível do organismo apareceria com maior frequência), uma aluna respondeu todas as quatro questões apenas a partir da consideração do material genético como determinante do organismo (A-11). O ambiente interno também foi priorizado nas respostas dos alunos A-1 (só que este na forma da presença de uma organização interna sistêmica), A-3 e A7 (nestes na forma de um determinismo genético como em A-11).

Dois alunos (A-5 e A-8) centram suas respostas na capacidade de agência dos organismos sobre o meio ambiente externo. O ambiente externo aparece como nível enfatizado nas respostas de A-2, A7 e A-10, mas o modo como o ambiente atua sobre o organismo não é detalhado.

Ressalta-se que as respostas dos alunos ao questionário inicial foram muito simplistas, se restringindo a listar propriedades sem relacioná-las em uma rede conceitual mais consistente, ou seja, ficaram restritas ao *explicandum* do conceito de organismo.

Pode-se, nesse momento, obter uma nova síntese de significação descrita a seguir.

II – SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO Contato Inicial: Questionário Inicial
<ul style="list-style-type: none">• Respostas simples, muitas vezes, utilizam-se estratégias de listar propriedades sem estabelecer relações entre estas. São enfatizados nas respostas os aspectos ambientais, reprodutivos e genéticos.• Níveis enfatizados: 1) ambiente interno: A-1 (organização interna), A-3, A-7 e A-11 (determinismo genético); 2) organismo: A-5 e A-8 (capacidade de agência); 3) ambiente externo: A-2, A-7 e A-10.

QUADRO 12: Síntese de significação das respostas apresentadas pelos alunos no questionário inicial

5.2. Desenvolvimento do grupo

As reuniões que ocorreram no Desenvolvimento do Grupo foram numeradas de 1 a 16 juntamente com a letra *D*. Assim, os fragmentos de transcrições das reuniões estão representados em ordem cronológica de *D-1* a *D-16*. Para evidenciar a dinâmica do *Desenvolvimento do Grupo*, a análise foi dividida em quatro etapas: (1) problematização do conceito de ser vivo e de vida; (2) discussão sobre explicações de vida presentes na literatura; (3) discussão sobre as interações entre ambiente interno, organismo e ambiente externo, destacando o papel do organismo; (4) o papel do grupo na formação de pesquisadores.

5.2.1. Problematizando o conceito de ser vivo através de uma discussão em grupo

A etapa de problematização refere-se à primeira reunião, realizada em oito de março de 2007. Nesta reunião foram apresentadas as mesmas quatro questões do questionário inicial relacionadas à concepção de seres vivos e ao conceito de vida (APÊNDICE I). No entanto, conforme os alunos respondiam, suas concepções eram problematizadas, isso era feito como uma forma dos alunos reverem seus conceitos e reconstruírem suas concepções, contribuindo para uma formação intelectual reflexiva. Para a problematização, foram utilizadas também questões adaptadas dos trabalhos de Silva (2006) e Coutinho (2005) (APÊNDICE I). Essa primeira reunião tinha, portanto, a função principal de colocar as dificuldades em se explicar o conceito de ser vivo e de vida e estimular a reconstrução desses conceitos pelos alunos. A seguir são apresentados alguns fragmentos significativos das discussões que ocorreram nessa primeira reunião.

D-1/FRAGMENTO 1

P-1: Vou começar retomando algumas questões do questionário [...] Então o que esses seres têm em comum?

Alunos: Material genético

P-1: Material genético? Tem mais alguma coisa?

A-8: Ciclo de vida.

A-2: Reprodução, metabolismo.

P-1: A reprodução pode ser considerada uma característica que define ser vivo?

Alunos: Pode

P-1: Tem ser vivo que não se reproduz?

Alunos: Não.

P-1: E os híbridos de duas espécies de seres vivos que não se reproduzem. Como ficam?

A-2: Reproduzir eles reproduzem, mas só não vão gerar um...

P-1: Nesse caso, esses seres que são estéreis, eles são seres vivos?

Alunos: São

P-1: E como ficaria nesse caso a reprodução para caracterizar um ser vivo?

P-4: A gente pode dizer: "São seres vivos os organismos que se reproduzem?".

Alunos (alguns): Não.

Alunos (alguns): Sim. Mas aí são estéreis.

A (?): Não dá para tirar uma característica comum.

P-1: Como que a gente poderia definir então um ser vivo? Já que não dá para achar uma característica comum

A-2: Metabolismo?

Percebe-se pela análise desse fragmento que quando a primeira questão do questionário inicial é retomada os alunos agora destacam em conjunto o papel do material genético. Estimulados a debater a questão, em seguida, aparece a capacidade de reprodução

como uma propriedade fundamental na caracterização de um ser vivo. A explicação de vida através da propriedade de reproduzir é colocada em discussão quando se insere a problemática de organismos híbridos e estéreis. A colocação desse problema faz os alunos ficarem em dúvida sobre a possibilidade de se usar essa propriedade para caracterizar os seres vivos. Essa dificuldade leva o aluno A-2 a pensar em uma outra propriedade para caracterizar os seres vivos: o metabolismo.

D-1/Fragmento 2

P-1: E o que eles têm de diferentes? Como essas diferenças são possíveis? São seres vivos, mas são diferentes. Como isso acontece?

A (?): DNA

P-1: [A pesquisadora coloca a questão quatro do questionário inicial, referente à manutenção da individualidade nos seres vivos] Por exemplo: eu sou um ser vivo, eu perco células, eu estou me 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-1: 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?

A-8: 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.

A-2: Acho que sempre vai ter base em alguma coisa, não vai ter um DNA ou um RNA, mas sempre vai ter alguma outra coisa que vai manter.

Ao longo da discussão foi verificado que conforme os problemas para se conseguir uma explicação dos seres vivos eram colocados para os alunos, eles recorriam com frequência ao material genético para resolvê-los. No fragmento acima os alunos apontam para a necessidade de uma forma de registro de informação, tal qual o DNA (ou seja, uma molécula que determina as características dos seres vivos) para a existência de qualquer forma de vida. Além disso, é possível perceber o determinismo genético presente na fala da aluna A-8 “Eu acho que se não é o DNA é uma informação genética *que diz* que vai ter a pele assim, cabelo assim” (grifo nosso). Percebe-se, nessa fala, a idéia de que o DNA sozinho determina as características dos seres vivos.

D-1/Fragmento 3

P-1: Os organismos são feitos dos mesmos elementos químicos presentes em muitos objetos. Então, por que os organismos apresentam vida e outras coisas não?

A-2: Aí cai na genética, não tem jeito, aí não tem como, cadeira ainda não tem genoma.

P-1: E o que é esse genoma afinal de contas? Por que isso é tão fundamental na sua explicação?

A-2: Porque ela que mantém a hereditariedade, ela vai passando a continuidade, ela que vai perpetuando ser vivo a ser vivo.

P-4: Então o que você está falando? O que caracteriza um ser vivo é o fato de ele ter material genético?

A (?): E material genético é a molécula de DNA.

No fragmento D-1/3 fica novamente evidente o papel do DNA na caracterização dos seres vivos. O papel do DNA começa a ser problematizado através de perguntas sobre os organismos multicelulares, como é visto no fragmento a seguir.

D-1/Fragmento 4

P-1: Em organismos multicelulares, poderíamos dizer que o organismo é vivo, mas suas células componentes não? O seu corpo é vivo?

Alunos: é

A (?): Mas os vegetais têm células mortas.

P-1: Então, a gente pode dizer que o organismo é vivo e suas células também são vivas, mas ela disse que têm células mortas. E aí?

A-2: [...] nós também temos células mortas no cabelo, mas o cabelo não se perpetua é a gente que se perpetua, o organismo.

P-1: O organismo é vivo ele se perpetua, e aquela célula lá?

A-2: A célula morta é célula morta.

A (?): Ela não tem metabolismo.

A-2: Ela não tem metabolismo.

[...]

P-1: Se a gente vai definir vida em função do material genético, e o glóbulo vermelho, que não tem o núcleo mais?

A-3: O organismo é vivo, existem células vivas e células mortas. Todas mortas não têm organismo, é o conjunto.

No fragmento D-1/4, o conflito cognitivo gerado pela constante problematização, leva os alunos a reconhecerem que o organismo é um sistema que pode ser formado por diferentes células, inclusive por células mortas, sendo o organismo o nível focal da vida. Isso pode ser visto na fala de A-3 “O organismo é vivo, existem células vivas e células mortas. Todas mortas não têm organismo, é o conjunto”.

A seguir é colocada a questão da vida artificial, no qual dependendo da fundamentação teórica utilizada, podem-se considerar as modelagens nos computadores não apenas como simulações, mas como seres vivos.

D-1/Fragmento 5

P-1: Para alguns cientistas que trabalham com vida artificial e que tentam criar realmente vida dentro de um computador [...] falam que aquilo que eles fazem é vida, não só representação da vida.

A-8: É só um programa, mas é um programa perfeitamente adaptado a realidade para que o robô responda aleatoriamente, alguém fez um programa então ele age dessa maneira, mas não é vida, é só um programa.

P-1: Alguns cientistas trabalham com a auto-organização, em como alguns programas conseguem se auto-organizar, então eles colocam alguns princípios básicos e deixam esse programa se auto-organizar, criarem novas funções, serem selecionados, competirem, como na evolução. [...]

[...]

A-8: Mas está baseado em alguma coisa que já é vivo não é? Então eles colocam uma coisa que já tem uma noção do tipo de resposta que vai acontecer, e aí vai mudando.

P-1: Mas não são totalmente previsíveis as respostas.

A-8: Mas eles colocam princípios que eles sabem.

P-1: Eles colocam princípios sim, mas eles tentam fazer com que o próprio programa se auto-organize de uma forma que não dá para prever, de início, o que aquilo vai dar, é o programa que vai interagindo e vai....

A-8: É adaptável.

A-5: Um ser humano vai interagindo com o meio como o computador [...] esse programa também vai interagindo com outros programas e se modificando. Por isso que eu acho [...]

A-8: É computador gente...é 1 e 0, é matemática, não é ...

A-2: Mas a gente também é A, T, C, G.

A-8: Mas o computador está ali, se não está ligando...

A-2: Nós também...

A-2: Eu acho até que sim, é outra concepção de vida.

A-5: Mas ser vivo tem objetivo, funções, tem finalidade. A capacidade do ser humano de interagir. Agora o computador não tem [...].

No fragmento D-1/5, a discussão acaba por revelar a importância de se definir teoricamente o conceito de vida como indicado na fala do aluno A-2 “Eu acho até que sim, é outra concepção de vida”. Além disso, esse mesmo aluno acaba por evidenciar como uma percepção reducionista da vida poderia levar a pensar a vida em termos apenas informacionais “Mas a gente também é A, T, C, G”.

Outro ponto importante nesse fragmento é a fala da aluna A-5 que para diferenciar organismos vivos de simulações em computadores destaca que o organismo age segundo propósitos, ou seja, ele tem uma capacidade de agência e suas ações são realizadas com um objetivo, por exemplo, obter alimento. Esse argumento está na base do conceito de agentes autônomos como apontado por Kauffman (2003), no qual destaca que até mesmo uma bactéria age em seu próprio benefício no ambiente.

Para voltar à discussão sobre a organização sistêmica dos seres vivos, os alunos foram questionados sobre os limites físicos do organismo multicelular. Percebe-se que os alunos voltam a colocar o papel do material genético, mesmo eles já tendo apresentado em momentos anteriores uma concepção mais sistêmica de organismo.

D-1/ Fragmento 6

P-1: [...] Por exemplo, estou vendo um sapo, até onde eu sei que é parte dele ou do ambiente? Porque a gente sabe que a nossa pele não é estática, como eu faço essa separação? Como eu posso separar o ser do ambiente? Identificar o que é o ser e o que é o ambiente do ser?

A (?): Aí entra o material genético de novo.

P-1: Mas aí pode perder célula que contém DNA.

A (?): Mas aí ela já não faz mais parte do ser.

P-1: O que é esse organismo? Como eu separo do ambiente? Como eu olho para ele e falo esse é o organismo e esse é o ambiente?

A (?): As células não estão soltas, elas estão ligadas [...] Se não tiverem nenhuma ligação, tem uma ligação no seu corpo, quando se perde célula, sua célula não é vida, não tem uma ligação no seu corpo.

[A pesquisadora começa a explicar pela primeira vez o conceito de ser vivo como um sistema de interações organizacionalmente fechado]

Em seguida, a pesquisadora 1 retoma a questão 5 do questionário inicial que não havia sido bem compreendida pelos alunos. Nessa questão é apresentada a informação que clones de bactérias, portanto com mesmo material genético, estão se dividindo no mesmo meio de cultura, no entanto, cada clone pode se dividir em períodos de tempo ligeiramente diferentes. Essa questão pretendia discutir que a constituição do organismo não depende apenas do material genético e do ambiente externo, como apontado por Lewontin (2002), mas que existem fatores aleatórios no ambiente interno, que fazem cada indivíduo ser único mesmo que sejam clones e estejam no mesmo ambiente.

D-1/Fragmento 7

P-1: [...] “Suponha que tenhamos inoculado em um meio líquido de crescimento em agitação constante uma única célula bacteriana e que essa célula tenha se dividido em 63 minutos. As duas células-filha obtidas, no entanto, não se dividiram simultaneamente 63 minutos mais tarde. Considerando que todas as células cresceram nas mesmas condições de cultura e que são geneticamente idênticas, qual poderia ser a causa da falta de sincronia na divisão celular?” O que pode causar essa variação?

A (geral): Mutação.

P-1: Só mutação? Será que se eu tenho o mesmo DNA e estou em um ambiente idêntico, obrigatoriamente vai ter que ser idêntica?

A-1: Não. Pode acontecer alguma coisa com uma, ao acaso, e com a outra não. Tem alguma coisa interna em uma que a outra não tem, alguma organização, alguma autonomia, alguma cultura interna que produz alguma coisa e não outra.

A-8: Se o meio é igual, o DNA é igual, não tem como ser diferente.

P-1: O meio externo, o meio de cultura.

A-8: Mas se o DNA é igual, o meio interno é igual.

P-1: Será que se o DNA é igual, com certeza o meio interno é igual também?

Alunos: É.

A (?): No caso de bactéria sim.

P-1: Quando uma célula vai se reproduzir ela passa só o DNA ou passa outras coisas junto?

A-1: Pode passar.

P-1: O que ela passa junto?

A (?): O citoplasma.

P-1: O que tem esse citoplasma?

[...]

P-1: Mas será que vai certinho, a mesma quantidade de um lado, a mesma quantidade para o outro?

A-1: Mas o ambiente interno não é só DNA.

A-8: Mas o DNA é quem faz o ambiente interno.

Percebe-se no fragmento D-1/7 que os alunos frente à questão colocada recorrem a fatores genéticos para explicar a diferença de tempo na divisão celular de dois clones inseridos em um mesmo ambiente. No entanto, quando a pesquisadora P-1 sugere que o DNA é idêntico e o ambiente externo também, gera-se um debate entre os alunos.

A aluna A-8 reivindica que o DNA é determinante do ambiente interno do organismo e que se “o DNA é igual, o meio interno também é igual”. Pode-se perceber a predominância do discurso determinista genético na fala da aluna, na qual o DNA é considerado um “programa” que determina toda a constituição do organismo. Entretanto, o aluno A-1 defende, em contraposição a aluna A-8, a existência de um tipo de organização particular em cada ser vivo e que o ambiente interno não é constituído apenas por DNA, ou seja, reconhece a importância de outros elementos da estrutura celular.

Nota-se também que para gerar um conflito na visão genocêntrica apresentada, a pesquisadora P-1 recorre à discussão sobre a divisão celular, questionando se apenas o DNA é transmitido durante a divisão. Entretanto, mesmo com a introdução desse questionamento a aluna A-8 mantém seu posicionamento em relação à posição determinista do DNA.

Finalizando a reunião a pesquisadora P-1 apresentou uma transparência discutindo a necessidade de focalizar a discussão do conceito de vida e do tipo de organização dos seres vivos, enfatizando as relações que os organismos estabelecem através das interações entre: ambiente interno, organismo e ambiente externo.

Percebe-se na etapa de *problematização* do *Desenvolvimento* do grupo, que as questões colocadas pretendiam auxiliar na reconstrução do conceito de ser vivo (organismo) como um sistema organizado. No início dessa primeira reunião, o que pode ser percebido pela organização dos fragmentos que estão em ordem cronológica, os alunos destacam em suas respostas a presença de DNA. Conforme as discussões avançam, começam a aparecer no grupo concepções mais sistêmicas dos seres vivos. No entanto, mesmo após essas concepções sistêmicas surgirem, aparecem novamente respostas que centram sua argumentação apenas no aspecto genético. Dessa forma, quanto às categorias de análise de

dados construídas, percebe-se que frente a novas situações colocadas, o grupo na fase de problematização recorre em geral ao ambiente interno como determinante do organismo vivo, sendo este ambiente interno restrito principalmente ao DNA.

A seguir é apresentada uma terceira síntese de significação a partir das principais idéias e processos observados nessa etapa da pesquisa.

III - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO Desenvolvimento do Grupo: Problematização
<ul style="list-style-type: none"> • No início da reunião os alunos apresentam principalmente uma visão genecêntrica em suas respostas sobre os seres vivos. • Com a discussão sobre os organismos multicelulares os alunos passam a ter uma visão mais sistêmica do organismo. • A discussão sobre a divisão de clones de bactérias em um mesmo meio de cultura permite alguns alunos perceberem que o DNA é apenas um dos elementos que se insere em uma rede de interações complexas no ambiente interno da célula. Entretanto, mesmo com essa discussão a aluna A-8 mantém nessa etapa uma perspectiva determinista do DNA em relação aos seres vivos.

QUADRO 13: Síntese da primeira etapa (problematização) do *desenvolvimento* do grupo.

5.2.2. Discutindo explicações de vida presentes na Biologia Teórica

Na etapa 2 do *Desenvolvimento* do grupo, as discussões centram-se em diferentes conceitos de vida encontrados na literatura. Para fundamentar essas discussões foi utilizado o texto “Definindo Vida” dos autores Emmeche e El-Hani (2000), o qual foi distribuído aos alunos antes da segunda reunião do grupo. As reuniões dos dias 15 e 22 de março de 2007 estiveram centradas no conceito de vida, no entanto, o conceito de organismo também aparece.

No início da discussão, percebeu-se que os alunos tiveram dificuldades na compreensão do texto, principalmente em relação à teoria da biossemiótica, um assunto que eles não haviam tido contato (com exceção do aluno A-1, que já havia feito leituras sobre o assunto). Buscou-se, discutir as dificuldades que os alunos apresentaram para entender as definições de vida (neodarwinista, autopoietica e biossemiótica) apontadas no texto.

Percebe-se no fragmento apresentado a seguir, que a partir da discussão desse texto, o aluno A-2 destaca a necessidade de uma explicação mais ampla de vida que unifique

a idéia de metabolismo enfatizada na teoria da autopoiese e os aspectos evolutivos abordados pela perspectiva neodarwinista. No entanto, as pesquisadoras ressaltam a dificuldade e a necessidade de se manter a consistência em uma teoria unificada.

D-2/Fragmento 1

P-4: Vocês acham que essas discussões ampliaram a visão que vocês tinham ou não? Vocês começaram a pensar o que além das características genéticas e ambientais? O que acrescentou?

A-2: Eu acho que precisa surgir uma quarta definição, entre a neodarwinista e a do Maturana.

A (?): Acho que tem que surgir mesmo. Eu acho que todas têm pontos bons, tinha que pegar as idéias legais de cada uma e conseguir juntar numa só, aí talvez conseguir ter uma definição que tivesse embasamento teórico assim como a teoria da evolução.

A-2: Não sei. Uma coisa que falasse bastante de metabolismo, que abrange bastante coisa, e um pouquinho de mutação, genética, uma coisa assim.

P-1: Tem algumas tentativas, não da autopoiese, porque ela não tem noção de informação, nem programa. Mas, têm algumas tentativas [...] que tentam juntar a auto-organização com a questão da evolução.

P-4: Para ser uma definição ela tem que ser consistente e dar conta dos problemas, se você começa fazer muita emenda você pode tirar a consistência dela. Essa é a dificuldade para fazer ciência.

A-2: Semana passada cada um começou a falar o que era vida, e aí tinha muitas perguntas: e isso e isso? Aí complica.

P-4: Você tem que tentar responder a partir de um referencial.

A-2: Vire e mexe a gente encontra algumas definições que não respondem a todas...

P-1: Pelo menos integrar...

Alguns alunos apresentaram dificuldades também em visualizar a possibilidade de uma explicação universal de vida que não fosse baseada apenas na vida como conhecida no planeta Terra. Isso pode ser observado no fragmento a seguir.

D-2/Fragmento 2

A-2: Duro é imaginar outras vidas fora da Terra.

A-8: A gente conhece a vida baseada em carbono. Então, têm essas três que incluem.

P-1: Aqui fala que uma definição de vida deve lidar com a vida como fenômeno universal, não só baseada em cadeias de carbono.

A-1: Então está longe de chegar lá.

P-1: Não. Essas três se encaixam.

A-1: Mas a gente conhece todas as formas de vida?

A-8: Não. Por exemplo, em marte, na biossemiótica, qualquer forma de vida vai ter signos, se relacionando, só que diferentes dos nossos.

A-1: Ah, tá.

[...]

P-1: Mas será que essas definições de vida que vimos não são suficientes? Não cabem em qualquer tipo de vida que a gente encontrar? Por exemplo, a vida como seleção de replicadores. Será que essa definição de vida como seleção de replicadores não cabe em qualquer tipo de vida que a gente encontrar?

A-2: Acho que pelo menos a da autopoiese...

A-3: Eu acho complicado. Aqui na Terra já tem o vírus que a gente fica é ou não é vida. Imagine em outros planetas.

A-1: Será que ela tem essa dinâmica de evolução? Será que não é uma coisa estática?

A-12: Acho que o ambiente modifica.

P-1: Vamos fazer um exercício de abstração. Seria possível alguma coisa como a vida ser estática?

A-2: Aí não seria vida, seria uma rocha.

A-1: Acho que o metabolismo...

A-8: Pode estar em equilíbrio e não ter necessidade de evoluir.

P-1: Mas aí não reproduz?

A-8: Tem uma teia metabólica.

P-1: Mas quando reproduz e o ambiente age, não é uma seleção com um tipo de replicação?

Percebe-se o desenvolvimento da dinâmica do grupo nesse fragmento, no qual a discussão entre os alunos serve para tornar mais claras as idéias. Por exemplo, no diálogo que acontece entre o aluno A-1 e a aluna A-8, o primeiro defende o fato de não conhecermos todos os tipos de vida, o que implicaria na impossibilidade de construir uma definição de vida. Nesse momento a aluna A-8, fundamentada na leitura do texto, explica que uma definição de vida amparada na biossemiótica seria válida para a vida em outros planetas, independente das formas de vida que lá existissem. Entretanto, mesmo com o esclarecimento da aluna A-8 ainda pode-se notar uma resistência à idéia de uma definição universal de vida.

Na reunião seguinte, o texto discutido foi sistematizado por meio da apresentação de um seminário da pesquisadora P-1. Após essa apresentação, os alunos foram instigados a fazer novos comentários sobre a discussão do conceito de vida. Nesse momento, percebeu-se pela fala do aluno A-2 que as discussões realizadas no grupo começavam a influenciar discussões de outras disciplinas o que pode ser observado no fragmento de fala abaixo:

D-3/Fragmento 1

A-2: Eu tenho que fazer uma apresentação de prática de ensino e meu tema é “vida e ambiente”, aí a gente estava discutindo o que a gente iria apresentar, a primeira coisa que eles [o grupo] queriam fazer era definir vida. Aí eu falei: “Vocês têm certeza que querem definir vida? Eu estou discutindo faz um tempão e a gente ainda não chegou a acordo nenhum”. Aí ela falou: “fala alguma coisa de reprodução”. Eu falei: E o Híbrido? Comecei a colocar as dúvidas para ela, ela [a aluna] já ficou louca...

Após a apresentação do seminário e de alguns comentários dos alunos, os graduandos participantes do grupo foram apresentados a uma questão síntese (Apêndice III),

no qual estavam descritas sete formas de explicações relacionadas ao conceito de vida. Os alunos deveriam escolher quais idéias se aproximavam de sua forma de pensar o conceito de vida, justificando seu ponto de vista. As idéias apresentadas na questão síntese foram:

1. A seleção favorece ou desfavorece genes isolados pela sua capacidade de sobreviver no seu ambiente, mas a parte mais importante desse ambiente é o clima genético oferecido por outros genes. A consequência é que conjuntos cooperativos de genes se reúnem em *pools* de genes. Corpos individuais são unitários e coerentes, como na realidade o são, não porque a seleção natural os escolhe como unidades, mas porque são construídos por genes que foram selecionados para cooperar com outros membros do *pool* genético. [visão genecêntrica de Dawkins (2000)].
2. Todos os seres vivos podem transmitir informação de uma geração à outra. A propriedade da hereditariedade – de que a vida gera a vida – depende dessa transmissão de informação e, por sua vez, garante que populações irão evoluir por meio da seleção natural. Se alguma vez encontrarmos, em qualquer outro lugar da galáxia, seres vivos com uma origem distinta da nossa, poderemos ter certeza que eles também possuirão hereditariedade e uma linguagem que transmite a informação genética [ênfase na hereditariedade e seleção natural adaptado de Maynard-Smith e Szathmary (1997)].
3. O ser vivo pode ser compreendido como uma unidade fechada em termos organizacionais, no qual os componentes moleculares estão organizados numa rede de interações que são, ao mesmo tempo, produtores e produtos. [visão autopoietica de Maturana e Varela (2001)]
4. A característica distintiva do vivo para o não-vivo é a capacidade dos sistemas vivos de interpretar signos na natureza. [visão biossemiótica da vida de Emmeche e El-Hani (2000, p)].
5. Tentativas foram feitas para definir “vida”. Esses esforços são um tanto fúteis, visto que agora está inteiramente claro que não há uma substância, um objeto ou uma força que possa ser identificada com a vida. O processo de vida, contudo, pode ser definido. Não há dúvida de que os organismos vivos possuem certos atributos que não são encontrados da mesma maneira em objetos inanimados. [amparada na visão de Mayr (1998) de que não é possível definir vida]
6. Estamos tão acostumados a ver os seres vivos como uma lista de propriedades (e a considerar a reprodução uma delas), que isso pode parecer chocante à primeira vista. No entanto, o que estamos querendo dizer é simples: a reprodução não pode ser parte da organização do ser vivo, porque para que algo se reproduza é necessário primeiramente que ele esteja constituído como unidade e tenha uma organização que o defina [...] se falarmos da reprodução dos seres vivos, estamos implicando que ele deve poder existir sem se reproduzir. [apoiada na visão de Maturana e Varela (2001) que a reprodução é uma característica secundária na explicação da vida]
7. Organismos vivos são sistemas complexos auto-organizáveis que apresentam uma história evolutiva coletiva. Os seres vivos apesar de apresentarem funções autônomas (por exemplo, a auto-manutenção), possuem uma conexão histórico-coletiva geneticamente informada, no qual a complexidade é possível através dos registros das seqüências funcionais transmitidas e selecionadas. [idéia adaptada de Moreno (2004) que associa a noção de auto-organização e os aspectos evolutivos].

Entre as idéias apresentadas, cada aluno escolheu uma ou mais respostas como idéias que seriam próximas as suas. Apesar da dificuldade em se definir vida, percebe-se nas justificativas produzidas pelos alunos o reconhecimento de que suas reflexões levaram a uma

mudança na forma de pensar esse conceito. Por exemplo, na fala da aluna A-7 “As discussões no grupo abriram um leque de possibilidades para a definição de vida, pois antes eu imaginava uma definição simplesmente baseada no metabolismo. Mas agora eu penso que além de argumentos como metabolismo ainda acrescentaria aspectos reprodutivos e principalmente evolutivos”.

Destaca-se na justificativa do aluno A-1 também a importância da fundamentação teórica mesmo quando um conceito é polissêmico “Tendo por base o texto lido minhas concepções tornaram-se um pouco embasadas, passaram a ser menos intuitivas. Percebi a existência de pontos de vistas diferentes, com pontos de partidas e enfoques diferentes. As dificuldades de se definir a vida ainda são bastante, entretanto, os argumentos são diferentes”. Nesse fragmento é possível observar o entendimento do aluno de que um conceito pode ser definido de diferentes formas.

No quadro a seguir são apresentadas as repostas à questão síntese sobre o conceito de vida.

ALUNOS	IDÉIAS ASSINALADAS	COMENTÁRIOS E JUSTIFICATIVAS DOS ALUNOS
A-1	4 e 7	Tendo por base o texto lido minhas concepções tornaram-se um pouco embasadas, passaram a ser menos intuitivas. Percebi a existência de pontos de vistas diferentes, com pontos de partidas e enfoques diferentes. As dificuldades de se definir a vida ainda são bastante, entretanto, os argumentos são diferentes.
A-2	7	Este pensamento sai da lista de propriedades e busca um conceito mais primário do que é vida, não esquecendo os conceitos de evolução que liga de certa forma os seres à vida.
A-3	7	Na verdade para mim todos os itens apresentam formas de pensamentos válidas, não podendo excluir por completo algum conceito. A idéia que mais generaliza a idéia de vida diz que os sistemas apesar de autônomos participam de um coletivo com que se relaciona.
A-5	4	Concordo com a visão da biossemiótica, pois pode explicar situações espontâneas [...]. Por exemplo: o sentimento, a sensação e o que causa no indivíduo.
A-7	7	As discussões no grupo abriram um leque de possibilidades para a definição de vida, pois antes eu imaginava uma definição simplesmente baseada no metabolismo. Mas agora eu penso que além de argumentos como metabolismo ainda acrescentaria aspectos reprodutivos e principalmente evolutivos.
A-8	2 e 4	Para mim, a mescla dos itens 2 e 4 seria o conceito que eu mais me identificaria para uma definição de vida. O organismo vivo não está só, ele está em um ambiente que influi em seus comportamentos e manutenção da espécie. Só um ser vivo expressa atitudes perante um signo. Só um ser vivo é capaz de mutar, manter e passar adiante uma informação que formará novos seres vivos. Nas nossas discussões meu conceito e a forma de encarar “vida” ampliou. Notei que uma lista de conceitos que classifique vida é muito difícil de ser alcançada. Talvez esse conceito deva ser mantido mais amplo para ser coerente.
A-10	4	Porque esta definição é a que abrange mais os diferentes tipos de vida, como por exemplo, a vida extraterrestre. Este conceito também interage bastante o indivíduo com o ambiente e este com o indivíduo. Essa discussão foi interessante, pois eu tinha concepções de vida apenas com a visão de reprodução e do metabolismo.
A-11	3	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 ancoradas no conhecimento científico, o que possibilitou o abranger das idéias. A frase que mais define meus conceitos sobre vida atualmente é a frase número 3. 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.

QUADRO 14: Explicações de vida enfatizadas pelos alunos ao fim da discussão sobre esse tema.

Depois que os alunos responderam à questão síntese, foi realizada uma discussão em grupo sobre as justificativas das idéias escolhidas nessa questão. Quatro dos 8 alunos marcaram a idéia 7, essa escolha foi realizada em geral pelo fato dos alunos considerarem essa idéia mais ampla, unificando outras idéias. Esse argumento pode ser visto no fragmento a seguir.

D-3/Fragmento 2

A-2: Eu marquei a 7, ela está mais próxima daquilo que eu penso e sai um pouco da lista de propriedade e vai para um conceito mais primário, mais primordial. E estão incluídos os conceitos evolutivos.

P-1: Quem mais colocou a 7?

A-3: Achei que ela tem um ponto de vista mais amplo que os outros, mas não consegui tomar um ponto de vista radical.

A-1: Tem umas que falam muito da genética, fecha muito. Não é que fecha muito, mas eu tenho a impressão, que essa fica mais abrangente (de sistemas auto-organizáveis). Eu coloquei também a 4, a da semiótica. Eu coloquei as duas porque eu não achei, à primeira vista, que uma anula a outra.

P-1: Então na sua idéia são compatíveis as duas?

A1: Dá para compatilhar...

A-3: Todas têm um aspecto válido, eu não consegui excluir nenhuma.

P-1: A A-13 também escolheu a 7.

A-13: Porque é ampla, eu ia por a 2 da reprodução, aí eu vi a última e vi é auto-organizável, mas tem os aspectos evolutivos. Aí eu achei que é a mais ampla de todas.

A-7: A questão de ser mais abrangente, de incluir as outras coisas. Está falando da questão do DNA, de conter informação, da evolução também.

Outra idéia apontada esteve relacionada à explicação biossemiótica da vida, indicada também por quatro alunos. Pode-se notar na fala da aluna A-10 que a escolha da explicação biossemiótica da vida está relacionada a uma preocupação em procurar uma explicação universal de vida: “Eu achei a mais abrangente porque não fala de molécula, DNA. Interage com o ambiente, o organismo é o ambiente, mas ao mesmo tempo interage com as coisas do ambiente. E não excluí nenhum tipo de vida, nem se você pensar em vida fora da Terra”.

No fragmento a seguir é possível verificar que os próprios alunos começam a questionar as definições de vida uns dos outros. Quando a aluna A-8 fala de sua escolha pelo item 2 da questão síntese, o aluno A-2 coloca para ela o problema do híbrido. Dessa forma, a dinâmica do grupo contribuía para uma constante reconstrução dos conceitos individuais dos alunos e a construção coletiva de novos conceitos.

D-3/ Fragmento 3

A-10: Eu achei a mais abrangente porque não fala de molécula, DNA. Interage com o ambiente, o organismo é o ambiente, mas ao mesmo tempo interage com as coisas do ambiente. E não excluí nenhum tipo de vida, nem se você pensar em vida fora da Terra.

A-8: Eu coloquei na verdade a 4 e a 2. Concordo com o que a A-10 falou e acho que só os seres vivos conseguem reagir ao símbolo, ter um comportamento perante alguns signos. Mas a 2 também fala da herança da informação, mas aí envolve o ambiente, o ambiente vai estar influenciando na mutação dessa informação, mas a informação vai passar para o próximo ser vivo que for originado. Acho que a junção das duas seria o mais próximo da ideal.

A-2: O problema da 2 é aquele velho problema dos híbridos.

A-8: Mas aí eu penso em grupo, na espécie, não no indivíduo sozinho.

A-2: Mas aí uma célula não é vida?

A-8: É. Aí por isso a 4.

P-1: Qual o problema da questão dois A-2?

A-2: O problema do híbrido, o problema de uma célula sozinha já não é mais vida.

A-8: Mas não é que tem que reproduzir e tem que passar. É a capacidade de passar informação. Então, por uma mutação se tornou estéril e não pode ter filhos, mas ele tinha essa capacidade.

A-2: Não é uma mutação.

A-8: Uma coisa que cause isso. Uma mutação pode causar esterilidade.

A-5: Eu pensei em colocar a semiótica, pois ela permite as relações da vida, também ações espontâneas e livres como sentimentos, coisas assim que também interferem nas relações. Acho que pode considerar isso devido aos signos, você pode considerar sentimentos e sensações, e o que esses dois causam no indivíduo. Acho que ela abrange legal isso, por isso eu coloquei a 4.

A-13: Na verdade eu pensei igual a A-3 e não excluí nenhuma dessas, tipo radicalizando. Só que essa da semiótica, com essa interpretação de signos, é igual o que as meninas falaram, é uma característica bem própria dos seres vivos mesmos. São os únicos capazes, no momento agora, eu não consegui pensar em nenhum que não fosse capaz de interpretar signos. Nos processos que acontecem na vida, todas as situações requerem essa interpretação por resoluções de problemas, seja qualquer problema que apareça para os seres vivos. Eu acho que a biossemiótica é que está referindo melhor assim, não excluindo nenhuma das outras propostas, das outras hipóteses.

P-3: Na sua concepção todos os seres vivos teriam a capacidade de solucionar problemas?

A-13: Interpretar signos para resolver os problemas que vão aparecendo. Não problemas assim, tudo que ele precisa para sobreviver é interpretar signos...

A aluna A-11 escolheu a idéia 3, ficando nítida sua mudança de concepção, uma vez que a própria aluna reconhece que no questionário inicial havia respondido todas as questões com base no material genético. Percebe-se que a aluna passa a entender o organismo como um sistema, da mesma forma como Maturana e Varela (2001), cujo conceito de vida está centrado na organização autopoietica dos seres vivos.

D-3/ Fragmento 4

A-11: Eu escolhi a três. Porque a três está falando dessa rede de relações e eu acho que é bem isso mesmo. É uma molécula ligada a outra, ligada a outra, interagindo, até que o sistema seja fechado. Eu acho que falar que o DNA é importante, claro que é, mas as mitocôndrias também são. Não é ser vivo sem DNA, mas também não é ser vivo sem mitocôndrias, sem ribossomos. Então, eu acho que a importância é igual, todos. É a mesma coisa que falar que o cérebro é o mais importante, então fica com o seu cérebro e tira o pulmão, não vai sobreviver, é a mesma coisa.

[...]

A-11: Se você vir o questionário que eu respondi [inicial], eu deixava bem claro que a importância era o DNA, o DNA era é importante. E mudou completamente, agora eu já não acho mais. Pendo para o lado do Maturana, acho que são todos igualmente importantes.

No fragmento a seguir, observa-se que muitos alunos entendem a possibilidade de coexistência de diferentes explicações teóricas consistentes para o mesmo fenômeno. Além disso, alguns passam a entender que apesar de uma explicação mais ampla ser preferível, deve ser priorizada a consistência conceitual das teorias.

D-3/ Fragmento 5

P-1: Essa síntese deu uma clareada? Mudou a forma que vocês pensavam, ou ficou na mesma, ou aprimorou uma que você já tinha?

A-1: É uma coisa mais não tão intuitiva.

A-3: Tem uma base teórica.

A-8: Na verdade eu nunca tinha parado para pensar nisso.

P-1: E é válido esse exercício?

A-8: Eu achava que tinha uma resposta, você vê que não tem uma resposta, uma verdade. Antes eu achava que tinha, não sabia qual.

P-3: Qual seria a melhor forma, adotar uma teoria e defender? Fazer uma miscelânea de tudo? Não adotar nada? Qual seria o melhor caminho?

A-12: Para mim, misturar tudo.

Alunos: Misturar.

A-1: Tem que ter um ponto assim, uma base mais definida. Mas isso significa que não pode chamar outros pontos, você não pode cruzar outras linhas de pensamentos. Mas ficar no vai não vai, vai não vai...

A-11: Acho que misturar é meio perigoso, porque você pode cair em contradição.

A-5: Mas elas tratam de coisa meio diferente. É difícil misturar ou deixar separado, você tem que ver em relação a quê está separado, qual o ponto de vista. Você está querendo abranger o que ali? Está querendo focar onde? Se você vê a reprodução como um fator importante, então, eu acho melhor você direcionar seus estudos para algo que vê a reprodução como importante. Agora, se você quer estudar relações, outras coisas, acho melhor outras...

P-3: Mas não é confuso, por exemplo, em uma aula, agora vamos falar de reprodução: “a vida é tudo aquilo que se reproduz”. Aí você está falando de interpretação: “a vida é tudo aquilo que interpreta”. Você não está deixando de fazer a miscelânea? Não é a mesma coisa, ou não?

A-5: Não.

P-3: Vou traduzir aqui, você adotaria uma teoria em cada situação no contexto de ensino?

A-5: Eu acho que sim, porque como você vai falar, por exemplo, de vida para o ensino médio? Esse tipo de discussão que a gente está tendo aqui para aquele público. Então, eu acho que dependendo da situação que ele se encontra...

P-1: Vocês acham que é possível, melhorando a discussão que a gente está tendo aqui, chegar numa definição única.

A-2: Acho que seria ótimo, seria o ideal chegar....

A-3: Acho meio impossível

A-8: Eu não acho que seria necessária uma concepção.

[...]

P-3: Por que a A-11 acha perigoso mesclar?

A-11: Porque você pode cair em contradição, falar: vamos mesclar neodarwinismo com Maturana. É completamente impossível. Lá o fator genético é importante, mas o DNA não é o principal. Não existe isso, não tem como, você está se contradizendo.

Nessa etapa que fundamentou as discussões de diferentes explicações de vida é possível perceber, principalmente pelas respostas à questão síntese, que os alunos priorizam as duas explicações de vida mais abrangentes (biossemiótica e de sistemas auto-organizados coletivamente e evolutivamente integrados) e que integram conceitos dos diferentes níveis de organização adotados. Cabe ressaltar, que essas duas abordagens de vida, como discutido no capítulo 2, têm sua ênfase no papel do organismo, contribuindo para ressaltar o conceito de organismo como integrador do conhecimento biológico.

Os dados dessa etapa do grupo podem indicar que os alunos já começam a mobilizar conceitos de diferentes níveis hierárquicos, utilizando os quatro tipos de interações destacados nas categorias de análise: ambiente interno agindo sobre organismo; organismo restringindo o ambiente interno; organismo agindo sobre o ambiente externo e ambiente externo agindo sobre o organismo.

No final da discussão sobre o conceito de vida, foi pedido aos alunos para responderem um questionário sobre o tema níveis hierárquicos (apêndice IV) e foi distribuído o texto para a próxima reunião (capítulo 1 “Gene e Organismo” do livro a Tripla Hélice de Richard Lewontin).

Nessa etapa foi elaborada a quarta síntese de significação indicada a seguir.

IV - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO
Desenvolvimento do grupo: Discussão sobre o conceito de vida
<ul style="list-style-type: none"> • No início da discussão do texto relativo ao conceito de vida, os alunos apresentaram dificuldade na compreensão da perspectiva semiótica e de pensar uma explicação de vida que tivesse caráter universal, que não estivesse restrita as formas de vida que se conhece na Terra. • Após a discussão do texto, os alunos assinalam na questão síntese sobre o conceito de vida prioritariamente as idéias que dizem respeito à explicação de vida como sistemas auto-organizados evolutivos e da vida como interpretação de signos. Essas escolhas são justificadas por serem explicações mais abrangentes do que aquelas oferecidas pelos outros itens, ou seja, incluem na explicação os diferentes níveis hierárquicos apontados no grupo. • Percebe-se também, que apesar da procura por uma explicação de vida mais abrangente, muitos alunos passam aceitar a convivência de várias explicações de vida fundamentadas em perspectivas teóricas distintas.

QUADRO 15: Síntese da segunda etapa do desenvolvimento do grupo.

5.2.3. Discutindo as relações entre níveis: ambiente externo, organismo, ambiente interno.

Essa parte do desenvolvimento do grupo teve como fundamentação teórica: os capítulos 1 e 2 do livro “A tripla hélice” de Richard Lewontin (2002), um seminário com o tema “Auto-Organização e Complexidade: Uma Introdução Histórica e Crítica” ministrado por um professor universitário de física convidado para falar sobre o tema no grupo; um seminário sobre o conceito de organismo e sua relação com o conceito de auto-organização ministrado pela pesquisadora P-1. Procurou-se por meio das discussões dos textos trabalhados e dos seminários apresentados demonstrar o organismo como elemento central da discussão biológica e como ele se relaciona com seu ambiente interno e externo.

Antes do início da discussão dos textos, foram debatidas as outras quatro (3, 4, 5 e 6) questões do questionário inicial (apêndice V) que tratavam da interação entre ambiente interno, organismo e ambiente externo e sobre o tema emergência.

A questão 3 era a seguinte “Considere uma área de floresta que tenha sido queimada. Quais elementos contribuirão para a recolonização da área? O ecossistema resultante dessa recolonização será igual ao que se tinha antes da queimada? Justifique”. A questão 3 foi elaborada pelas próprias pesquisadoras, com objetivo de discutir a existência de tendências a determinados padrões de organização do ecossistema e a influência de fatores aleatórios nessa organização.

Na questão 4 era apresentada uma figura com sete linhagens genéticas de uma mesma planta. Cada linhagem foi dividida em três clones e cada clone plantado em uma altitude diferente. Em seguida, pedia-se ao aluno para comentar a variação dos clones nos diferentes ambientes e responder a questão: Você acha possível prever o comportamento dos diferentes genótipos nas diferentes altitudes? Essa questão tinha o objetivo de estimular a discussão sobre o fato dos genótipos se expressarem de maneira bastante diversificada em diferentes ambientes.

A questão 5 era a seguinte: “Suponha que tenhamos inoculado em um meio líquido de crescimento em agitação constante uma única célula bacteriana e que essa célula tenha se dividido em 63 minutos. As duas células-filha obtidas, no entanto, não se dividiram simultaneamente 63 minutos mais tarde. Considerando que todas as células cresceram nas mesmas condições de cultura e que são geneticamente idênticas, qual poderia ser a causa da falta de sincronia na divisão celular?”. Procurava-se evidenciar através dessa questão que mesmo clones em ambientes externos iguais são diferentes, pois apesar do material genético ser distribuído de forma igual durante o processo de divisão celular a quantidade das outras moléculas pode variar. As questões 4 e 5 foram adaptadas a partir dos capítulos do livro a “Tripla Hélice” que seria estudado. As questões 4 e 5 estimulavam o reconhecimento de cada organismo como um sistema único, com suas próprias particularidades.

A questão 6 tratava do tema emergência e foi adaptada de Penner (2000): Em eventos esportivos é comum a formação de um fenômeno visto como uma “onda” realizada pelos torcedores. a) Como é possível o surgimento dessa “onda”? b) Na hipótese de retirarmos alguns torcedores no momento de ocorrência da onda, como essa retirada poderia influenciar no desenvolvimento desse efeito? Em que momento essa retirada poderia levar a destruição da “onda”? As questões 3 e 6 apesar de não serem o foco de análise desse trabalho, serviram para estimular o início do debate de um aspecto importante da filosofia da biologia que é a emergência de novos padrões de organização a partir da interação de um grande número de elementos. A emergência como foi visto no *capítulo 1* se relaciona também com o entendimento do conceito de organismo.

Nesse tópico, enfatiza-se a análise das questões 4 e 5, pois estas foram discutidas em maior profundidade pelos alunos nas reuniões dos dias 29 de março e 12 de abril de 2007. Portanto, as mesmas questões que haviam sido abordadas no questionário inicial são trabalhadas no desenvolvimento do grupo. Entretanto, no questionário os alunos tiveram dificuldades em respondê-las, pois mesmo as questões indicando que os organismos em análise eram clones e que estavam num ambiente muito semelhante, os alunos por não

compreenderem a existência de fatores internos únicos (o que Lewontin chama de ruídos do desenvolvimento) em cada ser vivo recorriam em suas explicações à presença de mutação genética ou variação do ambiente externo.

Em relação à questão 4, referente aos clones de uma mesma planta, cultivados em altitudes diferentes, primeiramente, percebe-se que os alunos continuam com a dificuldade de entender o organismo como tendo características únicas, mas é possível verificar que alguns alunos já compreendem que o genótipo pode interagir de forma complexa com o ambiente, promovendo uma variedade de expressão fenotípica dependendo do ambiente em que se encontra. Isso pode ser observado, por exemplo, pela fala da aluna A-8 no final do fragmento a seguir: “O mesmo indivíduo reage de maneira diferente em ambientes diferentes. Então lá dos 7... se o mesmo indivíduo reage diferente, imagina de um indivíduo para outro”. No entanto, apesar da aluna A-8 apontar nesse momento que o ser vivo é único, percebe-se em outros momentos do grupo que a aluna mantém sua concepção determinista genética, ou seja, o pensamento da aluna está em transição adotando ora um pensamento mais complexo ora um pensamento mais reducionista.

D-4/Fragmento 1

P-1: Então vocês viram aí no livro como eles fizeram: eles pegaram uma planta dividiram em três. Então, na vertical a gente tem clones da mesma planta. Aí vocês têm 7 tipos de plantas que eles pegaram, dividiram em 3 pedacinhos e colocaram na altitude baixa, outro na altitude intermediária e outro numa altitude elevada. Aí a pergunta que eu tinha feito para vocês no questionário inicial é a seguinte: “A figura mostra horizontalmente sete linhagens genéticas da mesma espécie das quais se extraíram amostras. As três plantas que aparecem em cada coluna são clones de uma mesma planta que cresceram em três diferentes altitudes. Com base nessas observações, comente a variação dos clones nos diferentes ambientes, procurando explicá-la. Você acha possível prever o comportamento dos diferentes genótipos nas diferentes altitudes?”

A-8: Essa parte no questionário eu não sei se respondi essa pergunta. Mas no texto, eu achei bem interessante isso, porque você vai vendo que o genótipo depende do ambiente para expressar o fenótipo, que é o indivíduo, não é? Por exemplo, não tem nenhuma linha, não tem nenhum padrão.

P-1: Por que você acha que não dá para prever o comportamento?

A-8: Essa é a minha grande questão, por que não dá para prever? Ele diz que o fenótipo não é só o genótipo e não é só o ambiente. Mas eu não consegui achar o que tem a mais, esse a mais que não dá para prever.

[...]

A-1: Ele mostra que o que vai causar as relações não dá para prever, que algumas coisas são meio imprevisíveis.

P-3: Por que é meio imprevisível?

A-1: Porque tem coisas que fogem do controle. Por exemplo, o clima ele não é tão previsível quanto parece ser. Ele não segue padrões fixos.

[...]

A-10: Mas olha o que fala no texto. O genótipo não especifica um produto único de desenvolvimento, em vez disso, especifica uma norma de reação, um padrão de diferentes resultados e desenvolvimentos em ambientes variados.

P-1: O que seria essa norma de reação?

A-10: Um padrão de diferentes resultados. Eu acho meio ambíguo, porque padrão é uma coisa certa. De diferentes resultados? Como você tem um padrão de coisas diferentes?

A-8: É.

P-1: A-3 como você entendeu essa norma de reação?

A-5: A temperatura do ambiente, do genótipo em cada ambiente.

A-3: Não configurou todos os fatores. Naquela altitude que ela vai se desenvolver tem mais luz então ela se desenvolve, ainda tem outros fatores.

[...]

P-1: Porque esses 7 indivíduos sendo da mesma espécie não reagiram da mesma forma?

A-5: Porque apesar de eles terem, teoricamente, a mesma constituição genética, eles estão em níveis diferentes e eles vão reagir com o ambiente de forma diferente, por isso que tem essa plasticidade de se modificar com o ambiente.

A-8: O mesmo indivíduo reage de maneira diferente em ambientes diferentes. Então lá dos 7... se o mesmo indivíduo reage diferente, imagina de um indivíduo para outro.

A existência de fatores internos únicos em cada indivíduo torna-se mais clara com a discussão dos textos, ficando mais evidente na discussão da questão referente à divisão celular em clones de bactérias em um mesmo ambiente. A retomada da questão 5 permitiu aos alunos, em sua maioria, perceber que a constituição do organismo depende de vários fatores internos. No entanto, o determinismo genético volta a aparecer, por exemplo, na fala da aluna A-8 “Mas é algo geneticamente idêntico, não tem nada que possa ser diferente”.

D-4/ Fragmento 2

P-1: [...] “Suponha que tenhamos inoculado em um meio líquido de crescimento em agitação constante uma única célula bacteriana e que essa célula tenha se dividido em 63 minutos. As duas células-filhas obtidas, no entanto, não se dividiram simultaneamente 63 minutos mais tarde. Considerando que todas as células cresceram nas mesmas condições de cultura e que são geneticamente idênticas, qual poderia ser a causa da falta de sincronia na divisão celular?”

A-7: Eu acho que ele está querendo dizer que cada indivíduo tem certa resposta ao ambiente que está exposto, não é exatamente a mesma. Para mim está frio...

A-3: É o que o pessoal já falou.

A-13: Mas no caso com bactéria.

A-8: Mas é algo geneticamente idêntico, não tem nada que possa ser diferente.

P-1: São clones.

A-8: Porque ele fala aqui, porque o citoplasma não vai dividir? Você não pode querer que seja totalmente idêntico, um vai a mais ou...

A-1: A organização interna delas, a concentração das organelas. De repente a organização interna dela, por exemplo, a concentração das organelas produziu um ambiente específico interno capaz de influenciar.

A (?): Um é diferente do outro, que é diferente do outro, que pode ter uma alteração ali.

A-7: Tem 20 gomos dentro da mitocôndria, mas não são todos iguaizinhos, eles podem ter uma diferença na constituição dele. Então na hora de dividir e que for 10 para um lado e 10 para o outro. Talvez isso possa ter, foi mais mitocôndria, isso pode interferir.

A-8: Pode ser diferente, quando você pensa em ser humano, cada um tem sua cabeça, cada um tem sua personalidade. Mesmo gêmeos no mesmo ambiente, eles não são idênticos, idênticos, cada um tem sua personalidade. Mas bactérias têm uma personalidade, um tempo diferente, ou algo diferente que eu não sei o que é.

O conceito de ambiente de acordo com o proposto por Lewontin (2002) foi discutido na reunião do dia 12 de abril de 2007. No fragmento abaixo, é possível visualizar a dinâmica dessas discussões e as dificuldades encontradas para a compreensão do conceito de ambiente do texto do livro a “Tripla Hélice”. No fragmento a seguir, o aluno A-2 considera o ambiente como todos os fatores físicos externos, mas a aluna A-8, a partir do texto lido, vai defender o ambiente como ligado ao organismo e construído por este.

D-5/Fragmento 1

A-8: Era só o ambiente que influenciava o organismo ou organismo também influenciava o ambiente? Mais para frente ele discute que o organismo cria o ambiente ao redor dele, eu acho isso interessante, porque é aquela história da evolução que o organismo modifica o ambiente... aí eu mudei.

A-2: Eu não concordo muito. Eu acho que eles são independentes.

P-1: Independentes?

A-2: Eles evoluem, mas o ambiente independe do organismo para evoluir.

P-1: Depende do conceito de ambiente que você tem, porque aqui ele tem uma concepção específica de ambiente.

A-8: Tem o ambiente físico e tem o ambiente...

P-1: Tem os fatores externos e tem o ambiente, para ser considerado ambiente ele tem que ser relevante para o organismo.

[...]

A-2: Estou falando da parte de evolução. [...] Na verdade os organismos vão sendo selecionados a partir de que o ambiente vai mudando.

A-8: Mas aqui ele dá um exemplo, que no início a Terra tinha muito menos oxigênio do que tem hoje, as plantas começaram a produzir oxigênio [a aluna dá esse exemplo para explicar que o organismo modifica e cria não só o seu ambiente, mas também influencia o ambiente de outros seres vivos].

A discussão dos dois textos facilitou o reconhecimento dos ruídos do desenvolvimento como um fator importante para reconhecer a unicidade e a individualidade dos organismos. No entanto, mesmo com essas discussões e o debate das idéias do livro a “Tripla Hélice”, alguns alunos continuam tendo visões reducionistas, centrando apenas no DNA a discussão relativa à organização dos seres vivos.

O padrão de organização dos seres vivos e o conceito de organismo são aprofundados nas reuniões do dia 25 de maio e 5 de julho, principalmente pela associação

com o conceito de auto-organização. A seguir é apresentado um trecho em que o aluno A-1 inicialmente questiona quais as bases da percepção sensorial humana (essa questão estava relacionada ao projeto de pesquisa que o aluno estava desenvolvendo em conjunto com o desenvolvimento do grupo). Nesse trecho pode se perceber que os alunos utilizam-se do discurso filosófico para debater as relações entre parte e todo; o papel do observador e seu posicionamento de um ponto de vista internalista ou externalista; e a visão do organismo como uma estrutura sistêmica e dinâmica. Como essa reunião ocorreu no mês de julho, os alunos já haviam realizado leituras e estabelecido contato com essas discussões em diferentes momentos do grupo. O importante é notar que as dimensões filosóficas são expostas agora também pelos próprios alunos, como é o caso do funcionamento da percepção humana. Portanto, apesar dos alunos ainda não possuírem uma visão totalmente clara e sistemática dos conceitos envolvidos, devido em parte a própria complexidade e visões concorrentes envolvidas nessas discussões, já existe uma apropriação do discurso filosófico.

D-10/Fragmento 1

A-1: Como é que funciona a percepção de todas as possibilidades de acontecimento de um fenômeno? [...]

P-1: Você faz um recorte na verdade. Esse recorte é feito pela própria estrutura do sistema, por isso que um ser vivo se auto-organiza. A própria estrutura vai selecionar entre aspas, não no sentido de evolução, vai selecionar o que está sendo útil ou não em determinado ambiente, lembra que a gente viu no Lewontin, o próprio organismo seleciona qual é o ambiente dele. [...]

A-1: Ela enxerga aquilo, mas não é só aquilo.

P-1: Tem coisa para ela que não vai significar nada.

A-1: Para você estruturar um conceito, você depende de coisas que você a primeira instância não percebe, porque não está associado ao sistema de atenção, então como você percebe que aquela coisa tem mais possibilidades?

[...]

A-5: Essas coisas elas são percebidas. Você percebe uma coisa, cada um vê de um jeito, não vê o todo, vê o que interessa. O todo é percebido por essa coisa que vê só uma pequena parte?

A-1: É. Tanto é que se chega num conceito de uma coisa.

P-1: Não entendi.

A-1: Eu entendi a questão da A-5, tipo a gente enxerga uma coisa de um ponto de vista, enxerga uma coisa de outro ponto de vista, se a gente consegue juntar...

A-5: Não, se você tem um ponto de vista X, se você consegue ver o todo?

A-1: Acho que sim.

P-1: Acho que ninguém consegue ver o todo.

A-2: Eu acho que é individual.

P-1: Então, vamos pensar. Nós fazemos parte de um sistema, que é a população humana, a gente está dentro desse sistema, então a gente tem duas perspectivas: uma coisa a gente não vivencia, como um observador externo, outra coisa é você fazer parte dele. Tem alguma diferença?

A-1: É o que eu estava falando com a P-3 para você entender um ecossistema é melhor estar fora ou estar dentro?

A-2: Fora.

A-5: Se você estiver dentro você vai conseguir ver o que está fora?

A-1: Se você estiver dentro você não vai ver tudo, mas se você estiver fora você não vai perceber algumas coisas detalhadas.

[...]

A-1: O que eu digo não é perceber todas as relações, eu não consigo explicar. Como a **A-5** falou se eu consigo enxergar uma possibilidade, você não vai conseguir de imediato traçar todas as possibilidades, mas você tem um caminho que você faz que você vai traçando todas as relações possíveis, é assim que se assume, por exemplo, quando você elabora uma lei [científica], independente do ponto de vista é aquela lei que....

P-1: Mas você não consegue elaborar todas as possibilidades. Podem surgir coisas que você não tinha pensado.

A-1: Então, exatamente isso, ou de um fenômeno biológico, você percebe ele de diferentes partes, mas alguma coisa que você perceba ele como um todo, que fique melhor definido.

A-2: Mas sempre vai acabar alguma coisa ficando de fora, não consegue abranger tudo.

A-1: A gente não chegou nessa abrangência, não é que não consegue, é que nunca chegou.

A-1: Eu acho que não dá para você abstrair o efeito todo, tem que cortar por partes, por mais que se relacionem uma com a outra.

A-5: Acho que é assim, você vê tudo, mas a gente percebe aos poucos. Então, se a gente tem 10 possibilidades de visões, você está vendo as 10, mas só vai perceber 1, 2 ou 3. Quando a gente estuda alguma coisa, por exemplo, primatas, você pode passar pelo mato todo dia, lá tem os primatas, mas você nunca ouviu os primatas ali, mas a partir do momento que você ouve pela primeira vez, você vai passar ali e vai perceber aquilo que você não percebia antes.

[...]

A-11: Por exemplo, você passa todo dia pelo mesmo caminho, aí um dia você está feliz e vê uma flor, aí que flor linda, aquela flor nunca te chamou atenção, mas no dia que você está feliz, ela parece mais bonita.

P-1: O que será que tinha de diferente que você percebeu a flor? Será que seu sistema se modificou naquele dia? Alguma coisa te chamou a atenção? Como que a gente pode explicar isso considerando as bases biológicas?

A-1: Era essa questão que eu estava querendo chegar. Como você começa a perceber mais relações? Do que depende para você estabelecer essas relações biologicamente, já que nosso pensamento tem uma base profundamente biológica, como as sinapses?

A-5: Psicologicamente é fácil pensar, mas biologicamente...

A-2: O movimento da flor na pele aguçou a visão, fez um estímulo diferente.

A-3: Conforme a gente vai envelhecendo, aquele sistema vai ficando mais complexo, porque mais componentes vai entrando, talvez por isso quando eu tinha 5 anos eu pensava de um jeito e agora eu penso de outro. Claro que tem a memória.

É importante notar que ao final do fragmento D-10/1, a aluna A-3 para explicar a mudança de percepção de um ser humano em relação ao meio que o rodeia recorre às idéias sobre sistemas complexos e diz “Conforme a gente vai envelhecendo, aquele sistema vai ficando cada vez mais complexo, porque mais componentes vai entrando [...]”, ou seja, a aluna reconhece o organismo como um sistema em constante reconstrução. Percebe-se que ela começa a utilizar conceitos e idéias que estiveram sendo discutidos no grupo. A colocação da aluna A-3 encaminha o debate para a questão da manutenção da individualidade, no qual a pesquisadora P-1 instiga um conflito cognitivo perguntando como é possível saber que um indivíduo permanece o mesmo se ele está em constante transformação ao longo de sua vida.

D-10/ Fragmento 2

P-1: Toda hora nosso sistema está se modificando, a gente está interagindo constantemente. Mas se modifica tanto, como é que eu sei que a A-11 é a mesma A-11? Ela modificou tanto desde que ela nasceu, como ela é ela ainda?

A-5: Mas a A-11 passou ali pela sala, mas acho que ela não é a mesma A-11.

A-1: Será que ela é a mesma A-11?

P-1: Mas será que é o mesmo indivíduo?

A-1: Será que é? Será que ela faz as mesmas coisas ainda?

P-1: Mas a A-11 está aí eu falei oi para ela na semana passada.

A-2: A imagem dela está aqui.

A-11: A aparência está aqui. Mas será que a A-11 dessa semana é exatamente igual a da semana passada?

P-1: Ela pode não ser igual, mas ela ainda é a A-11?

A-1: Sim.

P-1: Ela é esse mesmo indivíduo?

A-5: Depende da forma que interage, não modifica tudo não. A gente acabou de modificar o pensamento aqui agora e a gente está sempre se modificando.

A-12: Se tivesse tempo dela trocar todas as células do corpo dela...

P-1: E ela vai ser a mesma A-11?

A-11: Acho que algumas coisas se mantêm constantes, não mudam.

A-10: Se ela for trocar todas as células, depende do ponto de vista, se for pensar em termos molecular não vai ser mesmo. Mas, a minha cabeça vai ser a mesma.

A-1: Mas a cabeça dela vai ser a mesma, a representação vai sendo a mesma.

P-1: Se trocar todas as células dela, ela vai continuar sendo o mesmo indivíduo?

A-5: Eu estou pensando no ponto de vista da aprendizagem, vai saindo uma célula e entrando outra, ela vai aprendendo com as outras, vai indo, vai modificando.

A-11: Pensando em células, A-11 renovando, é uma coisa material. Pensamento, conhecimento, memória, idéia não são coisas materiais. Não dá para pegar o pensamento. Aí você pode modificar totalmente, agora se for material aí entra o lance do DNA.

P-1: O pensamento é material?

A-1: Tem um cara da física, ele trata do pensamento...

P-1: O que será que se mantém naquele indivíduo até na hora que ele morre? Se ele está perdendo toda hora célula, o que aconteceu para ele morrer?

A-11: Parou de funcionar.

P-1: o que a gente está vendo é que o que caracteriza um ser vivo é muito um processo de organização. A estabilização de certas vias de interações de organização. Ele está perdendo, mas está permanecendo a relação daquela via.

No fragmento acima é possível notar alguns pontos importantes. O aluno A-12 levanta uma hipótese que serve para gerar um conflito maior no debate, dizendo “Se tivesse tempo dela trocar todas as células do corpo dela...?”. Em resposta a isso a aluna A-5 elabora uma consideração de como ocorre o processo de aprendizagem “Eu estou pensando no ponto de vista da aprendizagem, vai saindo uma célula e entrando outra, ela vai aprendendo com as outras, vai indo, vai modificando”. Percebe-se na colocação feita por A-5 a influência dos debates sobre auto-organização e sobre emergência de características a partir da interação entre inúmeros elementos (sem ter um elemento central organizador).

Pensando nos níveis hierárquicos enfatizados na presente pesquisa (ambiente interno, organismo e ambiente externo) e suas interações, percebe-se que nessa terceira etapa

de desenvolvimento do grupo os alunos mobilizam conceitos e interações de diferentes níveis de organização para explicar o organismo e suas propriedades, por exemplo, o problema da percepção. Para explicar a percepção eles recorreram tanto ao ambiente externo, como a modificação de uma rede de interações interna. Dessa forma, além de estabelecer uma visão mais sistêmica do organismo, os alunos se apropriam de um discurso próprio da filosofia da biologia e começam eles próprios a colocarem as questões a serem debatidas.

Pode-se resumir essa etapa do grupo a partir da síntese de significação descrita a seguir.

V - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO
Desenvolvimento do Grupo: Interações entre ambiente interno, organismo e ambiente externo.
<ul style="list-style-type: none"> • A partir da leitura e compreensão dos capítulos 1 e 2 do livro a Tripla Hélice de Richard Lewontin (2002), os alunos passam a utilizar conceitos dos três níveis de interação para discutir o organismo. Isso ocorre através do debate sobre normas de reação, ruídos do desenvolvimento e unicidade de cada ser vivo. • Percebe-se também um maior envolvimento dos alunos através da construção de perguntas e da utilização de um discurso filosófico que integra idéias sobre sistemas, auto-organização e interações entre um grande número de elementos.

QUADRO 16: Síntese da terceira etapa do desenvolvimento do grupo.

5.2.4. A relação entre as discussões epistemológicas e a formação de pesquisadores no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”.

Nesse item são destacadas as atividades de pesquisas em Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências desenvolvidas no grupo e como essas favoreceram uma visão crítica do ensino de biologia e da formação de um pesquisador.

Durante o ano de 2007, as atividades do grupo que estiveram voltadas especificamente para a formação de pesquisadores na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências foram: apresentação através de seminários realizados pelas pesquisadoras de diferentes tipos de metodologias de pesquisas na área de Ensino de Ciências; orientações na elaboração e desenvolvimento de projetos na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências; questionário (apêndice VII) e discussão sobre o conceito de ciência e cientista. A

seguir é realizada uma síntese das reuniões que tiveram como objetivo a elaboração de projetos e a formação de pesquisadores.

Na reunião do dia 12 de abril de 2007, antes do início da discussão do capítulo 2 do livro *Tripla Hélice*, a professora orientadora do grupo conversou com os graduandos sobre as possibilidades de pesquisas dentro do grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia”. Essa conversa não pretendeu induzir uma determinada linha de pesquisa entre os alunos, mas orientá-los sobre alguns tipos de pesquisas que poderiam ser desenvolvidas, já que os graduandos tinham dificuldades em pensar como fazer pesquisas teóricas e em Ensino de Ciências.

Na reunião do dia 26 de abril de 2007 foram formados três subgrupos com os temas ecossistema, organismo e aspectos moleculares com intenção de discutir e orientar a elaboração dos projetos de pesquisa pelos graduandos. Como nenhum dos graduandos desenvolveu pesquisas associadas aos aspectos moleculares, a doutoranda que seria responsável por esse subgrupo ajudou no desenvolvimento dos outros dois e auxiliou na orientação de uma aluna que desenvolveu o projeto de pesquisa sobre o tema interdisciplinaridade.

Para aproximar os alunos do desenvolvimento de pesquisas em História e Filosofia da Biologia e sobre o ensino de Ciências, na reunião do dia 17 de maio de 2007 foi apresentado um seminário pela pesquisadora P-1 sobre pesquisa em história do conceito de evolução biológica e formação de professores. Em seguida, a pesquisadora P-2 falou sobre metodologia de pesquisa qualitativa para os alunos.

As reuniões dos dias 31 de maio, 12 de julho, 30 de agosto e 05 de setembro de 2007 foram utilizadas especificamente para auxiliar os graduandos na elaboração dos projetos de pesquisa. Alguns desses projetos se transformaram em Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) relacionados a conceitos discutidos no grupo na perspectiva do Ensino em Ciências. Tanto os projetos em desenvolvimento quanto os TCCs foram apresentados pelos alunos na fase de finalização do grupo no ano de 2007, nos quais os graduandos ministravam seminários sobre os trabalhos desenvolvidos. Esses seminários ocorreram no dia 30 de outubro de 2007.

As respostas dos alunos a um questionário sobre ciência, cientista e os projetos de pesquisas que eles estavam construindo (apêndice VII) e a reunião do dia 5 de julho de 2007 foram utilizadas para discutir o conceito de ciência dos graduandos participantes do grupo e quais as impressões dos alunos ao terem contato com uma nova área de pesquisa. Destacam-

se a seguir alguns pontos dessa discussão, no qual é percebido o papel do grupo e das discussões epistemológicas na formação dos graduandos como pesquisadores⁴².

Como exemplo, da tomada de consciência de uma nova área de pesquisa no decorrer do desenvolvimento de grupo, descreve-se uma parte do diálogo entre a aluna A-7 e A-10 observado no fragmento a seguir.

D-10/Fragmento 1

A-7: Eu sempre imaginava até o segundo ano, eu sempre imaginava um cientista dentro de um laboratório. Não conseguia pensar num cientista fora dele. E até agora, às vezes, ainda fico meio relutante de participar do grupo pensando sabe, acho que tenho muito preconceito de pensar que fazer só pesquisa teórica não seja ciência, pesa muito. [...] Eu ainda estou quebrando esse paradigma, não quebrei totalmente ele. Foi o que eu sempre imaginei, desde os cinco anos eu queria ser cientista, mas eu imaginava um cientista de jaleco branco, dentro de um laboratório, mexendo com vidrinhos. Agora que eu estou mudando a minha visão.

A-10: Eu também. Todo mundo pergunta: “você está fazendo estágio? Em que área?” Você fala: “participo de um grupo”. O povo olha assim: “aí que coisa de louco” [...] Você é biólogo vai cuidar das tartarugas ou vai ficar vendo DNA ou vai dar aula. Eu também fico que nem a A-7. “Será que é pesquisa?” Eu não achava que era assim desse jeito.

A-7: Mas agora eu já aceito isso como ciência. É que ainda está meio difícil.

A-10: Aquela coisa de biólogo, microscópio, jaleco.

Percebe-se que o contato com uma área de pesquisa que está na interface entre a Epistemologia da Biologia e o Ensino de Ciências permite que os alunos modifiquem suas próprias concepções do que é ciência.

A discussão que se segue no grupo faz com que os alunos passem a pensar na sua própria formação enquanto profissional e sobre o desenvolvimento do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas em que estavam inseridos. Os graduandos participantes do grupo de pesquisa reconhecem que a formação no seu curso de graduação é fragmentada, não havendo muitas vezes relações entre as diferentes disciplinas. Pode-se observar mediante as falas dos alunos uma crítica ao caráter memorístico do curso, cuja avaliação se reduz a memorização de nomes e não ao raciocínio necessário para uma compreensão sistemática dos fenômenos biológicos. Como a aluna A-11 destaca “[...] na maioria das vezes, ele [o professor] ao invés de dar prioridade para o raciocínio.... Por que não é essa a função da universidade, formar pensadores? Dão prioridade para quem decora. Então, é questão de pura decoreba.”

⁴² Uma análise de parte desses dados sobre o conceito de ciência e o papel do grupo na formação de pesquisadores pode ser encontrada em Meglhioratti *et al* (2007). O papel de um grupo de pesquisa que discute questões epistemológicas da Biologia na formação de pesquisadores tem sido estudado de forma conjunta pelas três doutorandas que coordenaram a discussão do grupo analisado e coordenado pela Professora Orientadora.

D-10/Fragmento 2

A-11: Quando eu entrei, eu me decepcionei demais porque é um conhecimento extremamente engavetado. Essa é a gaveta da Biologia Celular [...]

A-11: Será que você lembra o que você viu em citologia? Se você pegar uma lamina você vai saber reconhecer se é assim ou assado? Será que você lembra os nomes que foram dados, o que você aprendeu em anatomia? Porque você passou em anatomia, logo você aprendeu. Será?

A-2: Ou não aprendeu? Ou decorou só?

A-5: Você não consegue marcar que nem um computador. Você lembra “Ah, aqui é não sei o que...”. Aí na hora que você olhar e alguém te falar: “Isso é isso ou aquilo?”. Você fala: “Eu acho que é isso”. Porque você já teve contato com aquilo. Agora, se você nunca teve contato com o negócio como é que você vai lembrar?

A (?): Quando você aprende de novo é muito mais fácil do que a primeira vez que você viu.

A (?): Não estabelece relações.

A-11: Não consegue estabelecer. Além disso, na maioria das vezes, ele [o professor] ao invés de dar prioridade para o raciocínio... Por que não é essa a função da universidade, formar pensadores? Dão prioridade para quem decora. Então, é questão de pura decoreba.

Em seguida, os alunos discutem o papel da avaliação no contexto de uma aprendizagem fragmentada e memorística que tem sido a tônica do Ensino de Biologia. Verifica-se o questionamento realizado ao entendimento da avaliação apenas como um instrumento de medida.

D-10/Fragmento 3

A-1: [...] Você acha que o que ele aprendeu lá atrás ele vai conseguir reproduzir? Ele vai conseguir relacionar? Ele consegue expressar aquilo numa prova, mas, e depois? Será que depois que passar cinco ou seis anos, será que vai ser a mesma coisa intensa assim?

A-10: Botânica. Morfologia vegetal eu tenho 9,0 de média. Se você perguntar eu não sei nem o que é uma folha direito.

A-11: É. Morfologia vegetal eu passei com 6,0, isso significa que eu aprendi 60% da matéria.

A-2: Não significa nada não.

A-11: Não, eu não aprendi. Mas como que eu não aprendi?

A-5: Então eu tenho 100% de matemática e outro dia eu estava apanhando de uma regra de três.

A-11: Então, quer dizer que alguma coisa está errada.

No fragmento a seguir é possível verificar que a contextualização dos diferentes níveis hierárquicos da organização biológica pode levar o aluno a integrar o conhecimento da célula, entendendo esta como fazendo parte de um determinado organismo multicelular. Isso pode ser verificado na fala da aluna A-3. A fala da aluna indica que o conhecimento trabalhado pelas disciplinas, muitas vezes não é contextualizado. Os níveis de organização

biológica são em geral trabalhados em disciplinas diferentes sem uma preocupação em estabelecer as relações entre eles. A fragmentação do ensino de biologia não é apenas visto no ensino superior, mas também do Ensino Médio, por exemplo, muitas vezes os alunos estudam cromossomos, genes e células, mas não sabem o que são essas estruturas e como elas se relacionam (CABALLER e GIMENEZ, 1992; PEDRANCINI *et al*, 2007). Dessa forma, fica evidente a necessidade de um ensino de biologia que possua conceitos centrais, que funcionem como “nós” conceituais, nos quais confluem outros conceitos. Nessa tese, entende-se que o conceito de organismo vivo a partir de uma estrutura hierárquica de níveis de organização pode funcionar como um elemento integrador de diferentes conceitos.

D-10/Fragmento 4

P-1: E quando você entrou na faculdade o que você pensou?

A-3: Foi um baque, aquela coisa “quero citologia porque estuda a célula”. Aí chega lá e você vê um borrão, porque ninguém te ensina que aquele borrão pode fazer parte de outro ser.

No segmento de fala a seguir, é possível perceber que os alunos compreendem que a fragmentação do ensino de biologia não ocorre apenas no ensino superior, mas que é fruto de uma forma analítica de compreender o mundo, em que as coisas para serem compreendidas devem ser divididas em partes, não havendo um esforço similar para uma compreensão mais sistêmica do conhecimento científico. É interessante notar também que o aluno A-12 a partir da discussão com A-5 evidencia a importância do estudo de diferentes níveis de organização quando fala que um determinado organismo deve ser estudado tanto na genética como na ecologia.

D-10/Fragmento 5

A-11: A maior parte do que a gente está levando foi o que a gente construiu, o que a gente foi atrás. É bom porque você vai fazer sua pesquisa, mas você não tem um respaldo.

A-5: Eu achei que um professor ia fazer isso relacionando com aquele outro. Aí você descobre que isso não existe, que você tem que saber fazer por si só e você começa a fazer isso tudo.

P-1: Melhorar as relações do currículo, melhorar as relações de professores, mudar um pouco isso? Melhoraria a aprendizagem de vocês?

A-11: É o trabalho que dá para mudar.

A-5: Eu acho que tem que mudar desde a primeira série, porque a gente é treinado para dividir, não somar. É treinado para fazer ciência, geografia e História. Não, ciências ou sociais. Depois a gente subdivide, depois vai subdividindo. Depois chega aqui em biologia, a gente pega o que era ciência, pega uma partezinha e divide tudo

de novo. A gente não está acostumada a juntar. Então, eles [os professores] não estão preparados. Então, se não mudar desde o começo, começar a unir desde sempre, não teria como. Aí chega aqui e vê tudo segmentado. Você vai para a aula de genética, eu já olho e não quero assistir àquela aula. Agora, se eu entro na aula de vertebrados é diferente, eu já tenho a minha mente mais preparada para cada coisa. Eu não quero saber da genética de um animal.

A-12: Teria que dar isso tanto na ecologia, trabalhando com esses animais, quanto na genética.

A-5: Tanto é que a pergunta que mais fazem para a gente é “que área que você está fazendo?” Não perguntam “O quê?” Já te induzem a escolher uma área. Vou fazer zoologia e não biologia.

No fragmento a seguir é possível destacar que o fato do grupo se reunir de forma sistemática gerou um grande entrosamento entre os graduandos e os pesquisadores, o que propiciava a liberdade dos graduandos expressarem seus pontos de vistas, suas dúvidas e suas idéias de pesquisa. Outro ponto a ser notado é a importância que os alunos deram aos seus projetos de pesquisas, pois tiveram liberdade de delimitar o tema e, portanto, assumiram a responsabilidade por desenvolver uma idéia própria.

D-10/Fragmento 6

A-11: [Em relação ao grupo] Eu acho que em primeiro lugar está ensinando a ser pesquisador. A maioria chegou aqui...e aí? Eu quero, mas onde começo? O que eu faço? O que eu pesquiso? Eu falo sobre o quê? Só sei que eu quero. E aí vocês foram ensinando: faz isso, faz aquilo, e esse é o primeiro passo. Vocês meio que mostraram o caminho.

A-7: E a gente está criando. Porque normalmente em laboratório, quando a gente vai fazer, o professor dá: isto aqui, pesquisa isso daqui. E aí você vai lá e pesquisa, daí que você vai começar procurando. E aqui não, tanto que eu vou pegar uma coisa que nem foi discutida aqui e que eu vou acabar trabalhando. Então foi essa liberdade de poder pensar, ter a idéia inicial do ponto de partida que ajudou bastante.

P-1: É importante você criar sua própria idéia?

A-3: A liberdade foi fundamental, porque você vai fazer uma pesquisa, é seu trabalho, mas seu trabalho porque você fez mecanicamente, você não pensou naquilo lá que você...

[...]

A-5: É aquilo que ela falou, a gente sente muito mais feliz porque é uma coisa nossa. Que pelo menos a gente tentou fazer alguma coisa e está aprendendo, tudo que acrescenta tem sido válido. Diferente de quando você está num lugar que a coisa já está formada. Você está contribuindo, mas não está... Se aquilo deu certo, se não deu, se foi bom, se não foi, não sente tanta gratificação como quando você elabora uma coisa e fala: “nossa, não é que deu certo!”

A-1: E mesmo pela liberdade que a gente tem com vocês. Essas conversas.... Eu acho importante isso, o aluno não tem liberdade... Você vê tanta gente falar que tem medo de conversar com o orientador [...].

Nas falas dos graduandos, verifica-se que a fragmentação do conhecimento biológico e do Ensino de Biologia nos cursos de licenciaturas foi um ponto marcante ao longo

de toda a discussão. A formação de redes conceituais, no sentido de um *explicatum*, pelos graduandos pode ser facilitada por um espaço de discussões epistemológicas na formação de um biólogo, em que seja priorizada a explicitação de conceitos centrais do conhecimento biológico que possam funcionar como unificadores de outros conceitos. Em certa medida, o grupo cumpriu esse papel, como é evidenciado na resposta da aluna A-13 no questionário sobre o conceito de ciência, cientista e as atividades do grupo: “As atividades desenvolvidas no grupo estimularam-me a trabalhar conceitos que são os instrumentos de trabalho de um pesquisador (como: vida, equilíbrio ecológico, nicho ecológico, etc.) e muitas vezes não são corretamente interpretadas ao desenvolver-se uma pesquisa”. Além disso, infere-se que o trabalho do grupo contribuiu para a formação crítica do aluno não só enquanto pesquisador, mas também como futuro professor, uma vez que estimulou o diálogo entre os pares, a criação de novas idéias e a integração de conceitos biológicos.

Estabeleceu-se aqui uma outra síntese de significação.

VI – SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO
Desenvolvimento do grupo: A relação entre as discussões epistemológicas e a formação de pesquisadores
<ul style="list-style-type: none"> • Os alunos indicam que antes de entrar no grupo não pensavam a pesquisa teórica como ciência. Com a participação no grupo e o início das atividades de pesquisa essa visão começa a ser rompida. • Quanto à pesquisa, percebe-se que o envolvimento com essa atividade ocorre quando o aluno ajuda a construir seu próprio objeto de pesquisa. • Percebe-se no desenvolvimento dessa fase do grupo uma crítica por parte dos alunos à fragmentação do Ensino de Biologia realizado em seu curso e a necessidade de um ensino mais integrado e significativo.

QUADRO 17: Síntese de significação da última etapa do desenvolvimento do grupo

5.3. Finalização das atividades do grupo no ano de 2007

O momento de Finalização deste primeiro ano do grupo foi constituído pela apresentação dos projetos e Trabalhos de Conclusão de Curso desenvolvidos ao longo do ano de 2007 na forma de seminários (30 de outubro de 2007) e por entrevistas individuais com cada um dos oito alunos que acompanharam todo o desenvolvimento do grupo (31 de outubro e 1 de novembro de 2007).

5.3.1. Projetos e Trabalho de Conclusão de Curso

Os trabalhos desenvolvidos pelos graduandos participantes do grupo apresentados na reunião do dia 30 de outubro de 2007 estão destacados no quadro a seguir.

ALUNOS	TEMA DESENVOLVIDO
A-1	Projeto e Trabalho de Conclusão de Curso. O aluno procurou analisar os conceitos de apresentação e representação através dos referenciais advindos da semiótica e da neurobiologia. O objetivo do estudo foi analisar o desempenho de graduandos de biologia em relação ao reconhecimento de flores em contextos naturais, as quais haviam sido ou apresentadas anteriormente em outros contextos ou representadas anteriormente através de imagens.
A-2	Projeto e Trabalho de Conclusão de Curso. Nesse trabalho o aluno buscou compreender o reconhecimento de seres vivos e o conceito de vida em seis alunos da sexta série do ensino fundamental através das seguintes estratégias: (1) uma entrevista individual semi-estruturada, constituída pelas questões - O que é vida para você? Como você diferencia um ser vivo de um objeto que não tenha vida? Um programa de computador tem vida? Existe vida fora do planeta Terra? Para você, como surgiu a vida? (2) discussão com o grupo de alunos sobre a atribuição de vida, utilizando imagens de elementos animados e inanimados, esta atividade foi feita após a entrevista, afim de que não interferisse nas concepções individuais de cada aluno.
A-3	Projeto. O estudo discutia o tema interdisciplinaridade, através do trabalho com o tema água com alunos de duas quintas séries da rede pública estadual na cidade de Bauru. A graduanda buscou trabalhar com atividades lúdicas para promover a integração de diferentes conceitos com as crianças.
A-5	Projeto e Trabalho de Conclusão de Curso. O trabalho enfatizou o tema interações biológicas no cerrado. Foi investigado se atividades de campo propiciavam a compreensão das interações biológicas e dos organismos de Cerrado. O estudo se realizou com estudantes do Ensino Médio da rede Estadual de Ensino na cidade de Bauru. Para avaliar as concepções de cerrado e de interações biológicas foram utilizados questionários e observações.
A-7	Projeto de pesquisa. A aluna buscou investigar como a produção de mapas conceituais sustentava a ação pedagógica interdisciplinar de professores do Ensino Médio. Os professores a serem analisados faziam parte de um projeto de pesquisa que procurava trabalhar de forma interdisciplinar o impacto da cultura de cana-de-açúcar na região de Jaú. Os professores construíram conjuntamente um mapa conceitual geral que englobava várias disciplinas e cujo tema unificador era a cana-de-açúcar. Cada disciplina, então, produzia novos mapas conceituais. O projeto de pesquisa da aluna do grupo estava centrado na discussão sobre a interdisciplinaridade e na análise desses mapas conceituais.
A-8	Projeto de Pesquisa. Este trabalho procurava investigar o conceito de nicho ecológico em livros didáticos do Ensino Médio e do Ensino Superior.
A-10	Projeto de Pesquisa. O trabalho tinha como objetivo compreender as concepções de vida de professores de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas e as relações dessas concepções com as áreas de pesquisa e as atividades de ensino desenvolvidas por estes.
A-11	Projeto de Pesquisa sobre o conceito de vida. O projeto está relacionado ao levantamento histórico do conceito de vida e na investigação do conceito de vida em professores de Biologia do Ensino Médio.

QUADRO 18: Temas dos projetos de pesquisas e trabalhos de conclusão de curso dos graduandos participantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia.

Nas apresentações dos seminários cada aluno tinha em torno de 20 minutos para a exposição e 10 minutos para a discussão do trabalho (no formato de apresentação oral que

ocorre em eventos científicos). Nestas apresentações, percebeu-se que os graduandos participantes do grupo apresentavam domínio de seus objetos de pesquisa, respondendo as perguntas colocadas pelos outros participantes. Nesse momento, foi possível aos alunos compartilhar as pesquisas realizadas ou em desenvolvimento, receber críticas e expor as dificuldades encontradas. A reflexão coletiva foi um importante momento na formação dos graduandos de biologia quanto pesquisador.

Em relação às temáticas das pesquisas, os alunos A-2, A-10 e A-11 enfatizaram a investigação do conceito de vida em diferentes níveis de ensino: no Ensino Fundamental (A-2), no Ensino Médio (A-11); e na Educação Superior (A-10). Estes alunos faziam parte do subgrupo que discutia o conceito de vida e organismo orientado pela pesquisadora P1.

Os alunos A-3, A-5 e A-8 fizeram parte do subgrupo responsável por discutir conceitos relacionados à ecologia e ao ecossistema. A-3 enfatizou o tema água como um elemento integrador de diferentes conceitos, A-5 trabalhou com as interações biológicas no cerrado e A-8 com o conceito de nicho ecológico. Esse subgrupo foi orientado pela pesquisadora P-3.

A aluna A-7 centrou sua discussão teórica no conceito de interdisciplinaridade, sendo orientada pela pesquisadora P-2 e o aluno A-1 trabalhou com aspectos cognitivos da percepção sendo orientado pela pesquisadora P-4.

Pode-se perceber no *quadro 18* que todas as pesquisas realizadas estavam relacionadas à área de Ensino de Ciências, mesmo as pesquisadoras tendo enfatizado que os alunos poderiam desenvolver pesquisas históricas e conceituais, sem ter uma relação direta com o contexto de ensino. Se o *quadro 18* for comparado com o perfil inicial de interesse dos alunos apresentados no *quadro 4*, é possível verificar um aumento de interesse na área de ensino devido às temáticas escolhidas pelos alunos para o desenvolvimento dos projetos. Esse interesse também foi notado nas discussões durante o desenvolvimento do grupo, o que era justificado pelo contato com uma nova área de pesquisa.

Um ponto a ser destacado é que as atividades de pesquisa iniciadas no ano de 2007 tiveram continuidade no ano de 2008 para a maioria desses alunos. Dentre os graduandos que estavam no último ano do curso de Biologia no ano de 2007, três desenvolveram os trabalhos de conclusão de curso a partir dos projetos desenvolvidos no grupo (A-1, A-2 e A-5). Esses mesmos três alunos foram aprovados e ingressaram no início de 2008 em programas de mestrado, sendo que dois continuaram na área de Ensino de Ciências (A-2 e A-5), continuando a participar das atividades do grupo em 2008, e um continuou seu estudo na área de neurobiologia (A-1). A aluna A-3, que também cursava o

último ano de curso em 2007, desenvolveu o projeto de pesquisa do grupo em paralelo com o Trabalho de Conclusão de Curso que desenvolvia em outra área. Essa aluna continuou freqüentando as reuniões do grupo em 2008.

Os outros quatro alunos (A-7, A-8, A-10 e A-11), que não se formaram no ano de 2007, escreveram seus projetos de pesquisa, sendo que os alunos A-7, A-10 e A-11 continuaram a desenvolver a pesquisa em 2008. As alunas A-7 e A-11 receberam bolsas de iniciação científica de órgãos de fomento à pesquisa para o desenvolvimento de seus projetos, enquanto a aluna A-10 finalizou o Trabalho de Conclusão de Curso no ano de 2008, a partir do projeto desenvolvido no grupo. Dentre os quatro alunos que não se formaram no final de 2007, apenas a aluna A-8 não continuou as atividades do grupo em 2008.

As atividades do grupo no ano de 2008 não está sendo objeto de pesquisa da presente tese, mas cabe ressaltar a importância da continuidade dos projetos de pesquisas que tiveram início no ano de 2007 para uma formação intelectual mais significativa pelos graduandos. A seguir são demonstradas as modificações da estrutura do grupo em 2008.

PARTICIPANTES DO GRUPO	
2007	2008
<ul style="list-style-type: none"> • Um pesquisador coordenador: P-4 • Três pesquisadores doutorandos: P-1, P-2 e P3. • Oito alunos de graduação: A-1, A-2, A-3, A-5, A-7, A-8, A-10 e A-11. 	<ul style="list-style-type: none"> • Um pesquisador coordenador: P-4 • Três pesquisadores doutorandos: P-1, P-2 e P3. • Três alunos de graduação que participaram no grupo em 2007: A-7, A-10 e A-11. • Dois alunos de mestrado que já haviam participado do grupo em 2007 como graduandos: A-2 e A-5. • Um aluno sem vínculo institucional que havia participado do grupo em 2007: A-3. • Quatro alunos de graduação que iniciaram as atividades em 2008: A-14, A-15, A-16 e A-17. • Dois alunos de mestrado que iniciaram as atividades em 2008: A-18 e A-19.

QUADRO 19: Modificações na estrutura do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”.

Percebe-se no quadro acima que dos oito alunos de graduação que tem sido foco da análise dessa tese, seis continuaram a participar do grupo em 2008. Além disso, o grupo recebeu novos participantes tanto de graduação quanto de pós-graduação com o interesse de discutir aspectos epistemológicos do conhecimento biológico. As atividades do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia” tiveram prosseguimento também no ano de 2009, com a continuidade de grande parte dos sujeitos. Esse vínculo prolongado em um grupo de pesquisa tem se mostrado um importante elemento na formação intelectual dos sujeitos envolvidos, uma vez que é um espaço no qual se discute além da natureza do conhecimento biológico, estratégias metodológicas de pesquisa. A consequência de um trabalho contínuo foi evidenciada pela crescente participação em eventos científicos da área de Epistemologia da Biologia e Ensino em Ciências e publicações realizadas tanto por graduandos quanto pós-graduandos participantes do grupo.

Constrói-se aqui uma nova síntese de significação a partir dos dados dessa etapa da pesquisa.

VII - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO
Finalização: seminários
<ul style="list-style-type: none"> • Percebe-se que os alunos dominam seus objetos de pesquisas e respondem de forma adequada às perguntas feitas pelos outros participantes

QUADRO 20: Síntese de Significação dos seminários apresentados pelos alunos na fase de finalização das atividades do grupo no ano de 2007

5.3.2. Entrevistas individuais

As entrevistas individuais tiveram os seguintes objetivos: (1) verificar o desenvolvimento do aluno quanto pesquisador no contexto do grupo de pesquisa e suas impressões sobre o desenvolvimento do grupo; (2) analisar as interações entre o conceito de organismo e os níveis inferior (genético/molecular) e superior (ecológico/evolutivo); e (3) analisar o conceito de vida apresentados pelos alunos. Para a apresentação dos dados, os fragmentos são indicados pela letra E (entrevista), a letra A (aluno) e o número que representa cada sujeito (por exemplo, EA-1, EA-2, etc.).

Cabe destacar que o conceito de organismo é abordado através da pergunta sobre as interações entre níveis, pois foi essa a ênfase dada ao organismo no desenvolvimento do

grupo através das discussões e da leitura dos capítulos 1 e 2 do livro “A tripla Hélice” de Lewontin (2002). Também foi abordado o conceito de vida, que foi um dos temas trabalhados com a leitura do texto de Emmeche e El-Hani (2000). Como esses dois conceitos estão interligados é possível verificar o papel do organismo na definição de vida. Assim, durante as entrevistas os alunos foram questionados sobre: o desenvolvimento do grupo; seu desenvolvimento quanto pesquisador; a interação dos níveis hierárquicos ambiente externo, organismo e ambiente interno; e sobre o conceito de vida (apêndice VIII). A seguir, são apresentados alguns fragmentos das respostas dos graduandos durante as entrevistas.

5.3.2.1. Entrevista com o aluno A-1

O aluno A-1 cursava o último ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (diurno) e entrou no grupo já apresentando leituras sobre a Filosofia da Biologia, em particular sobre a temática da biossemiótica e já com interesse no desenvolvimento de pesquisa sobre percepção. No entanto, ele indica que as discussões do grupo subsidiaram sua busca por referenciais teóricos. Sobre a importância do grupo A-1 indica:

EA-1/ Fragmento 1

A-1: Eu acho que a principal coisa é que não é discutido na graduação. Temas que passam e que na verdade é essencial para o curso, para as coisas que a gente estuda. É uma outra reflexão, um outro ponto de vista dentro do curso, do tema em geral.

[...]

A-1: Foi legal, rolou bem, o pessoal se sentia à vontade para falar. Acho que ficou bem coesa a coisa. Então acho que deu pra aproveitar bastante coisa. Acho que vocês também ajudaram bastante. Acho que a proposta de vocês de disponibilizar, ver, perceber isso aí. Não sei se era uma necessidade, mas de elaborar, de fazer um projeto. A ajuda que vocês deram, sempre disponíveis.

P-1: Por exemplo, a dinâmica do grupo, você acha que ela se manteve desde o início ou ela se modificou? A dinâmica de relação entre vocês e com a gente? Como era essa relação no início? Ela se manteve ou ela modificou?

A-1: Modificou no sentido que algumas coisas ficaram menos formais, ficaram mais informais. Mas eu acho que em questão da qualidade, pelo menos de troca de informações, eu acho que foi bem produtivo, foi crescendo até na medida em que o pessoal foi escolhendo a área, mais ou menos o que eles queriam fazer, eu acho que foi ficando melhor ainda, eu acho.

A-1: O que eu percebi é que eu achei que o pessoal foi perdendo o medo de falar. O que eu acho bem legal e importante, o pessoal tem que dar a opinião. No começo não tinha tanto isso não.

[...]

A-1: Eu acho que no geral o pessoal está construindo muito mais coisas agora. Uma coisa que ficou bem claro é que quebrou o pensamento padrão, até mesmo de

questionamento das coisas. Acho que ficou mais amplo. O pessoal está considerando mais coisa agora, eu acho.

Percebe-se nesse fragmento que A-1 destaca: a importância de se discutir a epistemologia da Biologia no curso de graduação, o entrosamento entre os sujeitos do grupo durante o desenvolvimento das atividades e a interferência do grupo na elaboração de questionamentos e de um pensamento mais amplo e sistêmico.

A influência entre os sujeitos do grupo se reflete inclusive quando o aluno pensa na sua formação quanto professor, como pode ser observado no fragmento abaixo.

EA-1/ Fragmento 2

A-1: Eu tenho vontade de dar aula também.

A-1: Eu me imagino fazendo umas coisas diferentes. Até mesmo pela base que eu tive, eu acho que eu tenho capacidade de fazer uma coisa diferente do que tem hoje. [...] Preparar uma aula melhor. Que nem, por exemplo, a aluna A-3 apresentou ontem, uma aula que abordasse outras coisas, que tivesse várias coisas em questão. Não essa coisa, esse negócio de passar na lousa, todo mundo copia e são discussões muito fechadas. Geralmente o professor, ele limita a discussão.

Quanto à interação entre os diferentes níveis hierárquicos abordados no grupo, o aluno A-1 indica uma visão sistêmica e integrada entre eles, reconhecendo a possibilidade de existir características próprias, ou seja, emergentes, em cada um dos níveis. O aluno A-1 ainda faz referência a uma figura abordada no início da discussão do grupo para explicar como os níveis são dependentes um do outro.

A-1: A impressão é que eles fazem parte da mesma coisa. Eu acho que é um pouco o conceito de complexidade, pelo o que me lembro das coisas. Acho que cada um é uma peça importante. [...] Eles estão no mesmo patamar de importância.

P-1: Mas, por exemplo, você consegue visualizar características diferentes em cada um desses níveis? Características que são próprias em cada um desses níveis?

A-1: Tem características que são próprias. Por exemplo, relação entre seres vivos. Isso não acontece com moléculas. A partir disso expressa o comportamento. Isso não acontece com moléculas. Não sei enumerar agora, mas se você for pensar, tem bastante coisa que... Até o comportamento, eu acho que é uma característica do ambiente macro.

P-1: Ou tem característica que acontece, por exemplo, só no nível do ecossistema?

A-1: Acho que tem sim. Até encaixando de novo naqueles conceitos. Tem coisas que só aparecem... Os fenômenos emergentes só aparecem quando você considera o ecossistema, por exemplo, o sistema em geral.

P-1: Como esses três níveis se relacionam: o orgânico, o molecular e o ambiental?

A-1: Eles se relacionam diretamente. Eu acho que um depende do outro. Um interferindo no outro, e vice-versa. [...] Aquela figura que você mostrou que tem, não sei se é um cubo, o ambiente modifica o indivíduo, o indivíduo modifica o ambiente...

Quanto ao conceito de vida é possível verificar que o aluno centra sua resposta em um tipo de organização que seria particular dos seres vivos. Nota-se também que as discussões do grupo permitiram entender a vida como um conceito mais amplo que o de organismo, isso pode ser apontado na fala “Não sei se dá pra considerar agora que a vida é só um indivíduo. Por que ele precisa de energia, mas energia vem do vegetal. Só que ele transforma energia luminosa na energia dele. Então não sei se agora cabe considerar o sistema todo como a *vida*”.

A-1: Embora a gente não perceba, até é pretensão da minha parte, mas eu acho que ela tem uma organização. Embora não se sabe muito bem ou completamente como ela é organizada, mas ela tem um padrão.

A-1: Não sei se dá pra considerar agora se vida é só um indivíduo. Por que ele precisa de energia, mas energia vem, a gente pega do vegetal. Só que ele transforma energia luminosa na energia dele. Então não sei se agora cabe considerar o sistema todo como “a vida”. [...] Seria o núcleo de energia...

A-1: Só pra fechar esta questão, eu acho que tem uma lógica de acontecimento das coisas que é comum tanto a uma célula quanto a um indivíduo. Pelo menos eu não sei muito bem como funciona essa lógica, essa reprodução, esse crescimento, esse desenvolvimento do indivíduo. Mas acho que tem uma lógica.

5.3.2.2. Entrevista com o aluno A-2

O aluno A-2 no ano de 2007 cursava o último ano do curso (diurno) e antes da sua entrada no grupo já havia trabalhado em um laboratório por dois anos, mas sem desenvolver um projeto próprio. Quanto à percepção dessa experiência o aluno relata:

EA-2/ Fragmento 1

A-2: Você aprende várias técnicas. Mesmo não sendo seu projeto você acaba desenvolvendo projetos com outras pessoas e você acaba aprendendo as mesmas técnicas, os mesmos conceitos, vendo as dificuldades de desenvolver um projeto.

No início das atividades do grupo, o aluno indica que aprendeu uma nova forma de realizar pesquisa, a pesquisa qualitativa que o aluno desenvolveu em seu Trabalho de Conclusão de Curso.

EA-2/ Fragmento 2

A-2: Então, aí quando eu vim para o nosso grupo também, foi uma outra forma de pensar. Eu nem sabia que existia esse tipo de pesquisa qualitativa. Era uma coisa que eu não conhecia. Como você vive num meio sempre de pesquisa quantitativa, acaba imaginado que só aquilo é pesquisa científica. Acho que foi importante porque parei para pensar coisas que nunca tinha pensado na vida.

O aluno destaca a importância do grupo na sua formação como intelectual e as conseqüências desse tipo de pensamento para a formação inicial em um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Percebe-se que na visão do aluno o grupo contribuiu para a articulação de idéias e integração de conceitos, o que se refletiria no seu papel como professor.

EA-2/ Fragmento 3

A-2: Ah, foi legal. Porque começaram a fazer questionamentos que eu nunca tinha feito, interessante. Começou a pensar uma coisa sobre outros aspectos que não só o objetivo, que todo mundo conhece, de senso comum. Então, pensar mais filosoficamente, mais sobre outras formas de ver o mesmo assunto. Eu gostei. Motivou mais a querer participar.

P-1: Por esse desenvolvimento do grupo, o que você acha que mudou, por exemplo, em relação aos seus conceitos biológicos? Mudou ou manteve? O que reforçou o grupo, ou manteve, ou mudou? O que aconteceu nesse desenvolvimento? Você tem todo esse ano que a gente trabalhou junto, como é que seus conceitos biológicos estiveram aí?

A-2: Então, teve toda uma auto-organização das concepções prévias. É Piaget que está fazendo isso... Então, realmente eu tive uma re-elaboração dos conhecimentos, porque eu nunca tinha pensando. Porque as pessoas sempre falam “vida” e não fica perguntando: “O que é vida mesmo?”, “O que é evolução?”. Você tem aula de evolução, mas o professor não fica enfocando o real significado da evolução, só conta o que aconteceu. Esquece de trabalhar todo o conhecimento da evolução. Eu acho que faltou isso na graduação e aqui a gente pôde explorar coisas que não foram exploradas em aula. Acho isso muito importante porque ajuda, preenche a lacuna que estava faltando no conhecimento. Porque aí você acaba fazendo outras conexões com outros assuntos.

[...]

A-2: Acho que seria importante um trabalho como o de vocês, tipo uma matéria. Propor uma matéria tipo “filosofia da biologia” dentro da grade, que ajuda a formar. Ajuda a formar, unir o que as outras disciplinas fragmentam, quer dizer, sempre tem alguma coisa: “ah ta, eu aprendi isso em farmacologia, aprendi isso em imunologia”, mas o corpo humano é um só, como que junta tudo isso? Então eu acho que tinha que ter alguma coisa que unisse, pudesse fazer toda essa conexão. E não precisa ser necessariamente bem biológico, pode ser através do conhecimento

mesmo, envolvendo os conhecimentos biológicos, mas toda uma linha de raciocínio em cima disso, para poder organizar.

[...]

A-2: A minha avaliação é totalmente positiva porque, como eu falei, eu acho até que deveria ter uma matéria no curso de graduação, porque ajuda a gente como professor a formar idéias, ajuda a gente a ter uma reformulação, a reunir informações que são todas fragmentadas. Então ajuda a ter uma re-acomodação dessas idéias. Então você acaba tendo toda uma linha de raciocínio, para poder depois se você quiser, com o aluno, você pode ajudar ele a desenvolver, você já tem uma base não fica só restrito a “Você vai trabalhar com folha, então vamos estudar a parte da botânica”, não interessa outra parte. Então, “vamos abrir a caixinha da botânica”.

Quando questionado sobre os três níveis de interação trabalhados no grupo o aluno apresenta dificuldade em perceber características próprias referentes a cada nível. Além disso, é possível perceber que o aluno reduz o ambiente molecular apenas ao gene quando diz: “É que o molecular trabalha com o gene só [...]”.

EA-2/ Fragmento 4

P-1: A gente trabalhou no grupo com três níveis de complexidade, com genético molecular, gene-molecular; o organismo e o ecossistema, o ambiente externo, o ecossistema. Como é que você me explicaria as diferenças entre esses três níveis?

A-2: Não sei. Macro-características que acontecem em todos, interações. São interações diferentes, mas são interações. Dentro do organismo também acontecem as interações entre as moléculas e fora dos organismos as interações entre as espécies. Mas acho que têm pontos diferentes. Acho que o ponto de vista é que são diferentes.

P-1: Pensa nesses níveis, por exemplo, no ecossistema. O que você encontra quando você olha para o ecossistema é a mesma coisa que você encontra quando você olha para o molecular?

A-2: É que o molecular trabalha com gene só e, com o gene mesmo, e do outro lado você trabalha com vários deles. É diferente. Todos interagindo. Ah, não sei. Não consigo imaginar nada específico. Estou vendo por um lado só, preciso começar a pensar...

P-1: Todas as características, por exemplo, que você encontra num ecossistema, pode ser reduzido e explicado por um nível mais básico, por exemplo, pelo gene, pelo organismo?

A-2: Então, é que eu acho que sim.

A-2: Então, eu acho que todas as características micro e macro têm alguma semelhança. Mas não são iguais, porque você está trabalhando com níveis diferentes. Mas tem algum aspecto semelhante entre elas.

Em relação ao conceito de vida, o aluno A-2, mesmo trabalhando em seu projeto com essa temática, ainda apresenta certa dificuldade no início de sua explicação. A seguir ele tenta formular uma explicação de vida ampla, envolvendo conceitos das diversas explicações de vida estudadas. Nota-se também que o papel do DNA volta a aparecer na explicação do

aluno, no entanto, ele ressalta o papel da interação do indivíduo com o meio e da auto-organização.

EA-2/ Fragmento 5

Seria próximo do que seria a autopoiese, mas ainda não é bem aquilo, daquele jeito. Acho que falta... Que ele dá uma visão muito sem interações, eu acho que ele centraliza tudo dentro da célula, auto-organização dentro da célula. Eu acho que falta explorar além da auto-organização dentro da célula, o aspecto da... entra um pouquinho da biossemiótica, não sei. Da interação com outros componentes, com outros indivíduos ou com o ambiente. Então o meu conceito de vida é este: seriam os organismos compostos de DNA, ou qualquer coisa, mas que tenha toda uma auto-organização que os mantém, e que, além disso, ele interage de alguma forma com o ambiente. Essa é minha definição.

O aluno ainda indica como foi o processo de desenvolvimento da pesquisa e a dificuldade que encontrou na realização das entrevistas semi-estruturadas que realizou com alunos da sexta série do ensino fundamental. O aluno fez uma entrevista piloto para aprender a realizar o procedimento da entrevista semi-estruturada antes de realizá-la com seus sujeitos de pesquisa. Esse piloto serviu para que o aluno modifica-se sua postura como entrevistador, pois havia realizado perguntas de forma muito direta, inibindo as respostas dos alunos. Quando o aluno aplicou a entrevista com seus sujeitos ele já teve uma maior habilidade na forma de colocar as questões, obtendo dados de melhor qualidade.

EA-2/ Fragmento 6

A-2: A partir do momento que você vai tendo outras discussões, mesmo que não são referentes ao seu trabalho, acaba influenciando de qualquer forma porque vai te dando novas perguntas, outras formas de você ver, não somente daquele jeito que você já tinha pensando, isso vai dando suporte a sua pesquisa, vai ajudando a pensar de diferentes formas, independente de estar relacionado diretamente ou não.
[...]

A-2: O mais legal acho que foi fazer entrevista, que eu não tinha a mínima idéia [...] Agora já é mais fácil. Agora fala: “Ah, vai fazer uma entrevista sobre tal assunto”, já estou mais craque, “manda aí que eu vou”. Nesse sentido. E também tem a forma de pesquisar que era diferente da que eu tinha, aí tudo foi se encaixando com o perfil desse novo pesquisador que a gente está trabalhando aqui.

No final da entrevista o aluno retoma a discussão dos três níveis trabalhados no grupo e do conceito de organismo. Verifica-se que nesse fragmento o aluno entende o organismo apenas como uma entidade passiva resultado da interação entre o ambiente interno (no qual se enfatiza a presença do material genético) e o ambiente externo.

EA-2/ Fragmento 7

A-2: [O organismo] depende das interações dentro e fora dele. Depende da sua auto-organização para sua [...] Então, o que ele necessita dentro dele às vezes ele tem que buscar fora e às vezes, além disso, ele tem que se adaptar ao meio que ele vive. [...] pode ser que ele tenha características adversas, então ele tem todo esse jogo de poder entre o dentro e fora dele para poder...

P-1: Como ocorre essa adaptação?

A-2: Como ocorre? Então, foi o que eu falei, é o jogo de poder que está aí. O dentro, as características que ele possui no micro, geneticamente falando, que ele possui, que ele pode explorar, e com as características de fora que influencia sobre ele. Então é esse duelo. Duelo não é a palavra, mas...

P-1: E ele, enquanto organismo?

A-2: E ele o que?

P-1: Ele tem alguma ação nesse jogo de poder?

A-2: Não ele é influenciado por isso. Ou ele é o resultado disso.

5.3.2.3. Entrevista com a aluna A-3

A aluna A-3 cursava o último ano do curso (diurno), já havia trabalhado com pesquisa relacionada à ecologia e indica que quando entrou no grupo estava procurando uma área de pesquisa na qual se identificasse.

EA-3/ Fragmento 1

A-3: No ano passado, a gente começou a procurar que área seguir. Aí eu resolvi conversar com outros professores, a maioria dos professores, para conhecer mesmo as áreas: “acho que eu gosto mais disso”. Aí eu cheguei a conversar com a P4. Eu estava querendo achar uma área que eu me encaixasse, com minha forma de pensar. O laboratório já não ia dar muito certo, por que é só aquela coisinha, regradinha. Então eu estava buscando. Também aquela coisa de ecologia, de ir para campo tinha fechado algumas coisas. Aí ela falou do grupo, eu achei interessante, porque eu sempre gostei dessa área de história, filosofia.

Em relação ao seu processo de desenvolvimento conceitual dentro do grupo a aluna destaca que facilitou a visualização do papel das partes dentro do sistema, ou seja, a interação entre partes e todo. Além disso, aponta que teve contato com outra forma de pesquisa, a qualitativa.

EA-3/ Fragmento 2

A-3: A maioria das pessoas tem dificuldade de ver o todo e vê as partes. Eu tenho dificuldade de ver as partes. Eu consigo ver uma coisa geral. Comecei a admitir que as vezes você precisa conhecer as partes.

P-1: A idéia que você tinha de pesquisa, ela se manteve?

A-3: Mais ou menos se manteve. Teve aquela parte lá da pesquisa qualitativa. Tudo que você tem de pesquisa você pensa: é aquela amostra e a quantidade. O outro lado eu não tinha contato.

Em relação aos três níveis de organização discutidos no grupo a aluna entende que o sistema está todo integrado e que a percepção é que fragmenta o todo em partes, como apontado na fala “São só formas de você começar a falar diferente”. Essa noção é condizente com a visão construtivista descrita por Joslyn (2000). Essa forma de entender o sistema dificultou a aluna reconhecer a existência de propriedades emergentes próprias de cada nível.

EA-3/ Fragmento 3

A-3: Acho que um está dentro do outro. São só formas de você começar a falar diferente.

P-1: Mas tem características que, por exemplo, aparecem apenas no nível do ecossistema, ou não? Só no nível orgânico, só no nível molecular, têm coisas próprias desses níveis?

A-3: Eu acho que não. Mas assim, a pessoa que está trabalhando com a ecologia, ela vai falar mais do lado ecológico do que o celular, mas ela sabe o que está ocorrendo. O que deveria ser feito é que a pessoa que está com a célula precisa ver o que está acontecendo com o meio. Acaba separando porque realmente é muito difícil você pensar em todos os lados ao mesmo tempo. Junto acho que é uma coisa só.

[...]

A-3: [sobre o ecossistema] Acho que no geral o ecossistema seria vários elementos que estão interagindo e vão formar aquele ecossistema. São vários sistemas que formam um só.

Em relação aos conceitos de vida e organismo a aluna destaca que o que diferencia os seres vivos de uma máquina é a existência de uma finalidade presente nos primeiros. Percebe-se, no entanto, uma contradição, pois após afirmar a finalidade da existência dos organismos, a aluna ressalta que a organização dos seres vivos pode ter surgido ao acaso.

EA-3/ Fragmento 4

A-3: Uma coisa onde acontecem várias reações e relações. [...] substâncias que vão interagir e formar aquele organismo e tal. Mas se você for transferir para uma máquina, são peças que interagem e formam a máquina. Agora falar que a máquina tem vida. Pode ser que ela imite. Agora em termos de relações, acho que acaba produzindo algo, aquela célula não está ali por estar, tem algum motivo. Por acaso ou não, não sei, por sorte aquelas células se uniram e formaram um indivíduo.

Quanto à organização do grupo a aluna destaca uma das dificuldades no trabalho desenvolvido como sendo a falta de leitura dos textos antes das discussões por parte dos

graduandos. No entanto, ressalta que apesar disso, o grupo permitiu a elaboração de vários trabalhos de pesquisas pelos graduandos.

EA-3/ Fragmento 5

A-3: Poderia ter mais discussões. Mas também eu não sei a possibilidade disso porque todo mundo fica “ah, não sei”, “não li o texto”. Eu não sei se primeiro tem uma discussão e depois a pessoa lê o texto, daí ela não vai ler tão preocupada em ficar “aí, tenho que saber isso, aquilo”. Ela já vai ler e já vai saber. Eu acho que o grupo começou assim... não sei se do zero, não sei se vocês tinham trabalhos, mas ele deu vários trabalhos diferentes. Então, acho que atingiu o objetivo.

5.3.2.4. Entrevista com a aluna A-5

A aluna A-5 cursava o último ano do curso de graduação (diurno) e já havia trabalhado com questões sociais que envolviam o meio ambiente e relatava ter um grande interesse pela área de ciências humanas. A aluna comenta que com a entrada no curso de graduação em ciências biológicas percebeu que o conhecimento biológico era trabalhado de forma fragmentada.

EA-5/ Fragmento 1

A-5: Eu imaginava que não fosse tão dividido. Achei que ia ter mais entrosamento. Porque quando a gente entrou já entrou na parte da microscopia. Então eu pensei “deve ser porque está começando ainda”. Aí chegou o segundo semestre, chegou o terceiro, aí eu vi que o entrosamento não chegava nunca. Eu não conseguia mais sozinha ter a noção de tudo. Eu fazia duas disciplinas juntas e não sabia mais juntar as duas. Era uma coisa para mim que ... Aí foi isso que achei que não gostei muito de ter feito. Que nem eu estava falando, agora tenho uma noção de tudo.

Quanto a sua entrada em um grupo que se propunha a discutir História e Filosofia da Biologia, a aluna destaca que não teve discussão sobre essa temática na sua formação. Além disso, considera que se surpreendeu com as discussões realizadas.

EA-5/ Fragmento 2

A-5: Porque a faculdade não tem. A biologia não tem isso. Eu sempre gostei de discutir, ver, conhecer as coisas. Gosto muito de história, da onde vem tudo. Na biologia não, as coisas chegam tudo pronto, não tem processo. A gente não teve filosofia das ciências, essas coisas. Eu achei que ia ter.

[...]

A-5: Eu lembro que eu estava vindo de uma fase bem “vamos lá pra ver o que dá”, porque eu não tinha nada estabelecido. Mas, a cada discussão que a gente tinha, eu falava “nossa, eu não tinha a menor idéia que existia, que tinham pessoas fazendo isso”.

Durante a entrevista a aluna destaca como a sua visão em relação à pesquisa na área de biologia se modificou com a entrada no grupo.

EA-5/ Fragmento 3

A-5: Antes eu só conseguia ver a biologia como uma receita pronta. Eu só conseguia ver assim. Eu achava que a biologia só poderia estar envolvida em outro tipo de pesquisa. Qualitativa por exemplo, eu não achava que poderia fazer isso com a biologia. Era isso, muitas vezes, que me impedia de desenvolver certas coisas. Eu não conseguia ficar na parte prática só. E ao decorrer desse um ano eu fui vendo que era possível eu fazer isso. E realmente eu acho que deixei de lado, talvez esteja até deixando de lado a parte de ecologia que eu gosto bastante, devido a isto. Não sei se eu conseguiria voltar para esse lado. Eu gostei muito da parte de humanas mesmo.

[...]

A-5: O conceito de vida que a gente tem, eu nunca tinha parado para pensar [...], o conceito de complexidade, essas coisas assim em volta do organismo, não tinha a menor idéia, uma coisa que abriu bastante. A biologia é interligada.

É importante destacar como as discussões coletivas ajudam na construção do pensamento individual, uma vez que, a aluna destaca a fala de um outro aluno participante do grupo em seu próprio discurso quando comenta sobre a influência do grupo na sua atuação como professora.

EA-5/ Fragmento 4

A-5: Talvez, uma coisa que o A-2 falou é que os alunos têm contato com seres vivos, mas não tem contato com o que é vida. A gente tem que dar oportunidade para os alunos de eles terem contato com coisas maiores, mais amplas. [...] A hora que fosse estudar o ambiente, não fazer igual quando a gente aprende cadeia alimentar. Parece que é assim: o tubarão vai lá come, parece que fica tudo separadinho. Mas, tem a pesca envolvida naquilo, o tubarão também vai estar influenciado pela refeição dele. Que nem agora que eu vou dar minha aula, os alunos perguntam uma coisa, às vezes eu até vou muito para o outro lado, mas você tem que ver o que está acontecendo: que eles não estão dentro de um potinho isolado de tudo, que tem influência disto, que tem influência de outra coisa. Tive uma aula na semana passada sobre evolução, estava falando do Darwin, que Darwin fez isso, e aí depois, o pessoal estava perguntando umas coisas sobre Mendel, aí eu

comecei a falar sobre a impressão com o texto de como Darwin fazia isso, que tinha todo um direcionamento para ele agir dessa forma. Vamos pensar como é que ele fazia, como é que Mendel fazia também. Essa coisa de já chegar com tudo pronto... [tem que] colocar o aluno no contexto do que você vai trabalhar com eles [...].

Quanto à relação entre ambiente externo, organismo e ambiente interno, A-5 entende que o organismo é principalmente fruto das interações internas e externas. É possível inferir que a aluna entende o organismo como um ser passivo, o que é corroborado pela fala “eu acho que o ambiente externo influencia muito mais o organismo do que o organismo influencia o ambiente externo”.

EA-5/ Fragmento 5

A-5: Para te falar bem a verdade, eu acho que o ambiente externo influencia muito mais o organismo do que o organismo influencia o ambiente externo. Acho que o que acontece dentro do organismo na parte do metabolismo celular... Acho que o organismo está no meio, o celular influencia muito ele, porque ele é constituído por aquilo, tudo o que ele é, é feito pelo celular e pelo externo. Agora o celular, parece que ele está ali. Não sei qual é a particularidade dele. A base das coisas. O mistério parece que é a constituição do celular e do organismo...

A concepção de vida que a aluna diz apresentar é de uma lista de características. Pode-se inferir pela complexidade da temática, que no contexto do desenvolvimento do grupo a construção coletiva dos conceitos de vida e organismo era facilitada, permitindo a construção de uma visão mais sistêmica e integrada. Outro fator que pode ter contribuído para o retorno do conceito de vida como lista de características era a necessidade de intercalar mais discussões no segundo semestre de 2007, uma vez que o grupo enfatizou nesse período mais a elaboração dos projetos. Como afirma Bastos *et al* (2004), na aprendizagem de um conceito pode ocorrer um processo de distorção. Dessa forma, haveria a necessidade de conceitos centrais serem abordados em vários momentos da formação do aluno e do currículo.

EA-5/ Fragmento 6

A-5: [...] eu não sei se eu consigo ver a vida como as características listadas, ou se aquilo que é por si só. Agora, eu acho que ainda fico com a parte da listinha mesmo. Aquele que se reproduz e que de certa forma tem alguma interação com algum outro organismo, outros indivíduos, com outra vida ali.

Na avaliação das atividades do grupo é possível perceber que novamente a aluna destaca a importância da construção coletiva do conhecimento. Um ponto que deve ser ressaltado na fala da aluna é que ela entende que o grupo auxiliou a fazer uma reflexão sobre suas próprias idéias, a fazer uma constante reconstrução, estando aberta a mudança de concepções, como indica a fala “Eu acho que é colocar em xeque minhas próprias idéias. Agora estou em constante dúvida”.

EA-5/ Fragmento 7

A-5: Acho que o desenvolvimento foi legal. No começo eu lembro que todo mundo ficava perdido, tipo: “O que está acontecendo? O que é isso?”. A gente chegava aqui e falava: “O que aconteceu”? O que foi discutido aqui? A gente ficava meio perdido, a gente não sabia muito bem. Mas depois, parece que ligaram um botão, depois de alguma coisa. Não sei qual foi o ponto no grupo, mas a gente conseguiu entender tudo. Começou a ver da onde estava vindo tudo aquilo. Quando falava de emergente para mim, eu falava: “O que é que é emergência?”. Não conseguia entender mesmo, não entrava. Complexidade hoje ainda eu estou batendo a cabeça para entender. Mas eu acho que foi legal, conseguiu direcionar. No final todo mundo conseguiu ter pelo menos uma idéia, relacionar. O entrosamento foi bom.

A-5: Acho que as dinâmicas foram boas porque várias vezes [...] deu para ver que a gente estava crescendo todo mundo junto. Essas discussões, dessa forma em círculo, todo mundo falando. Acho que foi legal. Vocês foram direcionando para a gente não se perder muito.

A-5: A única sugestão é que realmente continue e que abra para outras pessoas que vieram falar com a gente: “você participa do grupo...”. As pessoas estão curiosas e estão querendo participar desse grupo.

P-1: Como esse grupo, o trabalho de nós três interferiu na delimitação do seu trabalho de pesquisa? Como foi essa interferência?

A-5: Não foi nem interferência, foi construído no grupo. Se eu não tivesse no grupo eu acho que não teria feito o projeto, não teria pensado para esse lado.

[...]

A-5: Eu acho que é colocar em xeque minhas próprias idéias. Agora estou em constante dúvida. Todas as afirmações que eu falava: “É isso, é isso”, eu não consigo mais. Às vezes eu penso “isso é isso”, mas será que é, será que não é? Será que tem alguém falando alguma coisa para mudar? Isso foi a coisa que nesse processo mais aconteceu, a gente discutir isso. E também ouvir bastante todo mundo. Tem gente que está numa linha completamente oposta do que eu estou pensando, aí quero ver o que ele está falando, para ver se dá para tirar algum proveito, trocar alguma coisa.

5.3.2.5. Entrevista com a aluna A-7

A aluna A-7 cursava o terceiro ano de Licenciatura em Ciências Biológicas (diurno) e também já havia tido experiência em laboratório. Em relação a essa experiência, A-7 relata que a aprendizagem no laboratório foi centrada na obtenção de técnicas de pesquisa.

EA-7/ Fragmento 1

A-7: É assim, eu aprendi muita coisa, mas muita técnica na verdade. Eu acho que nos laboratórios você sempre aprende muita técnica, a parte de teoria, acho que só fica para quem realmente pede bolsa, se você não pedir, fica meio largada essa parte de teoria. Eu acho que eu aprendi bastante técnica nos trabalhos que eu fiz, porque a parte teórica eu acho que foi bem pouco.

Quanto a sua entrada no grupo de pesquisa, a aluna indica que já tinha interesse pela área de filosofia e que o grupo estimulou a reflexão.

EA-7/ Fragmento 2

A-7: Eu me interessava por filosofia e aí quando a professora falou do grupo de filosofia eu nunca tinha imaginado que biologia trabalharia com filosofia, eu nunca tinha ligado uma coisa com a outra. Então, como eu já me interessava, eu peguei e falei assim: “vamos ver o que acontece”. E como eu disse: eu sempre quis conhecer várias áreas diferentes para escolher.

P-1: Depois que você entrou no grupo e começaram as discussões, quais foram as suas primeiras impressões?

A-7: Eu achei muito interessante e também percebi que eu comecei a pensar, eu até comentava com alguns amigos. A gente começou até a discutir algum assunto. Eu acho que fez pensar, deu uma balançada.

Em relação aos três níveis de interação abordados no grupo, a aluna foi questionada se existiam características que são próprias de cada nível. Verifica-se no fragmento abaixo, que no início a aluna diz que não consegue estabelecer características próprias para cada nível, mas com o desenvolvimento da entrevista quando vai falar sobre o ecossistema, a aluna percebe a importância da interação entre as partes do sistema e reconhece que ele é diferente do nível orgânico. Isso é evidenciado pela fala “Se for pensar o ecossistema é formado por partes bióticas e abióticas, ele sim, é uma característica, que só tem nele. O organismo é vivo, é biótico, não tem como não ser”.

EA-7/ Fragmento 3

A-7: É, se for ver não. Porque os três estão relacionados: molecular, o organismo está inserido no ecossistema e é formado por moléculas. Se você for ver, modificando minha resposta, acho que não porque eles estão intimamente ligados, porque são dependentes, não tem como.

P-1: Mas, por exemplo, o ecossistema é mais amplo que o organismo. Tem característica que aparece só no ecossistema que não aparece no organismo. Tem características que só tem no todo, que não surgem nas partes?

A-7: Se for pensar o ecossistema é formado por partes bióticas e abióticas, ele sim, é uma característica, que só tem nele. O organismo é vivo, é biótico, não tem como não ser.

P-1: E ele pode ser decomposto, explicado por suas partes, só pelas suas partes?

A-7: Eu acho que se você explicar só as partes você talvez não consiga explicar a complexidade toda de um ecossistema.

P-1: Por quê?

A-7: Ah, porque são as interações que fazem o ecossistema ser tão complexo. Então, se você só decompor ele, parece que você vai estar diminuindo o ecossistema, não diminuindo, ele não vai ser tão geral. Se você dividir as partes e não levar em consideração a interação entre elas você vai minimizar o ecossistema.

P-1: E como que esses níveis se relacionam? Você falou que esses níveis são extremamente dependentes um do outro, e como é que, por exemplo, o organismo se relaciona com o ambiente?

A-7: Eu acho que não tem como você pensar um ecossistema sem organismo e não tem como existir um organismo sem o nível molecular. Então, eu acho que talvez no nível molecular... 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.

Ainda discutindo sobre os três níveis hierárquicos, a aluna trata do papel do organismo nos processos interativos. Percebe-se que a aluna destaca os diferentes tipos de interações, mas fica em dúvida se o organismo consegue ou não agir sobre o ambiente molecular. Essa dúvida é pertinente, pois o organismo age através de uma forma de restrição das possibilidades do nível molecular e não de forma direta, esse é o problema da causação descendente que foi discutido por El-Hani e Emmeche (2000).

EA-7/ Fragmento 4

P-1: Sim, mas vamos supor o organismo, como é que ele se relaciona com o nível molecular?

A-7: Eu acho que o nível molecular junto com o ambiente é que faz com que o organismo seja aquele organismo, então.....

P-1: E o organismo?

A-7: E o organismo? Ah, ele também pode modificar o ambiente e modificar... não ele não pode modificar o molecular, ou pode?

Em relação ao conceito de vida, a aluna retoma uma visão genecêntrica, no qual a vida pode ser considerada um programa genético. Verifica-se que no fragmento acima a aluna apresenta uma visão mais sistêmica e na questão abaixo uma visão mais reducionista, ou seja, a aluna intercala e possui as diferentes visões, que são utilizadas de acordo com o contexto da questão envolvida. A existência de um perfil de conceitos relacionados aos conceitos de vida e de ser vivo foi verificado também nos trabalhos de Coutinho (2005) e Silva (2006).

EA-7/ Fragmento 4

A-7: Meu conceito, eu acho que é mais reducionista, um pouco.

P-1: Por quê?

A-7: Eu não desvinculei muito do que eu era, do que eu dava mais enfoque e continuo achando [...] 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 essa mesmo.

[...]

P-2: Se você fosse explicar o que é vida, como você ia explicar?

A-7: Acho que, na verdade, eu não fechei ainda a minha concepção de vida. Até que eu falei, até que eu ia ler aqueles textos de novo para poder reorganizar e [...] eu acho que se eu fosse explicar para alguém o que é vida eu falaria assim: são todos os organismos que possuem código genético, acho que para mim é isso mesmo, é o código genético que faz com que vida seja vida, tenha vida.

5.3.2.6. Entrevista com a aluna A-8

A aluna A-8 cursava o terceiro da faculdade (diurno) e fazia estágio em um laboratório de zoologia, no qual iria desenvolver um trabalho de educação ambiental. Em relação a sua entrada no grupo de pesquisa a aluna indica que se sentiu atraída por ser uma área que ela não havia tido contato anteriormente.

EA-8/ Fragmento 1

A-8: Acho importante ter uma discussão teórica dentro da biologia, porque não é só ir lá descobrir novas técnicas, conservar aquilo, ou extrair alguma coisa de uma planta. Acho que têm discussões porque estamos tratando de vida, seja uma planta, um organismo, tem que ter uma discussão, tem que ter uma discussão ética do papel do biólogo na sociedade. Foi isso mais que me atraiu, por ser uma coisa diferente, que eu nunca tinha parado para pensar, que não tem na grade, no meu currículo não tem uma matéria mais teórica da biologia. Foi isso que me atraiu, por ser um campo diferente que eu nunca tinha ouvido falar.

A aluna A-8 destaca que o grupo permitiu uma amplitude na forma de pensar e uma mudança na visão sobre a área de Biologia.

EA-8/ Fragmento 2

A-8: Eu não criei nenhum novo conceito. Só abriu minha cabeça para novas discussões. Eu não cheguei a nenhum conceito de vida hoje ou do papel do DNA. Abriu minhas opções, abriu um pouco minha cabeça para novas discussões. Eu gostaria até de ter buscado mais coisas, lido mais coisas teóricas, porque mudou um

pouco minha visão sobre a biologia também, não só aquela parte de pesquisa prática, uma coisa mais de discussão mesmo.

Quanto à interação entre os três níveis hierárquicos abordado, A-8 aponta uma relação hierárquica no qual um nível é composto por outro e pode ter propriedades próprias que emergem em cada nível. Além disso, ela reconhece que a célula tem uma organização típica que se mantém e que permite a funcionalidade, como pode ser visto na fala “Uma célula, ela pode existir por si só, mas, ela tem que ter os componentes básicos para a sobrevivência dela. Por sua vez, esses componentes só vão ser funcionais para ela se eles estiverem ordenados de uma determinada maneira”.

EA-8/ Fragmento 3

A-8: Eu acho que ao mesmo tempo em que um complementa o outro e que um compõe o outro, cada um tem suas características. O organismo tem aquela coisa hierárquica, que o organismo é formado por tecidos, órgãos, que vai tudo se reduzindo. Mas, uma célula tem ali uma organização que é diferente de um corpo humano que é formado por várias células. Mas, eu acho que ao mesmo tempo, como elas têm as organelas, nós temos os órgãos.

A-8: Eu acho que é tudo meio interligado. Nós não existimos se não tiver organização das células e as células não existem se não tiver ali as organelas.

P-1: Apesar disso, têm algumas características que tem na gente e não tem... Que surge só na gente, que surge só no organismo, e essa característica não tem equivalência e não pode ser reduzida a outros níveis?

A-8: Acho que depende um pouco do ponto de vista. Aquela coisa da racionalidade, que só o ser humano é racional e desenvolveu a fala, tal. Mas uma célula também, se você pensa na biossemiótica, foi mais ou menos o que eu entendi. Uma célula consegue receber sinais, seja químico ou de temperatura, associa aquilo com uma informação e tem uma resposta. Da mesma maneira que a gente, a gente vê alguma coisa assimila aquilo e tem uma resposta. Mas eu acho que essa assimilação e essa resposta são em níveis diferentes. Um organismo como ser humano e para uma célula. Mas eu não sei dizer o que tem que é diferente na gente, que é diferente na planta ou organela ou numa célula.

P-1: Como esses três níveis interagem? O molecular, o orgânico e o ambiental?

A-8: Dessa maneira hierárquica que eu falei. As moléculas se unem para formar um composto ali, que vai se unir para formar as células, que vai se juntar... Ligação hierárquica em que um depende do outro para sua existência. Uma célula ela pode existir por si só, mas, ela tem que ter os componentes básicos para a sobrevivência dela. Por sua vez, esses componentes só vão ser funcionais para ela se eles estiverem ordenados de uma determinada maneira. É uma relação hierárquica, mas não que um domina o outro, mas um depende do outro.

Em relação às discussões sobre o conceito de vida, A-8 afirma que possui uma explicação evolucionista de vida.

EA-8/ Fragmento 4

A-8: Eu fiquei muito encucada com aquela história do computador. Porque um computador também consegue reproduzir um programa, consegue invadir, mas eu não consigo ver um programa de computador como vida. Mas ao mesmo tempo, eu não sei dizer o que está diferente do computador para a gente. [...] Mas acho que vida acaba sendo mais aquela coisa evolucionista, que é você conseguir se reproduzir, manter suas funções vitais, manter sua espécie, manter relações com outros organismos. Acho que mais essa coisa de manter relação.

Quanto ao desenvolvimento do grupo, a aluna indica que a participação de alunos de diferentes anos do curso de Ciências Biológicas contribuiu com sua aprendizagem. A aluna também afirma que o grupo mudou sua concepção de pesquisa.

EA-8/ Fragmento 4

A-8: Eu achei que foi bom até essa diferença de ano, porque às vezes o pessoal está mais adiantado, têm alguns conceitos diferentes por já ter visto algumas matérias, por já ter passado por outras situações. Então, ficou bem uma troca de experiência e de conhecimento, que ajudou a abrir minha cabeça para novas discussões.

A-8: À medida que a gente foi discutindo alguns conceitos que eu nunca tinha parado para pensar, fui vendo que discussões teóricas em cima do que já foi proposto na biologia também é uma opção de pesquisa, que eu nunca tinha visto. Então à medida que o pessoal foi vendo “por que a gente não discute o que é vida na visão dos professores”. Aí eu fui vendo, realmente, nunca ninguém parou para pensar sobre a vida, ainda mais sobre o que o professor de biologia acha. Foi meio que abrindo porta e mostrando que poderia fazer diferente. Aí a questão do meu trabalho, eu desde o começo já tinha ficado para a parte da ecologia, porque eu gosto dessa parte de todas as relações, tal. Aí a professora propôs falar sobre nicho, eu comecei a ver que não tinha nenhum conceito único de nicho, que tem muita discussão sobre isso, muita polêmica, tal, e eu resolvi fazer esse trabalho, mais teórico mesmo, que é uma coisa diferente mesmo.

5.3.2.7. Entrevista com a aluna A-10

A aluna A-10 cursava o terceiro ano (diurno) e já havia trabalhado em laboratório de plantas medicinais, mas disse não ter gostado da experiência, pois este era muito repetitivo. A-10 relata que na sua entrada no grupo queria apenas conhecer a área e que não queria desenvolver projetos, no entanto, que acabou gostando e ficando durante todo o desenvolvimento do grupo.

EA-10/ Fragmento 1

A-10: A professora (P4) foi falar e você também foi (P1). Aí eu estava meio perdida com relação ao ano passado, não gostando da parte que eu achava que gostava. Eu entrei na faculdade, apesar de ser licenciatura, não querendo fazer nada de educação. Aí comecei a gostar das aulas da professora (P4), assim que eu achei que não ia gostar, comecei a gostar. Aí vou ver como que é ... para ver se filosofia da biologia era legal, tanto que no começo eu falei que não queria desenvolver nada de projeto, só queria ver como é que era. Aí eu gostei do grupo, porque eu tinha vindo só para conhecer, porque eu estava perdida. Aí eu fiquei

Em relação ao desenvolvimento do grupo, a aluna comenta que as discussões facilitaram inclusive em seus estudos, permitindo que ela estabelecesse relações entre diferentes disciplinas e até mesmo entre os conteúdos de uma mesma disciplina.

EA-10/ Fragmento 2

A-10: Chamou muita atenção porque é muito diferente do que a gente tem na sala de aula. E que não era um tema de biologia como a gente vê na aula, por exemplo, “hoje a gente vai falar sobre ciclos biogeoquímicos”, entendeu?

A-10: Engraçado porque no começo eu já sabia de alguma coisa, mas eu não tinha certeza, eu não tinha base nisso. Agora, tem coisas que eu já sabia que estão explicadas e outras que eu não sabia, tipo conceito de vida, que eu nunca tinha parado para pensar, que me acrescentou. Essa forma de discutir, que não tem uma coisa fechada, uma coisa ampla, eu acho que me ajudou até a estudar, eu consigo fazer mais ligações entre uma coisa e outra, não fica tão específico.

P-1: Entre as disciplinas?

A-10: Entre as disciplinas e até dentro das disciplinas, porque a professora mostra tópicos e você acha que a coisa é só tópico. E não é. É tudo um conjunto, uma dinâmica. E agora eu acho que eu consigo pensar mais nisso.

Quando questionada sobre a existência de características específicas nos três níveis hierárquicos abordados no grupo, A-10 entende que novas propriedades podem surgir através da interação entre as partes.

EA-10/ Fragmento 3

P-1: No nosso grupo a gente trabalhou três níveis de complexidade que seriam o nível molecular e genético, o organismo e o ambiental. Dentro disso, você acha que tem algumas características que só aparecem dentro desses níveis?

A-10: Tem.

P-1: Poderia dar alguns exemplos?

A-10: Por exemplo, se pegar uma proteína, a proteína é apenas uma molécula, mas com outras ela forma uma rede, com reações que sozinha ela não faz. E isso também em pessoas.

Quanto aos tipos de interação entre os níveis, a aluna A-10 diz no início do fragmento que o gene determina o organismo e organismo age no ambiente. No entanto, questionada pela pesquisadora, ela passa a considerar que também o ambiente externo age sobre o organismo e que esse também pode influenciar suas características genéticas. Ressalta-se que a aluna enfatiza como ambiente interno apenas o gene, não considerando a rede de relações moleculares do interior da célula.

EA-10/ Fragmento 4

A-10: Acho que não tem um maior, eu acho que não tem um que predomina sobre os outros.

P1: E como que ocorre a integração entre os três? Vamos pensar no organismo.

A-10: O gene determina como eu vou ser fisicamente, um pouco das minhas atitudes, eu acho, e o conjunto sou eu, que vou interagir com o ambiente e vou causar mudanças, é uma coisa meio genética.

P-1: É genético? Você interage com o ambiente de que forma? Vamos especificar isso?

A-10: Tudo eu modifico, eu percebo o ambiente, faço o meio ambiente.

P1: E como é que esse ambiente age? Esse ambiente age em você?

A-10: Age

P-1: De que forma?

A-10: Meu comportamento, por exemplo, no ambiente da faculdade eu preciso estudar.

P-1: E o gene que você citou, como é que ele interfere em você?

A-10: Determinar que sou mulher, minha altura, mas você pode mudar também alguma coisa que o gene determinar. Você pode mudar alguma coisa genética, a gente pode mudar algumas coisas determinadas geneticamente.

Em relação ao conceito de vida, a aluna ressalta que escolheu trabalhar com essa temática porque era um conceito amplo que facilitava estabelecer relações. No entanto, o conceito de vida que a aluna apresenta na entrevista está associado a um determinismo genético, como pode ser observado na fala “Uma rede metabólica pré-determinada pelos genes que faz a gente interagir com o meio”. Essa idéia na qual o organismo é visto como uma entidade pré-determinada por fatores internos, segundo Lewontin (2000), é fruto de uma visão reducionista estabelecida na ciência moderna.

EA-10/ Fragmento 5

A-10: E pensando no seu trabalho porque você escolheu discutir sobre a vida? Por que esse nível de complexidade? Porque você fez essa escolha dentro do grupo?

A-10: Porque nas aulas a gente conseguia fazer conexões, acha que tudo é tópico que tudo é exato e esse conceito não é uma matéria, tipo matéria “vida”, tipo zoologia, é tão amplo que acaba abrindo a mente. Acho que todo biólogo deveria discutir um pouco sobre isso, mesmo que não goste, mesmo que não vá seguir.

P-1: [...] O que é vida?

A-10: Acho que é aquilo que eu falei, a gente tem nossos genes que vai se reproduzir, que faz essa rede metabólica e que faz a gente interagir com o ambiente. Porque se a gente não interage também não adianta.

P-1: Então como que você definiria: uma rede...

A-10: Uma rede metabólica pré-determinada pelos genes que faz a gente interagir com o meio.

5.3.2.8. Entrevista com a aluna A-11

A aluna A-11 cursava o terceiro ano noturno e tinha se dedicado principalmente ao ensino. Segundo a aluna ela sempre desejou lecionar e quando entrou na faculdade se sentiu decepcionada e pensou em desistir do curso. A aluna realizou também um estágio em laboratório, mas diz que não havia gostado.

EA-11/ Fragmento 1

A-11: Eu quero ser professora. Eu queria isso desde que eu pensei em fazer Biologia.

P-1: Quando você entrou na faculdade e foi conhecer as disciplinas, quais foram as suas impressões?

A-11: Foram meio decepcionantes. Era diferente daquilo que eu esperava daquilo que eu via. Eu achei muito chato. Eu tentei várias vezes desistir do curso, porque eu não me encontrava, eu ficava me perguntando o que eu estava fazendo ali. Era muita decoreba, depois te obrigava a decorar um monte de conceitos.[...]

P-1: Durante esse percurso do curso de biologia que tipo de pesquisa você desenvolveu? Você desenvolveu algum tipo de pesquisa?

A-11: Não. Eu me dediquei mais a dar aula mesmo.

P-1: Você dá aula já?

A-11: Dou aula já. E foi isso que fez com que eu continuasse fazendo biologia. Porque uma coisa é o curso de Biologia e outra coisa é o profissional formado em Biologia. Eu adoro dar aula, adoro o que eu faço e para continuar fazendo isso eu tenho que fazer biologia, se não eu teria parado.

Em relação ao grupo de pesquisa, a aluna relata que procurou entrar no grupo, pois não se identificava com as pesquisas experimentais realizadas nos laboratórios. É possível perceber que a aluna encontra no grupo uma outra possibilidade de pesquisa com a qual tem mais afinidade.

EA-11/ Fragmento 2

A-11: Eu estava meio perdida e precisa aproveitar a graduação para desenvolver alguma pesquisa. Pesquisa em que se eu detesto biologia? Aí eu comecei a pensar: “eu não detesto tudo, eu gosto de educação”. Aí eu fui pesquisar quais professores mexiam com educação. Aí eu fui procurar a professora e ela falou tem um grupo que vai começar agora sobre filosofia, aí ela falou: “entra nesse grupo, frequenta por um ano, veja o que você acha”. Se você achar que “é muito chato, eu não quero”, você me fala. Se não, você vai desenvolver um projeto lá. Aí no começo eu fiquei com o pé atrás, eu pensei “deve ser muito chato, não vou. Vou fazer assim: vou um mês e depois vou falar para ela que não quero”. Mas aí eu mudei de idéia.

[...]

A-11: Eu achei interessante. Eu achei que tinha bastante acrescentar e que eu estava com preconceito mesmo.

A-11: Eu acho que o grupo serviu bastante para desenvolver um pensamento crítico. Não analisando e falando baseado no senso comum, por causa das questões de vida. É claro que falou vida “é isso, isso e isso”, mas depois a gente viu que não era bem assim. Serviu para aprender escrever um projeto. Eu não tinha nem idéia de como fazia isso.

A-11: Eu nem imaginava que tinha biologia teórica, não tinha nem idéia, não tinha parado para pensar nisso. Aí eu vi que tinha. Que biologia não era só ficar no laboratório com ratos, abelhas ou cromossomos. Que tinham outras possibilidades que não essa de ficar presa no laboratório.

Ainda a aluna comenta a interferência do grupo nas suas atividades de ensino.

EA-11/ Fragmento 3

A-11: Eu acho que ajudou a analisar mesmo os conceitos. Por exemplo, eu como professora não posso mais chegar à sala de aula agora e falar o que está escrito no livro, sem pensar sobre o assunto. Porque eu participei de um grupo discutindo sobre o assunto, não sou mais leiga.

Quanto à interação entre os níveis ambiente externo, organismo e ambiente interno, a aluna ressalta a ação do organismo sobre o ambiente e a capacidade de autonomia dos organismos vivos. No entanto, percebe-se que a aluna identifica essa capacidade de autonomia como uma ação consciente, fazendo com que a aluna identifique apenas os animais como possuindo essa capacidade. A aluna aponta todos os níveis de interação em suas respostas, inclusive reconhece que algumas ações do organismo (no caso multicelular) podem interferir no ambiente celular. Cabe ressaltar que aluna entende que essa ação não é de controle, o que se aproximaria das discussões realizadas sobre causalidade descendente, no qual um nível superior poderia restringir as possibilidades de um nível inferior, como apontado por El-Hani e Emmeche (2000).

EA-11/ Fragmento 4

A-11: Acho que eles estão todos relacionados, por exemplo, no nível celular, acho que a gente não tem o poder de controlar o nível celular. Existem partes que sim, existem partes que não, são autônomas. Agora o ambiente a gente pode mexer, a gente consegue, claro que pode não dar bons resultados, mas eu posso ir lá e derrubar uma árvore, matar um animal, eu posso destruir uma floresta se eu quiser.

A11: [Em relação às características que ocorrem apenas no nível do organismo] O poder de autonomia, por exemplo, uma célula não tem a capacidade de falar “a partir de agora eu não quero mais fazer isso”. Uma hemácia não pode falar “a partir de agora eu não vou mais transportar oxigênio”. Agora eu posso falar “a partir de agora eu não vou mais responder”.

P-1: Essa autonomia...

A-11: Seria uma capacidade de pensar, de agir, diferente das células...

P-3: E o animal tem autonomia?

A-11: Tem, mas menos que nós, porque o animal é mais movido pelo instinto. [...]

P-3: E uma planta tem autonomia?

A-11: Ela não tem. Uma planta seria muito parecida com uma célula, ela está programada para fazer aquilo e vai fazer aquilo e acabou, independente do que aconteça.

P-1: E como esses três níveis interagem?

A-11: Eles são dependentes um do outro.

P-1: De que forma que ocorre essa dependência?

A-11: Um não vive sem o outro, um não existe sem o outro. A célula, por exemplo, está ligada ao organismo. Algumas coisas que eu posso fazer podem afetar as minhas células. Da mesma forma que algumas coisas que as minhas células podem fazer pode afetar, não que ela tenha consciência do que ela esteja fazendo, mas ocorreu um erro pode gerar um câncer no meu corpo. O ecossistema também, a forma como eu atuo nele vai gerar uma consequência para mim.

O conceito de vida da aluna aproxima-se a de uma visão sistêmica, consistente com a visão que a aluna apresentou durante o desenvolvimento do grupo. Nota-se que esta aluna apresentou uma mudança conceitual consistente em relação ao seu questionário inicial, no qual respondeu todas as questões de uma perspectiva genocêntrica.

EA-11/ Fragmento 4

A-11: Eu acredito que a vida está mais relacionada com a capacidade de interação entre as partes. Eu não poderia dizer que a minha célula é uma vida sozinha, eu não poderia dizer que eu sou uma vida sozinha, no meio do nada. Eu acho que é essa capacidade de interação mesmo, interação entre as minhas células que vai acabar me formando e a minha interação com o ambiente.

A aluna que estava trabalhando com o conceito de vida em seu projeto, destaca que a partir do estudo da História da Biologia, percebeu que o conceito de vida se modificava de acordo com o contexto histórico de determinada época.

EA-11/ Fragmento 5

A-11: É muito interessante, porque eu vi que o conceito de vida está muito relacionado com a época, por exemplo, na Idade Média quase 100% acreditava que Deus é vida. Agora muita gente acredita que está relacionada com a genética, porque agora é a época da genética. É muito ligado com o pensamento da sociedade da época.

Quanto ao papel do grupo na sua formação como pesquisadora, percebe-se o desenvolvimento de uma perspectiva mais crítica em relação ao conhecimento científico.

EA-11/ Fragmento 6

A-11: Primeiro, eu acho que é a crítica, é o senso crítico. Uma pessoa fala: “Vou pegar o livro, o que está escrito lá. Foi um autor conceituado que disse. Então é isso”. Agora não, pode vir qualquer um falar alguma coisa para mim, que vou ficar meio com o pé atrás, porque não existem verdades absolutas. Acho que um senso crítico mais forte.

5.3.3. Análise geral das entrevistas

Uma análise geral das entrevistas realizadas com os alunos permite observar que alguns alunos entendem que existem características próprias que emergem no nível do organismo (A-1, A-7, A-8 e A-11). Foi verificado que muitas das respostas consideram que os níveis influenciam entre si, não havendo predomínio de um nível sobre o outro, o que indicaria uma visão mais sistêmica dos fenômenos biológicos através da compreensão da interação entre ambiente interno, organismo e ambiente externo. No entanto, também são encontradas idéias que compreendem o organismo como um ponto de encontro passivo entre o ambiente interno e o ambiente externo (A2 e A5).

Percebe-se que concepções que enfatizam predominantemente o nível interno e especificamente o DNA voltam a aparecer nesse momento. Alguns alunos que apontaram durante o desenvolvimento do grupo uma concepção mais sistêmica de vida, integrando vários níveis de discussão, voltam a apresentar uma concepção internalista e reducionista de vida. Entretanto, também é possível verificar mudanças consistentes de uma visão internalista e reducionista da vida para uma concepção de vida como uma rede de interações. Esse é o caso apresentado pela aluna A-11 que no questionário inicial vai enfatizar apenas o material

genético em suas respostas, mas que durante o desenvolvimento do grupo (por exemplo, ver *quadro 14*) e na entrevista individual passa a conceituar vida como uma rede de interações.

A seguir é apresentado um quadro comparativo das respostas dos alunos na entrevista individual. Neste é ressaltada o papel do organismo nas interações hierárquicas, o conceito de vida e o papel do grupo na formação como pesquisadores dos alunos. No *quadro 21* é possível perceber que apesar dos obstáculos conceituais ainda enfrentados pelos alunos, estes, em geral, conseguem mobilizar conceitos de diferentes níveis hierárquicos em suas respostas.

	Organismo	Conceito de vida	Papel do grupo na formação de pesquisadores	Interações entre níveis
A-1	Um sistema organizado	Mais amplo que o conceito de organismo, considerando todo o sistema no qual este se insere.	Quebra do pensamento padrão e amplitude na forma de pensar.	AI ↔ O ↔ AE
A-2	É resultado da ação entre ambiente externo e interno.	Organismos auto-organizados e que interagem com o ambiente.	Aprendizagem de uma nova forma de pesquisa (qualitativa) e reestruturação de conceitos.	AI → O ← AE
A-3	Um sistema integrado resultado da interação entre inúmeros elementos.	A vida teria certa finalidade em sua existência.	Aprendizagem de uma nova forma de pesquisa (qualitativa) e elaboração de projetos.	AI ↔ O ↔ AE
A-5	É resultado da ação entre ambiente externo e interno.	Uma lista de características, com destaque ao papel da reprodução e da interação com outros seres vivos.	Aprendizagem de uma nova forma de pesquisa (qualitativa) e compreensão da biologia de uma forma integrada.	AI → O ← AE
A-7	É resultado da ação entre ambiente externo e interno. Mas também age sobre o ambiente externo	São todos os organismos que possuem um código genético.	Instigar a pensar.	AI ↔ O ↔ AE
A-8	Apresenta uma estrutura hierárquica na qual um nível depende do outro.	A vida seria baseada numa visão evolucionista, centrada na reprodução e na manutenção de funções vitais e da relação com outras espécies.	Ampliar as formas de pensar e ver as discussões teóricas como uma possibilidade de pesquisa.	AI ↔ O ↔ AE
A-10	É resultado da ação entre ambiente externo e interno. Mas também atua sobre o ambiente externo e interno.	É uma rede metabólica pré-determinada pelos genes que faz o organismo interagir com o meio.	Estabelecer mais relações entre as disciplinas e conceitos.	AI ↔ O ↔ AE
A-11	É resultado da ação entre ambiente externo e interno. Mas também atua sobre o ambiente externo e interno. Além disso, possui uma capacidade de autonomia.	Está relacionada à capacidade de interação entre as partes.	Desenvolver um pensamento crítico, ver a biologia teórica como uma possibilidade de pesquisa, questionar a existência de verdades absolutas e analisar os conceitos nas atividades de ensino.	AI ↔ O ↔ AE

QUADRO 21: Comparação entre as falas dos alunos sobre o conceito de organismo, níveis de interação, conceito de vida e papel do grupo na formação de pesquisadores na entrevista individual. As siglas AI, O e AE representam respectivamente ambiente interno, organismo e ambiente externo.

Por fim, foi estabelecida uma última síntese de significação elaborada a partir das respostas dos alunos nas entrevistas individuais.

VIII - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO Finalização: entrevistas individuais
<ul style="list-style-type: none">• Quanto à formação de pesquisadores, os alunos apontam: que o grupo auxiliou na construção de um pensamento crítico e integrado da Biologia e na inserção em um outro tipo de atividade de pesquisa.• Em relação à interação entre níveis os alunos percebem a interdependência entre eles, no entanto, para alguns alunos (A-2 e A-5) o organismo ainda é considerado uma entidade passiva fruto das interações entre ambiente externo e interno.• Quanto à concepção de vida, A-7 e A-10 apresentam uma visão determinista genética e A-5 apresenta uma concepção de vida como lista de características.

QUADRO 22: Síntese de significação da entrevistas individuais realizadas ao final das atividades do grupo em 2007.

O conjunto de sínteses de significação elaborado nas etapas da pesquisa será objeto de comparação e análise no próximo capítulo.

6. ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL DOS GRADUANDOS E DA DINÂMICA DO GRUPO NOS DIFERENTES MOMENTOS DA PESQUISA

Neste capítulo são enfatizadas: a dinâmica do desenvolvimento do grupo de pesquisa e a evolução conceitual dos alunos. Para isso, é utilizada, além das discussões já realizadas no *capítulo 5*, a comparação entre as sínteses de significação construídas ao final de cada uma das etapas do grupo. Essas sínteses de significação representam as principais idéias e processos construídos ao longo das reuniões de pesquisa e permitem analisar tanto as mudanças epistemológicas percebidas quanto a dinâmica social do grupo. A seguir são apresentadas as sínteses de significação que foram elaboradas na análise das etapas do grupo.

CONTATO INICIAL	I – SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO Contato Inicial: Área de Interesse
	<ul style="list-style-type: none"> • Não conhecia a área de pesquisa voltada para a Epistemologia, História e Filosofia da Biologia. • A maioria não apresentava um interesse inicial pela área de educação mesmo estando em um curso de licenciatura.
CONTATO INICIAL	II – SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO Contato Inicial: Questionário Inicial
	<ul style="list-style-type: none"> • Respostas simples, muitas vezes, utilizam-se estratégias de listar propriedades sem estabelecer relações entre estas. São enfatizados nas respostas os aspectos ambientais, reprodutivos e genéticos. • Níveis enfatizados: 1) ambiente interno: A-1 (organização interna), A-3, A-7 e A-11 (determinismo genético); 2) organismo: A-5 e A-8 (capacidade de agência); 3) ambiente externo: A-2, A-7 e A-10.
DESENVOLVIMENTO	III - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO Desenvolvimento do Grupo: Problematização
	<ul style="list-style-type: none"> • No início da reunião os alunos apresentam principalmente uma visão genecêntrica em suas respostas sobre os seres vivos. • Com a discussão sobre os organismos multicelulares os alunos passam a ter uma visão mais sistêmica do organismo. • A discussão sobre a divisão de clones de bactérias em um mesmo meio de cultura permite alguns alunos perceberem que o DNA é apenas um dos elementos que se insere em uma rede de interações complexas no ambiente interno da célula. Entretanto, mesmo com essa discussão a aluna A-8 mantém nessa etapa uma perspectiva determinista do DNA em relação aos seres vivos.
	IV - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO Desenvolvimento do grupo: Discussão sobre o conceito de vida
	<ul style="list-style-type: none"> • No início da discussão do texto relativo ao conceito de vida, os alunos apresentaram dificuldade na compreensão da perspectiva semiótica e de pensar uma explicação de vida que tivesse caráter universal, que não estivesse restrita as formas de vida que se conhece na Terra.

FINALIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Após a discussão do texto, os alunos assinalam na questão síntese sobre o conceito de vida prioritariamente as idéias que dizem respeito à explicação de vida como sistemas auto-organizados evolutivos e da vida como interpretação de signos. Essas escolhas são justificadas por serem explicações mais abrangentes do que aquelas oferecidas pelos outros itens, ou seja, incluem na explicação os diferentes níveis hierárquicos apontados no grupo. • Percebe-se também, que apesar da procura por uma explicação de vida mais abrangente, muitos alunos passam aceitar a convivência de várias explicações de vida fundamentadas em perspectivas teóricas distintas.
	V - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO
	Desenvolvimento do Grupo: Interações entre ambiente interno, organismo e ambiente externo.
	<ul style="list-style-type: none"> • A partir da leitura e compreensão dos capítulos 1 e 2 do livro a Tripla Hélice de Richard Lewontin (2002), os alunos passam a utilizar conceitos dos três níveis de interação para discutir o organismo. Isso ocorre através do debate sobre normas de reação, ruídos do desenvolvimento e unicidade de cada ser vivo. • Percebe-se também um maior envolvimento dos alunos através da construção de perguntas e da utilização de um discurso filosófico que integra idéias sobre sistemas, auto-organização e interações entre um grande número de elementos.
	VI – SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO
	Desenvolvimento do grupo: A relação entre as discussões epistemológicas e a formação de pesquisadores
	<ul style="list-style-type: none"> • Os alunos indicam que antes de entrar no grupo não pensavam a pesquisa teórica como ciência. Com a participação no grupo e o início das atividades de pesquisa essa visão começa a ser rompida. • Quanto à pesquisa, percebe-se que o envolvimento com essa atividade ocorre quando o aluno ajuda a construir seu próprio objeto de pesquisa. • Percebe-se no desenvolvimento dessa fase do grupo uma crítica por parte dos alunos à fragmentação do Ensino de Biologia realizado em seu curso e a necessidade de um ensino mais integrado e significativo.
	VII - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO
Finalização: seminários	
<ul style="list-style-type: none"> • Percebe-se que os alunos dominam seus objetos de pesquisas e respondem de forma adequada às perguntas dos outros participantes 	
VIII - SÍNTESE DE SIGNIFICAÇÃO	
Finalização: entrevistas individuais	
<ul style="list-style-type: none"> • Quanto à formação de pesquisadores, os alunos apontam: que o grupo auxiliou na construção de um pensamento crítico e integrado da Biologia e na inserção em um outro tipo de atividade de pesquisa. • Em relação à interação entre níveis os alunos percebem a interdependência entre eles, no entanto, para alguns alunos (A-2 e A-5) o organismo ainda é considerado uma entidade passiva fruto das interações entre ambiente externo e interno. • Quanto à concepção de vida, A-7 e A-10 apresentam uma visão determinista genética e A-5 apresenta uma concepção de vida como lista de características. 	

QUADRO 23: Sínteses de significação construídas ao longo da análise das diferentes etapas do “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”.

6.1. Panorama do desenvolvimento do grupo

Uma das dificuldades metodológicas em pesquisa qualitativa de cunho coletivo, como a observação participante realizada no grupo de pesquisa no qual um conjunto de alunos discutem temas específicos, é analisar quais foram as mudanças conceituais e procedimentais que aconteceram durante a pesquisa. Assim, a elaboração de sínteses parciais que representaram as principais idéias e processos no grupo foi uma estratégia que possibilitou verificar o movimento de construção do pensamento biológico e da formação como pesquisador dos alunos de graduação participantes da pesquisa, levando em conta o coletivo e indiretamente a evolução individual de cada participante.

6.1.1. A formação de pesquisadores na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências

Em relação à formação de pesquisadores na área de interface entre a Epistemologia da Biologia e o Ensino de ciências, percebe-se que inicialmente a área de Epistemologia da Biologia era desconhecida pelos alunos de graduação que participaram do grupo e que a maioria também não tinha interesse na área de ensino.

Com o início das atividades do grupo e principalmente a partir da elaboração dos projetos, os alunos começam a compreender e aceitar a pesquisa em Biologia Teórica como uma atividade científica. Associado a essa nova compreensão do conhecimento biológico ocorre ao longo do grupo o desenvolvimento de um pensamento crítico por parte dos alunos que relatam terem modificado seu pensamento no sentido de pensar os conceitos de forma mais integrada. Além disso, a construção de objetos de pesquisas próprios, a partir de suas afinidades com diferentes temas, permitiu um envolvimento efetivo dos alunos com suas pesquisas, o que pode ser verificado na apresentação dos seminários realizados pelos alunos, no qual estes responderam as perguntas realizadas pelos outros participantes de maneira condizente e mostrando domínio de seus projetos e trabalhos. Dessa forma, verifica-se que houve uma evolução tanto no pensar sobre a ciência como no fazer ciência, permitindo o desenvolvimento da autonomia dos alunos como pesquisadores.

6.1.2. A evolução conceitual do grupo em relação aos conceitos de organismo e vida

A análise do questionário inicial permite verificar que as respostas apresentadas em relação aos seres vivos eram mais simplistas, representando-os principalmente através da inserção em um determinado contexto ambiental, pelos aspectos reprodutivos e pela presença de um material genético.

No início das atividades do grupo na primeira reunião, devido a uma estratégia de promover conflitos cognitivos, os graduandos primeiramente apresentam uma visão genecêntrica do organismo, enfatizando a presença do DNA como uma molécula que determina e caracteriza os seres vivos. Nessa mesma reunião, as idéias genecêntricas também são colocadas em questionamento, principalmente a partir da discussão da organização dos seres multicelulares. Essa discussão leva os alunos a adotarem uma posição mais sistêmica e integrada dos seres vivos, destacando idéias sobre organização e dependência entre as partes de um sistema.

Com a discussão das explicações de vida presentes na literatura, percebe-se que os alunos compreendem a possibilidade de haver mais de uma explicação coerente para o mesmo fenômeno biológico. Além disso, os alunos defendem explicações de vida que eles acreditam serem mais abrangentes e que mobilizam conceitos dos diferentes níveis hierárquicos estudados no grupo, como a explicação biossemiótica de vida e a explicação de vida que associava os conceitos de auto-organização e evolução.

Na discussão sobre a interação entre ambiente interno, organismo e ambiente externo é possível perceber que os alunos conseguem atingir um alto grau de integração entre conceitos dos diferentes níveis. Além disso, passam a utilizar com mais frequência conceitos advindos da filosofia da biologia, como sistemas auto-organizados, emergência, entre outros. Os alunos ainda colocam novas situações e problemas, sendo eles mesmos os instigadores da discussão realizada, como por exemplo, o problema da percepção humana inserido na discussão por um aluno. Dessa forma, verifica-se ao longo das discussões no grupo uma tendência de um pensamento reducionista e genecêntrico no início da primeira reunião para um pensamento mais integrado ao longo das reuniões que discutiam o conceito de organismo e de vida.

Nas entrevistas individuais (na etapa de finalização das atividades do grupo no ano de 2007), no entanto, observa-se o retorno de uma visão genecêntrica e reducionista do organismo em alguns alunos. Também foi verificado que nas discussões realizadas na etapa

de desenvolvimento do grupo ocorrem construções conceituais mais consistentes do que nas entrevistas individuais. Isso pode ser explicado por diferentes fatores. O primeiro é que as construções conceituais elaboradas coletivamente podem ser mais adequadas, uma vez que a reflexão conjunta permite uma intensa crítica do conceito apresentado. Um segundo fator pode ser a própria ênfase do grupo no segundo semestre de 2007, na qual as discussões estiveram voltadas principalmente para os projetos individuais dos graduandos, diminuindo as discussões específicas sobre o conceito de vida e organismo no grupo. Isso pode ter contribuído para que alguns alunos retornassem a uma concepção anterior. Duas possibilidades podem ocorrer nesse caso: a nova concepção não foi bem estruturada e apropriada; ou existe a convivência das duas concepções que se alternam em diferentes contextos. Essas possibilidades são discutidas em detalhe no tópico a seguir quando se faz uma análise do desenvolvimento de cada aluno no grupo.

6.2. Desenvolvimento conceitual dos alunos no “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia”

O aluno A-1 apresentava no questionário uma explicação do organismo relacionada a uma organização interna. Durante o desenvolvimento do grupo, o aluno permanece consistente com suas considerações iniciais, mas amplia estas por considerar o organismo como estando envolvido em uma concepção mais ampla de vida, no qual se insere além do organismo os aspectos ambientais. Esse aluno consegue distinguir os conceitos de organismos e vida e também reconhece a existência de propriedades que emergem em determinados níveis de organização. Percebe-se que no processo de aprendizagem conceitual esse aluno incorpora a sua idéia inicial, pode-se dizer que suas idéias iniciais foram subsumidas dentro de um conceito mais amplo.

O aluno A-2 no questionário inicial centra suas respostas nos aspectos reprodutivos e metabólicos. No início da discussão do grupo esse aluno apresenta uma visão genocêntrica dos seres vivos e durante o desenvolvimento do grupo, conforme são discutidas as explicações de vida presentes na literatura, o aluno tenta construir uma explicação de vida mais ampla que integre tanto o aspecto genético quanto do metabolismo. É importante notar que quando é exposto o problema em caracterizar os seres vivos pela reprodução, enfatizando a questão dos organismos híbridos e estéreis, o aluno abandona a utilização de um critério

reprodutivo individual na sua explicação dos seres vivos. Essa mudança é mantida ao longo do grupo e na sua finalização.

Verifica-se também que na entrevista final a tentativa do aluno A-2 em construir uma explicação de vida que integre vários dos elementos que ele entende como importante, faz com que sua definição de vida não seja consistente, tendo elementos da autopoiese, presença de DNA e aspectos evolutivos. Quanto ao conceito de organismo, percebe-se durante o desenvolvimento do grupo uma tentativa de compreender o organismo por uma capacidade agencial. No entanto, na finalização das atividades do grupo, o aluno apresenta o organismo como uma entidade passiva fruto das interações entre elementos genéticos e ambientais.

Por meio desses dados, infere-se que existe uma tentativa de construção dos conceitos de organismo e vida, que é mais ampla que a inicial, mas que ainda no momento da entrevista não está solidificada. Nas concepções de organismo e vida apresentadas, o aluno tem tanto elementos antigos quanto novos, não conseguindo ainda uma formulação consistente em uma rede conceitual. Entende-se que os processos de aprendizagem podem seguir por vários caminhos diferentes, como Bastos *et al* (2004) afirmam, o processo de construção de um conceito pode estar sujeito a uma constante distorção, que se configuraria em construções alternativas dos conceitos estudados. Devido à complexidade dos conceitos estudados esse processo de distorção era esperado. Esse é o motivo pelo qual conceitos centrais de determinada área devem ser vistos durante um grande período de tempo, aparecendo em diferentes momentos da formação curricular, oportunizando a revisão constante desses conceitos até sua formulação consistente. Em relação ao conceito de organismo e vida, a continuidade das discussões até o presente, pode oportunizar essas construções consistentes de conceitos.

A aluna A-3 destaca no questionário inicial a presença do material genético como principal determinante das características dos seres vivos. Essa aluna ao longo do desenvolvimento do grupo vai apresentar uma visão cada vez mais sistêmica dos seres vivos, utilizando termos advindos da filosofia da biologia em suas colocações. A aluna mantém esse padrão de um discurso sistêmico, no qual as partes e o todo são interdependentes também na entrevista final. Percebe-se que a aluna passou por uma mudança conceitual em relação ao questionário inicial, no qual enfatizava principalmente o material genético.

A aluna A-5 no questionário inicial enfatiza a individualidade dos seres vivos e suas ações sobre o ambiente externo, mas não menciona componentes internos dos seres vivos. Ao longo do grupo ela passa a apresentar uma visão mais integrada, destacando as

interações entre os três níveis e centrando sua discussão na ação dos organismos. No entanto, durante a entrevista final, percebe-se que a aluna indica a influência do ambiente interno e externo sobre o organismo, mas entende o organismo mais como resultado da determinação do ambiente interno e externo, não ressaltando a importância de sua ação sobre o ambiente tanto quanto nos outros momentos da pesquisa. Além disso, retoma o conceito de vida como uma lista de características. Pode-se inferir em relação à evolução conceitual da aluna A-5, que ao enfatizar a importância do ambiente interno ela diminui a importância no nível orgânico na entrevista final. Como foi destacada, a construção de um conceito complexo como o de organismo pode em seu caminho apresentar distorções.

A aluna A-7 no questionário inicial considera o organismo principalmente como o resultado de interações entre um determinismo genético e um determinismo ambiental. Quanto ao conceito de vida a aluna reconhece a dificuldade em estabelecer uma lista de critérios comuns para definir vida. Durante o desenvolvimento do grupo, a aluna reconhece a unicidade dos organismos vivos, enfatizando uma organização complexa do ambiente celular. Na entrevista final, quando questionada sobre a interação entre os níveis abordados, a aluna entende as diferentes interações, considerando a existência de características próprias em cada nível específico. Além disso, considera o organismo apresentando uma capacidade agencial. No entanto, também durante a entrevista quando solicitada a explicar o conceito de vida, a aluna apresenta uma visão mais reducionista, considerando como vivo todos os organismos que possuem um código genético. Entende-se que na fase de finalização das atividades do grupo a aluna apresentava um perfil de conceitos, utilizando diferentes explicações de vida de acordo com a situação colocada pelo questionamento da entrevistadora. Apesar de o objetivo ser a aluna adquirir e manter uma concepção de vida mais integradora, com o abandono de uma percepção mais reducionista, a existência de um perfil de conceitos pode se configurar numa fase de transição para uma mudança conceitual mais consistente, como apontado por Bastos *et al* (2004). Assim, pode-se pensar que a aluna ainda encontra-se numa fase de transição e que a continuidade do trabalho do grupo pode levar a mudança conceitual.

A aluna A-8 no questionário inicial enfatiza o aspecto comportamental dos seres vivos. No início do desenvolvimento do grupo foi possível perceber que a aluna possuía uma visão fortemente genocêntrica, centrada na molécula de DNA, que se mantém durante grande parte do grupo. Com o desenvolvimento do grupo percebe-se que apesar da aluna manter sua percepção sobre o DNA, essa idéia vai sendo compartilhada com visões mais integradoras. Isso leva a aluna adotar na entrevista final uma percepção evolucionista da vida, não restrita a molécula de DNA, mas no sentido de manutenção de características herdadas entre os

organismos de uma espécie. Percebe-se na entrevista final que a aluna consegue mobilizar os três níveis de organização na explicação dos seres vivos, reconhecendo a existência de propriedades emergentes características de cada nível.

A aluna A-10 apresenta suas respostas de maneira dispersa no questionário inicial, mas sua ênfase é dada principalmente à ação do ambiente externo sobre o organismo. Durante o desenvolvimento do grupo, as idéias da aluna em relação aos seres vivos tornam-se mais consistentes e passam a integrar conceitos de diferentes níveis. Na entrevista final é possível perceber que a aluna reconhece a interação entre os diferentes níveis e a existência de propriedades que surgem a partir da interação entre as partes. No entanto, quando a aluna explicita seu conceito de vida na entrevista final recorre a um determinismo genético, identificando a vida como uma rede metabólica pré-determinada pelos genes, que faz o ser vivo interagir com o ambiente. Assim, observa-se nessa aluna também a existência de um perfil conceitual em relação aos seres vivos na entrevista final, da mesma forma como acontece com a aluna A-7.

A aluna A-11 apresenta no questionário inicial um forte componente genocêntrico, respondendo todas as questões a partir da existência de um material genético (DNA ou RNA). Essa aluna no desenvolvimento do grupo apresenta uma mudança conceitual consistente abandonando o pensamento genocêntrico inicial. Essa mudança é reconhecida pela própria aluna em diversos momentos do grupo. Dessa forma, durante o grupo e na entrevista final a aluna mantém uma visão sistêmica, considerando que a vida pode ser considerada como uma rede de interações entre inúmeros elementos.

Verifica-se na análise da evolução conceitual dos alunos a existência de diferentes processos de aprendizagem, o que confirma que o contexto de ensino e aprendizagem pode ser visualizado de forma mais adequada se for adotada uma visão pluralista, como indicado por Bastos *et al* (2004). Dessa forma, foram identificados nos processos de aprendizagem sobre os conceitos de organismo e vida: subsunção de um conceito dentro de uma rede conceitual mais ampla; a existência de distorções com abandono de alguns elementos e a introdução de outros; a existência de perfis conceituais; e mudanças conceituais consistentes.

Apesar de nem todos os alunos alcançarem um conceito de organismo e de vida semelhantes aos das discussões realizadas na fundamentação teórica da presente tese, percebe-se que a discussão desses conceitos levou, de forma geral, a uma maior integração de conceitos de diferentes níveis e a um pensamento mais sistêmico, o que corrobora a idéia de que esses conceitos podem funcionar como “nós” conceituais, nos quais se aglutinam outros conceitos. Além disso, mesmo sendo nas entrevistas finais retomados alguns conceitos mais

reducionistas em relação às discussões coletivas do grupo, quando se compara as entrevistas finais aos questionários iniciais, percebe-se que os alunos procuram criar uma rede conceitual da qual emergem suas respostas, enquanto no questionário inicial, apenas eram listadas características dos seres vivos sem uma preocupação maior de integração de conceitos. Ou seja, os alunos caminham de uma explicação sem consistência, *explicandum*, para uma mais integrada e próxima a explicações científicas (*explicatum*).

7. CONCLUSÃO

Considerando que o conceito de organismo tem sido marginalizado nas discussões biológicas (FELTZ, 1995; EL-HANI e EMMECHE, 2000; RUIZ-MIRAZO *et al*, 2000; GUTMANN e NEUMANN-HELD, 2000; EL-HANI, 2002) e entendendo que esse conceito é importante para fundamentar uma autonomia do conhecimento biológico em relação a outros campos do conhecimento, discutiu-se no texto dessa tese uma forma de explicitar o conceito de organismo.

A explicitação do conceito de organismo ocorreu pela associação de discussões filosóficas que tem sido importantes para a Biologia Teórica, tais como a representação hierárquica do conhecimento biológico, a existência de propriedades emergentes, o fenômeno de auto-organização da matéria e a idéia de autonomia agencial. Esses conceitos foram relacionados e considerados dentro de uma rede conceitual, *explicatum (sensu Carnap)*, considerando o organismo como *unidade autônoma, histórica e evolutivamente construída, possuindo propriedades que emergem no nível orgânico*.

O conceito de organismo foi então contraposto com as explicações sistemáticas de vida que se encontram na literatura. Para verificar se dentro das concepções de vida apresentadas, o conceito de organismo funcionaria como um elemento integrador entre os níveis inferiores e superiores da organização hierárquica do conhecimento biológico. Verificou-se que duas concepções de vida se apresentaram mais amplas por integrar diferentes níveis hierárquicos tendo no organismo seu eixo integrador: 1) vida como *interpretação de signos*, no qual o organismo é considerado um intérprete de signos na natureza, gerando novos signos e respostas ao seu ambiente; 2) vida como *populações de autômatos coletivamente e evolutivamente organizados*, no qual o organismo é considerado uma unidade estruturada formada a partir de inúmeras interações moleculares e que age no ambiente segundo regras próprias, modificando-o e sendo modificado por este.

Pela fundamentação teórica expressa nos capítulos 1 e 2 foi organizado um "Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia", constituído por alunos de pós-graduação (que orientavam as discussões), uma professora orientadora e alunos de graduação de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. A presente tese em relação ao grupo de pesquisa analisou: 1) a contribuição das discussões teóricas para a formação de alunos de Licenciatura em Ciências Biológicas na área de Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências; e 2) se uma abordagem hierárquica tendo o organismo como nível focal contribuiu

para uma visão integrada do conhecimento biológico pelos graduandos de Biologia. A análise do grupo foi dividida em três momentos: Contato Inicial, Desenvolvimento e Finalização.

No contato inicial, através de uma conversa com os alunos que se inscreveram para participar do grupo, verificou-se que os alunos não tinham conhecimento de uma área de pesquisa que enfatizasse questões epistemológicas da biologia e que a maioria dos alunos não apontou a área de educação como uma área de interesse para a pesquisa.

No questionário inicial foi verificado que as repostas dos alunos em relação aos seres vivos eram simplistas e foram centradas principalmente na influência de um contexto ambiental (sem explicar como esse ambiente influenciava o organismo), na reprodução e na presença de um material genético. As respostas dos alunos ao questionário inicial limitaram-se, em sua maioria, a listar algumas propriedades dos seres vivos, sem uma preocupação maior em estabelecer vínculos entre elas, ou seja, sem formular uma rede de conceitos consistente. Também se verificou que apesar dos três níveis hierárquicos (ambiente externo, organismo e ambiente interno) aparecerem na análise conjunta dos questionários iniciais, quando se analisa o questionário de cada graduando, é possível perceber que estes enfatizam preferencialmente um dos níveis em suas respostas, não estabelecendo uma integração entre conceitos de diferentes níveis de complexidade.

No início do desenvolvimento do grupo, com a problematização dos conceitos de organismo e de vida, os alunos explicaram os seres vivos principalmente por meio de uma visão reducionista molecular que enfatizava o papel dos genes, ou seja, destacaram em suas respostas o ambiente interno, indicando que frente a situações-problema os alunos acabam por recorrer a um discurso reducionista que já está internalizado. No entanto, quando esse discurso reducionista é levado ao conflito pela problemática dos organismos multicelulares, visões mais sistêmicas aparecem no discurso dos alunos.

Ao longo do desenvolvimento do grupo, a partir das discussões dos textos e seminários realizados, foi possível verificar que os alunos passaram a apresentar uma concepção mais sistêmica tanto em relação ao conceito de organismo quanto ao conceito de vida. Isso pode ser observado principalmente durante as reuniões do primeiro semestre de 2007, no qual estiveram concentradas as discussões sobre esses conceitos.

Ainda durante o desenvolvimento do grupo, os alunos construíram projetos de pesquisas relacionados à área de Epistemologia de Biologia e Ensino em Ciências. Com o desenvolvimento de objetos de pesquisa próprios, os alunos elaboraram uma nova concepção de ciência e do fazer científico, principalmente pela aprendizagem de formas de pesquisas

qualitativas na área de ensino e de discussões conceituais na área de Epistemologia da Biologia.

Na etapa de finalização do grupo do ano de 2007, percebeu-se a ocorrência de diferentes processos durante as construções conceituais em relação aos conceitos de organismo e de vida dos alunos: como a ampliação dos conceitos apresentados inicialmente; a elaboração de conceitos alternativos, integrando elementos novos e antigos em determinada concepção; a existência de perfis conceituais, com conceitos diferentes sendo usados de acordo com o problema colocado; e mudanças conceituais consistentes de uma perspectiva genecêntrica para uma concepção sistêmica que integra os diferentes níveis de organização abordados no grupo.

Apesar da dificuldade do tema trabalhado e dos resultados indicarem caminhos diferentes no processo de aprendizagem sobre os conceitos de organismo e de vida, um ponto positivo apontado na pesquisa foi a maior integração dos níveis: ambiente externo, organismo e ambiente interno. Conseqüentemente foram evidenciadas redes conceituais mais consistentes e com integração de um maior número de conceitos em relação às idéias apresentadas no contato inicial. Dessa forma, foi possível perceber um movimento de conceitos inexatos, próximo ao senso comum (*explicandum*), em direção a um conceito científico de organismo e de vida (*explicatum*).

A mobilização de conceitos de diferentes níveis pelos alunos de graduação e a percepção mais integrada do conhecimento biológico foi percebida a partir dos diferentes dados coletados (questionários, discussões, entrevistas, seminários, projetos e relatórios), indicando que um conceito de organismo associado ao conceito de vida pode funcionar como um elemento estruturante na formação conceitual de alunos de Licenciatura em Ciências Biológicas.

A mudança de um pensamento mais reducionista para um mais integrado influencia tanto na formação do pesquisador quanto do professor. Como os resultados indicaram, os alunos entendem que conseguiram fazer mais associações entre as disciplinas e os conteúdos através da reflexão realizada no grupo de pesquisa. Assim, entende-se que a inserção de discussões epistemológicas na formação inicial de graduandos de biologia pode contribuir para pensar o conhecimento biológico de forma integrada. Além disso, foi possível perceber que os alunos durante o desenvolvimento do grupo e nas entrevistas refletem sobre sua formação intelectual e sobre a própria estrutura do Curso de Ciências Biológicas em que estão inseridos.

Pelos dados obtidos na parte empírica dessa pesquisa, pode-se concluir que a utilização da discussão teórica relativa ao conceito de organismo como fundamentação de um grupo de “Pesquisas em Epistemologia da Biologia” permitiu:

- *A formação de pesquisadores na área de “Epistemologia da Biologia e Ensino de Ciências”*. Os alunos ao longo do grupo construíram uma nova percepção de ciência, tendo contato com métodos utilizados na investigação qualitativa e nas pesquisas epistemológicas da Biologia;
- *A formação do professor de Biologia*. As discussões teóricas ocorridas no grupo auxiliaram a integração dos conteúdos biológicos e pensar a Biologia como uma ciência em construção. Esse tipo de formação pode contribuir para um ensino de Biologia menos fragmentado e para ensinar a ciência como um procedimento histórico, dinâmico e social;
- *A formação de redes conceituais estruturadas a partir do conceito de organismo*. Ao longo do grupo foi possível perceber que as explicações dos alunos passaram de uma perspectiva mais simplista e fragmentada (*explicandum*) para um corpo conceitual mais consistente e integrado (*explicatum*);
- *Um movimento de uma visão reducionista a uma visão sistêmica do organismo*. Os alunos ao longo do desenvolvimento do grupo, passam a utilizar uma abordagem mais sistêmica, incluindo em suas explicações conceitos da filosofia da biologia, tais como a emergência de propriedades a partir da interação entre muitos elementos e a auto-organização de sistemas vivos.
- *A mobilização de conceitos de diferentes níveis hierárquicos nas explicações dos fenômenos biológicos*. Percebe-se juntamente com uma visão mais sistêmica a utilização de conceitos dos diferentes níveis enfatizados nessa pesquisa (ambiente interno, organismo e ambiente externo).

Os dados desta tese indicam que a abordagem epistemológica da biologia pode auxiliar na compreensão e integração dos conteúdos biológicos. Dessa forma, o conhecimento biológico visto por parte dos alunos como uma lista de nomes estranhos a ser memorizado, pode ganhar com a inserção de questões relacionadas à epistemologia da Biologia um espaço de reflexão, sendo entendido de forma mais significativa.

Por último, cabe ressaltar que esta tese faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo, que integra além do nível do organismo, os níveis molecular e ambiental (abordados com maior ênfase em outras duas teses de doutorado em desenvolvimento relacionadas ao grupo de pesquisa), formando uma tríade para a discussão dos fenômenos e do conhecimento biológico. Portanto, busca-se na apresentação dos conceitos biológicos a partir de um sistema hierárquico não uma fragmentação do conhecimento biológico e sim uma forma de desenvolver um pensamento científico, no qual as interações nos e entre diferentes níveis dos sistemas vivos expliquem a complexidade da vida. Assim, esse trabalho apontou alguns aspectos da visão de alunos sobre o conceito de organismo e as influências da formação de uma concepção sistêmica deste conceito para a formação como pesquisador/professor. A união dos apontamentos realizados nessa tese com as discussões provenientes dos outros dois trabalhos de doutorado em andamento, um com olhar sobre as interações no nível ecológico e o outro no nível genético-molecular, oferecerão suporte para uma melhor compreensão da proposta hierárquica que começou a ser delineada nesta tese bem como trará subsídios para novas propostas de ensino na formação de professores.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, Fouad. Developing deeper understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, v.27, n. 1, p. 15-42, jan, 2005.

ABBAGNANO, Nicola. *Dicionário de Filosofia*. Tradução e Revisão Alfredo Bosi e Ivone Castilho Benedetti. São Paulo: Martins fontes, 2000.

ALLEN, Garland E. Mechanism, vitalism and organicism in late nineteenth and twentieth-century biology: the importance of historical context. *Studies in History and philosophy of biological and biomedical sciences*, v. 36, p. 261-283, jun. 2005.

ALONSO, M. M., LOSADA, C. M. y GARCÍA, S. B. Criterios que utilizan los alumnos universitarios de primer ciclo para definir ser vivo. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.16, n. 3, p. 399-408, nov. 1998.

BASTOS, F. *História da ciência e ensino de biologia: a pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903)*. 1998. 203f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BASTOS, Fernando; NARDI, Roberto; DINIZ, Renato Eugênio da Silva; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em Ciências: revisitando os debates sobre construtivismo. In: NARDI, Roberto; BASTOS, Fernando; DINIZ, Renato Eugênio da Silva (Org.). *Pesquisas em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores*. 5 ed. São Paulo: escrituras, 2004.

BEDAU, Mark A. The nature of life. In: BODEN, M. (ed.) *The philosophy of artificial life*. New York: Oxford university press, 1996.

BELLINI, M. Epistemologia da Biologia: para se pensar a iniciação ao ensino das Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 88, n. 218, p. 5-6, jan./abr. 2007.

BERZONSKY, Michael D. Reflectivity, internality, and animist thinking. *Child development*, v. 45, n.3, p. 785-789, sep, 1974.

BIZZO, N. M. V. *Ensino de Evolução e História do Darwinismo*. 1991. 302f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BODEN, Margaret. *The Philosophy of artificial life*. New York: Oxford University Press, 1996.

BOWLER, Peter J. *Evolution: the history of an idea*. Berkeley: University of California, 1989.

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*, Netherlands, v. 145, p. 131-164, may. 2005.

BRANDO, Fernanda da Rocha. *Escolha profissional: uma questão de identidade*. 2005. 161f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2005.

BRUZZO, Cristina. A representação da vida entre licenciados de biologia ou de como se comunicar com um ET. In: VII Encontro - Perspectivas do Ensino de Biologia. *Coletânea...* São Paulo: Faculdade de Educação da USP, p. 274-277, 2000.

CABALLER, M.; GIMÉNEZ, I. Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 10, n.2, p. 170-180, 1992.

CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. *Semiótica e a relação pensamento e linguagem no ensino de ciências naturais*. 2005. 165f. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2005.

CAMERON, W. Autopoiesis, agency and accident: criteria for the attribution of life. *Systems Research and Behavioral Science*, England, v. 1, p. 447-459, nov. 2001.

CAMPBELL Neil A. *Biology*. 3 ed. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, 1993.

CARAVITA, Silvia; FALCHETTI, Elisabetta. Are bones alive? *Journal of biological education*, v. 39, n.4, p. 163-170, 2005.

CARNAP, Rudolf. Logical foundations of probability. Chicago: University of Chicago Press, 1950. Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/7301038/Carnap-Rudolf-Logical-Foundations-of-Probability> Acesso em: 12 de fevereiro de 2009.

CASTRO, Thaís de Araújo; EL-HANI, Charbel Niño. O Uso do Conceito de Propriedades Emergentes e de Conceitos Relacionados em Livros Didáticos de Biologia do Ensino Superior. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4., 2004, Bauru. *Anais...* Bauru: ABRAPEC, 2004. p. 1-12.

CHAVES, Sílvia Nogueira. *Evolução de Idéias e Idéias de Evolução: A evolução dos Seres Vivos na Ótica de Aluno e Professor de Biologia do Ensino Secundário*. 1993. 117f. Dissertação de (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

CICILLINI, Graça Aparecida. *Evolução Enquanto um Componente Metodológico para o Ensino de Biologia do 2º Grau*: análise da concepção de evolução em livros didáticos. Dissertação (Mestrado em Educação). 1991. 230f. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1991.

CICILLINI, Graça Aparecida. *A Produção do Conhecimento Biológico no Contexto da Cultura Escolar do Ensino Médio: A Teoria da Evolução como Exemplo*. Tese (Doutorado em Educação). 1997. 283f. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1997.

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. Disponível em <http://www.kli.ac.at/personal/collierpdf/echoiii.pdf> Acesso em: 12 de fevereiro de 2009.

CORRÊA, André Luis; SILVA, Paloma Rodrigues; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Aspectos históricos e filosóficos do conceito de vida: contribuições para o ensino de biologia. *Filosofia e História da Biologia*, São Paulo, v. 3, 2009.

COUTINHO, Francisco Ângelo. *A construção de um perfil conceitual de vida*. 2005. 180f. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais.

COUTINHO, Francisco Ângelo; EL-HANI, Charbel Niño; MORTIMER, Eduardo Fleury. Construção de um perfil conceitual de vida. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Anais...* Bauru: ABRAPEC, 2005. p. 1-12.

COUTINHO, Francisco Ângelo; EL-HANI, Charbel Niño; MORTIMER, Eduardo Fleury. Utilizando situações-problemas para acessar a tomada de consciência do perfil conceitual: um estudo com a ontodefinição de vida. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. *Anais...* Bauru: ABRAPEC, 2005. p. 1-12.

CUELLAR, Norma Constanza Castaño; ARENAS, Mireya Leudo. Las nociones de los niños acerca de lo vivo. Implicaciones didácticas. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología - TEA (Tecne, Episteme y Didaxis)*. Universidad Pedagógica Nacional, v.4, p.49 - 57, 1998. Disponível em http://www.pedagogica.edu.co:8080/w3/storage/ted/articulos/ted04_08arti.pdf. Acesso em: 14 de janeiro de 2009.

CRAWFORD, Barbara; ZEMBAL-SAUL, Carla; MUNFORD, Danusa; FRIEDRICHSEN, Patricia. Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. *Journal of research in science teaching*, Hoboken, v. 42, n. 6, p. 613-637, aug. 2005.

DAGHER, Zoubeida; BOUJAOUDE, Saouma. Students' perceptions of the nature of evolutionary theory. *Science education*, New York, v. 89, n. 3, p. 378-391, 2005

DAWKINS, Richard. *O gene egoísta*. Trad. Geraldo H. M. Florsheim. Belo Horizonte: Itatiaia, 2001. (O Homem e a Ciência, v.7). 230p.

DENNIS, Wayne. Animistic Thinking among College and University Students. *The Scientific Monthly*, v. 76, n. 4, p.247-249, Apr. 1953.

DOLGIN, Kim; BEHEND, Douglas A. Children's knowledge about animates and inanimates. *Child Development*, v.55, n.4, p. 1646-1650, aug. 1984.

EL-HANI, Charbel Niño. Uma ciência da organização viva: organicismo, emergentismo e ensino de biologia. In: SILVA FILHO, Waldomiro *et al* (org.). *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador, BA: Arcádia, 2002a. p. 199-242.

EL-HANI, Charbel Niño. Sistema triádico básico: um Referencial heurísticamente fértil para o ensino de biologia. In: Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, 8, 2002, São Paulo. *Coletânea...* São Paulo: FE-USP/EDUSP, 2002, p. 1-6.

EL-HANI, Charbel Niño. Between the cross and the sword: The crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v. 30, n. 2, p. 297-307, mar. 2007.

EL-HANI, Charbel Niño; TAVARES, Eraldo José Madureira; ROCHA, Pedro Luís Bernardo da. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 265-313, dez. 2004.

EL-HANI; Charbel Niño; QUEIROZ, João. Modos de irredutibilidade das propriedades emergentes. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 3, n.1, p. 9-41, jan.-mar. 2005a.

EL-HANI; Charbel Niño; QUEIROZ, João. Downward determination. *Abstract*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 162-192, 2005b.

EL-HANI, Charbel Niño; EMMECHE, Claus. On some Theoretical grounds for an organism-centered biology: property emergence, supervinience and downward causation. *Theory in Biosciences*, Jena, v. 119, p.234-275, nov. 2000.

EL-HANI, Charbel Niño; ARNELLOS, Argyris; QUEIROZ, João. Modeling a semiotic process in the system: signal transduction in B-cells activation. *Triple C*, Viena, v. 5, p. 24-36, 2007.

EL-HANI, Charbel Niño; MEYER, Diogo. A evolução da teoria darwiniana. *Revista eletrônica de jornalismo científico*, Campinas-SP, n. 107, 2009. Disponível em: < <https://www.comciencia.br> >. Acesso em: 27 de maio de 2009.

EMMECHE, Claus. Organicism and qualitative aspects of self-organization. *Revue Internationale de Philosophie*, France, n.2, p. 205-217, avril 2004.

EMMECHE, Claus; EL-HANI, Charbel Niño. *Definindo vida explicando emergência*. Série Ciência e Memória, n. 02/99 (CNPq, Observatório Nacional, Rio de Janeiro). Versão on-line. Disponível em: <<http://www.nbi.dk/~emmeche>> Acesso em 12 de fevereiro 2009.

EMMECHE, Claus; EL-HANI, Charbel Niño. Definindo vida. In: EL-HANI, Charbel Niño e VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (orgs). *O que é vida? Para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000. p. 31-56.

ENGER, Eldon D.; KORMELINK, J. Richard; ROSS, Frederick C.; SMITH, Rodney J. *Concepts in Biology*. United States of America: Wm. C. Brown Publishers, 1991.

EPP, Christopher. Definition of a gene. *Nature*, v. 389, oct.1997. p. 537.

ETXEBERRIA, Arantza; MORENO, Álvaro. La Idea de autonomia em biologia. *Logos. Anales Del Seminario de Metafísica, Madrid*, v. 40, p. 21-37, 2007.

ETXEBERRIA, Arantza; UMEREZ, Jon. Organismo y Organización en la Biología Teórica ¿Vuelta al organicismo 50 años después? *Ludus Vitalis*, México, v. 14, n. 26, p. 3-38, 2006.

FELTZ, Bernard. Le réductionnisme em biologie. Approches historique et épistemologique. *Revue Philosophique de Louvain, Belge/France*, v. 93, 9-32, 1995.

FLICK, Uwe. *Uma introdução à pesquisa qualitativa*. Tradução: Sandra Netz. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 312p.

FOUCAULT, Michel. *As palavras e as coisas: uma arqueologia das ciências humanas*. Tradução Salma Tannus Muchail. São Paulo: Martins Fontes, 2000. 539p.

FREZZATTI JR., W. A. Haeckel e Nietzsche: aspectos da crítica ao mecanicismo no século XIX. *Scientia Studia*, São Paulo, v.1, n.4, p. 435-462, out.-dez. 2003.

FUTUYMA, Douglas J. *Biologia Evolutiva*. 2ª ed. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002. 631p.

GIL-PEREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, António; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GIL-PEREZ, Daniel *et al.* Defending constructivism in science education. *Science & Education*, Netherlands, v. 11, n.6, p. 557-571, nov. 2002.

GILBERT, Scott F.; SARKAR, Sahotra. Embracing complexity: organics for the 21st century. *Developmental dynamics*, v. 219, p.1 – 9, 2000.

GOLDBACH, Tânia; EL-HANI, Charbel Niño. Entre receitas, programas e códigos: metáforas e idéias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v.1, n.1, p. 153-189, mar. 2008.

GUIMARÃES, Romeu Cardoso. Auto-organização e seleção na origem da vida e na evolução. *Episteme*. Porto Alegre, v.11, n.24, p.293-334, jul. – dez. 2006.

GUTMANN, Mathias; NEUMANN-HELD, Eva. The theory of organism and the culturalist foundation of biology. *Theory in Biosciences*, Jena, v. 119, p. 276-317, nov. 2000.

HARRES, João Batista Siqueira. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 4, n. 3, dez, 1999.

HOFFMANN, Daniel Sander. Investigando a complexidade biológica. *Episteme*, Porto Alegre, n.12, p. 139-143, jan. – jun. 2001.

HOFFMEYR, Jesper. Biosemiotics: towards a new synthesis in biology. *European Journal for Semiotic Studies*, v.9, n.2, p. 355-376, 1997. Disponível em: <http://www.gypsymoth.ento.vt.edu/~sharov/biosesem/hoffmeyr.html> Acesso em: 12 de fevereiro de 2009.

HOFFMEYR, Jesper. The biology of signification. *Perspectives in Biology and medicine*, v. 43, n.2, p. 252-268, 2000.

HOFFMEYR, Jesper. Life and reference. *BioSistems*, v. 60, n. 1-3, p. 123-130, 2001.

HULL, David. *Philosophy of Biological Science*, 1ª ed, Prentice Hall Inc., EUA, 1974, 198p.

INGRAN, Ella; NELSON, Craig. Relationship between achievement and students' acceptance of evolution or creation in an upper-level evolution course. *Journal of research in science teaching*, v. 43, n.1, p. 7-24, 2006.

JABLONKA, Eva; LAM, Marion. *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in history of life*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2005.

JENSEN, Murray; FINLEY, Fred. Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of research in science teaching* **33** (8): 879-900, 1996.

JOHNSON, Christopher. What are emergent properties and how do they affect the engineering of complex systems? *Reliability Engineering and system safety*. V. 91, p. 1475-1481, 2006.

JONES, Stephen. Organizing relations and emergence. In: STANDISH, ABASS, BEDAU (eds) *Artificial Life VIII*. MIT Press, 2002. p 418- 422.

JOSLYN, Cliff. Levels of control and closure in complex semiotic systems. *Annals New York Academy of Science*, v. 901, p.67-74, 2000.

KANT, Immanuel. *The critique of judgment*. Trad. J. H. Bernard, 1914. 2ed. Disponível em http://oll.libertyfund.org/EBooks/Kant_0318.pdf acesso em 20 de Janeiro de 2007.

KAUFFMAN, Stuart A. *The origins of order: self-organization and selection in evolution*. New York: Oxford: Oxford University Press, 1993.

KAUFFMAN, Stuart A. *At home in the universe: the search for the laws of self-organization and complexity*. New York: Oxford: Oxford University Press, 1995.

KAUFFMAN, Stuart A. "O que é vida?": Schrödinger estava certo? In: MURPHY, Michael P.; O'NEILL, LUKE A. J. (orgs.). "*O que é vida?*" 50 anos depois. Especulações sobre o futuro da biologia, São Paulo: Editora da UNESP, 1997. p.101-136.

KAUFFMAN, Stuart A. Molecular autonomous agents. *Phil. Trans. R. Soc. Lond*, v. 361, p.1089-1099, 2003.

KAUFFMAN, Stuart A.; CLAYTON, Philip. On emergence, agency, and organization. *Biology and Philosophy*, v. 21, p. 501-521, 2006.

KAWASAKI, Clarice Sumi; EL-HANI, Charbel Niño. An analysis of life concepts in Brazilian high-school biology textbooks. In: Symposium of the International Organization for Science and Technology Education, 10, 2002, *Proceedings...* São Paulo-SP : IOSTE, 2002a. p. 101-109.

KAWASAKI, Clarice Sumi; EL-HANI, Charbel Niño. Uma análise das definições de vida encontradas em livros didáticos de biologia do ensino médio. In: Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, 8, 2002. São Paulo. *Coletânea...*São Paulo: FE-USP/edusp, 2002b. p. 1-6.

KELLER, Evelyn Fox. Ecosystems, organisms, and machines. *BioScience*, v. 55, n.12, p. 1069-1074, dez. 2005.

KLINGENSMITH, S. W. What the child means by “alive”. *Child development*, v. 24, n. 1, p. 51-61, Mar. 1953.

KORN, Robert. The emergence principle in biological hierarchies. *Biology and Philosophy*, v. 20, p. 137-151, 2005.

LALANDE, André. *Vocabulário Técnico e Crítico da Filosofia*. Tradução CORREIA, Fátima Sá; AGUIAR, Maria Emília; TORRES, José Eduardo; SOUZA, Maria Gorete. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

LANGTON, Christopher. Artificial life. In: BODEN, Margaret (ed). *The Philosophy of artificial life*. New York: Oxford University Press, 1996.

LANGTON, Christopher (ed). *Artificial life: an overview*. 4 ed. United States of America: Massachusetts Institute of Technology, 1998.

LEHNINGER, A. L. *Princípios de Bioquímica*. São Paulo: Salvier, 1990.

LEWONTIN, Richard. *Biologia como ideologia: a doutrina do DNA*. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2000.

LEWONTIN, Richard. *A Tripla Hélice: gene, organismo e ambiente*. São Paulo, SP: Companhia das Letras, 2002. 138p.

LIPPE, Eliza Márcia Oliveira; BASTOS, Fernando. Formação inicial de professores de biologia: fatores que influenciam o interesse pela carreira do magistério. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. *Anais...*Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

LUCAS, A. M.; LINKE, R.D; SEDGWIK, P. P. Schoolchildren’s criteria for “alive”: a content analysis approach. *The Journal of Psychology*, v. 103, p. 103-112, 1979.

LÜDKE, Menga; A2, Marli. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986. 99p.

MARTINS, André Ferrer P. História e Filosofia da Ciência no ensino: o que pensam os licenciandos em física da UFRN. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5, 2005, Bauru. *Anais...Bauru*: ABRAPEC, 2005.

MASSONI, Neusa Teresinha; MOREIRA, Marco Antonio. O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de história e epistemologia da física para futuro professores de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p.7-54, mar. 2007.

MATTEWS, Michael. Book Notes. *Science & Education*, v. 9, p. 641-643, 2000.

MATURAMA, Humberto R.; VARELA, Francisco. *A árvore do conhecimento*. Tradução Humberto Marioti e Lia Diskin. São Paulo: Palas Athena, 2001. 288p.

MATURANA, Humberto. *A ontologia da realidade*. MAGRO, Cristina; GRACIANO, Miriam; VAZ, Nelson (Orgs). 2ª reimpressão. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2001.

MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Tradução Ivo Martinazzo. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107p.

MAYR, Ernst. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Trad. Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 266p.

MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. *História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de Biologia*, 2004. 272 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.

MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; BORTOLOZZI, Jehud. A recorrência da idéia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e contexto sócio-cultural. *Filosofia e História da Biologia*, São Paulo, v. 1, p. 107-123, 2006.

MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; ANDRADE, Mariana A. Bologna Soares de; BRANDO, Fernanda da Rocha; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. A formação de pesquisadores em epistemologia da biologia. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; ANDRADE, Mariana A. Bologna Soares de; BRANDO, Fernanda da Rocha; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. A compreensão de sistemas biológicos a partir de uma abordagem hierárquica: contribuições para a formação de pesquisadores. *Filosofia e História da Biologia*, v. 3, 2009.

MEYER, Lia Midori; BOMFIM, Gilberto Cafezeiro; EL-HANI, Charbel Niño. Life Concepts in Higher Education Biology Textbooks. In: IOSTE International Meeting on Critical Analysis of School Science Textbooks, 2007, Hammamet. Proceedings...Tunis: University of Tunis, 2007. v. 1. p. 779-793.

MORENO, Alvaro. Auto-organisation, autonomie et identité. *Revue Internationale de Philosophie*, France, n.2, p. 135-150, avril 2004.

MORENO, Alvaro. Closure, Identity, and the emergence of formal causation. *Annals New York Academy of Science*. v. 901, p.112-121, 2000.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? In: Escola de verão para professores de prática de ensino de física, química e biologia, 3., 1995, São Paulo. *Coletânea...* São Paulo: FEUSP, 1995. p. 56-74.

NASCIMENTO, Lia Midori Meyer; BOMFIM, Gilberto Cafezeiro; EL-HANI, Charbel Niño. O conceito de vida em livros didáticos do ensino superior, 2009 (*em elaboração*).

ODUM, Eugene P. *Ecologia*. Tradução 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.

OPFER, John E.; SIEGLER, Robert S. Revisiting preschoolers' *living thing* concept: a microgenetic analysis of conceptual change in basic biology. *Cognitive psychology*, v. 49, p. 301-332, 2004.

O-SAKI, KALAFUNJA, M. SAMIRODEN, W. D. Children's conceptions of 'living' and 'dead'. *Journal of biological education*, v.24, n.3, p.199-207, 1990.

PEDRANCINI, Vanessa Daiana; CORAZZA-NUNES, Maria Júlia; GALUCH, Terezinha Bellanda; MOREIRA, Ana Lúcia Olivo Rosas; RIBEIRO, Alessandra Claudia. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

PEIRCE, C. S. *Semiótica*. 2 ed. São Paulo: Perspectiva, 1995.

PENNER, David. E. Explaining Systems: Investigating Middle School Students' Understanding of Emergent Phenomena. *Journal of research in science teaching*, v. 37, n. 8, p. 784-806, 2000.

PEREIRA JR, Alfredo; PALEARI, Lúcia Maria; COSTA, Felipe P. L.; GUIMARÃES, Romeu. C. Evolução e auto-organização: apresentando, discutindo e exemplificando uma proposta teórica. P. 21-72, in: SOUZA, Gustavo M.; DÓTTAVIANA, Ítala M. L.; GONZALES, Maria Eunice Q. (orgs) *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Unicamp, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2004.

PIAGET, Jean. *Seis estudos de psicologia*. Tradução: Maria Alice Guimarães D'Amorim e Paulo Sérgio Lima Silva. 19ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1993.

PIAGET, Jean. *A representação do mundo na criança: com o concurso de onze colaboradores*. Aparecida, SP: Idéias e Letras, 2005.

POSNER, George; STRIKE, Kenneth A.; HEWSON, Peter W.; GERTZOG, William A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

POULIN-DUBOIS, Diane; LEPAGE, Anouk; FERLAND, Doreen. Infant's concept of animacy. *Cognitive development*, v. 11, p. 19-36, 1996.

PROVENZA, Frederick D.; LAUNCHBAUGH, Karen L. Foraging on the Edge of Chaos. In: LAUNCHBAUGH, Karen; SANDERS, Kenneth; MOSLEY, Jeff (Eds). *Grazing Behavior of Livestock and Wildlife*. Univ. of Idaho, Moscow, 1999. Disponível em: <<http://www.cnrhome.uidaho.edu/default.aspx?pid=74871>> Acesso em 7 de Janeiro de 2008.

REHMANN-SUTTER, Christoph. Biological Organicism and the ethics of the human-nature relationship. *Theory Biosciences*, v.119, p.324-354, 2000.

RICHARDS, D. Dean; SIEGLER, Robert S. The effects of task requirements on children's life judgments. *Child development*, v. 55, p. 1687-1696, 1984.

RICKEN, Friedo (org). *Dicionário da Teoria do Conhecimento e Metafísica*. Tradução Ilson Kaiser. Revisão técnica: Paulo Astor Soethe. São Leopoldo/RS: Editora da Universidade Vale do Rio dos Sinos, 2005.

RYDER, Jim; LEACH, John. Teaching about the Epistemology of Science in Upper Secondary Schools: an analysis of Teachers' Classroom talk. *Science & Education*, v.17, p. 289-315, 2008.

ROSEMBERG, Alexander. *The structure of biological science*. New York: Cambridge University Press, 1985. 281p.

RUIZ-MIRAZO, Kepa; ETXEBERRIA, Arantza; MORENO, Alvaro; IBÁÑEZ, Jesús. Organisms and their place in biology. *Theory in biosciences*, v. 119, n. 3-4, p. 209-233, 2000.

RUIZ-MIRAZO, Kepa; PERETÓ, Juli; MORENO, Alvaro. A universal definition of life: Autonomy and open-ended evolution. *Origins of life and evolution of the Biosphere*, v. 34, p. 323-346, 2004.

SALTHE, Stanley. *Evolving hierarchical systems: their structure and representation*. New York: Columbia University Press, 1985.

SALTHE, Stanley. *Summary of the Principles of Hierarchy Theory*, 2001. Acesso em: 22 de junho de 2006. Disponível em: http://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Hierarchy_th.html

SAMPAIO, Helenara Regina; BATISTA, Irinéa. A filosofia da ciência como um saber necessário para a teorização da prática docente. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

SCHEID, Neusa Maria. *A contribuição da história da biologia na formação inicial de professores de ciências biológicas*. 2006. 203f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p.157-181, ago. 2007.

SCHNEIDER, Eric. D.; KAY, James, J.; Ordem a partir da desordem: a termodinâmica da complexidade biológica. In: MURPHY, Michael P.; O'NEIL, Luke, A. J. (orgs). "*O que é vida?*" 50 anos depois. Especulações sobre o futuro da biologia. Trad. Laura Cardellini Barbosa de Oliveira. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997. (UNESP/Cambridge). P. 187-202.

SCHRÖDINGER, E. *O que é vida?* O aspecto físico da célula seguido de mente e matéria e fragmentos autobiográficos. Trad. Jesus de Assis e Vera Yukie Kuwajima de Assis. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997. 192p.

SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Márcia Serra. Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, Martha; FERREIRA, Márcia Serra; AMORIM, Antônio Carlos (org.). *Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa*. Niterói: Eduff, 2005.

SILVA, Fábio Augusto Rodrigues. *O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação*. 2006. 160f. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SOLHA, Gustavo Cirauco Fraga; SILVA, Edson Pereira. Onde está o lugar do conceito de gene? *Episteme*, Porto Alegre, n.19, p. 45-68, jul.-dez. 2004.

SOLOMON, Joan. The rise and fall of constructivism. *Studies in science education*, v. 23. p. 1-19, 1994.

STEPHAN, Achim. Varieties of emergentism. *Evolution and Cognition*, v.5, n.1, p.49-59, 1999.

STERELNY, Kim; GRIFFITHS, Paul E. Sex and Death: an introduction to philosophy of biology. London: University of Chicago Press, 1999. (Science and its conceptual foundation).

SRICKBERGER, M. W. *Evolution*. 3ª ed. Massachusetts: Jones & Bartlett Publishers, 2000. 722p.

VAZ, Nelson. Viver como conservação da adaptação ao meio. In: EL-HANI, Charbel Niño e VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (orgs). *O que é vida? Para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000. p. 31-56

VIANNA, Deise Miranda; CARVALHO, Ana Maria Pessoa. Do fazer ao ensinar ciência: a importância dos episódios de pesquisa na formação de professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 111-132, maio 2001.

VIJVER, Gertrudis Van de; SPEYBROECK, Linda Van; VANDEVYVERE, Windy. Reflecting on complexity of biological systems: Kant and beyond. *Acta Biotheoretica*, v. 51, p.101-140, 2003.

WADDINGTON, Conrad H. Principles of development and differentiation. In: BOLHUIS, Johan J.; HOGAN, Jerry A. *The development of animal behavior: a reader*, United States: Wiley-Blackwell, 1999.

WEBSTER, Gerry; GOODWIN, Brian C. A Structuralist Approach to Morphology. *Rivista di Biologia*, v. 92, p. 495-498, 1999.

WICKEN, Jeffrey S. Evolution and thermodynamics: the new paradigm. *Systems Research and behavioral science*, v. 15, p. 365-372, 1998.

WESTFALL, Richard S. *A Construção da Ciência Moderna*, Porto – Portugal, Porto Editora, 2003, 169p.

WOLF. Tom De; HOLVOET, Tom. Emergence versus Self-Organisation: different concepts but promising when combined. *Engineering Self Organizing Systems*, v. 3464, p. 1-15, may 2005.

ZUZOVSKY, Ruth. Conceptualization a teaching experience on the development of the idea of evolution: an epistemological approach to the education of science teachers. *Journal of research in science teaching*, v. 31, n.5, p.557-574, 1994.

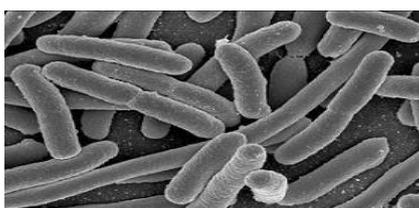
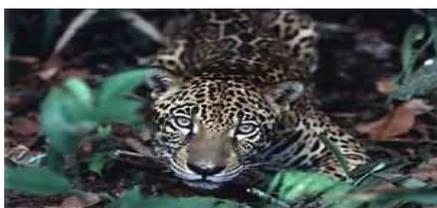
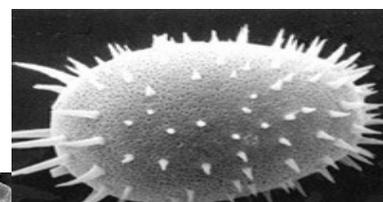
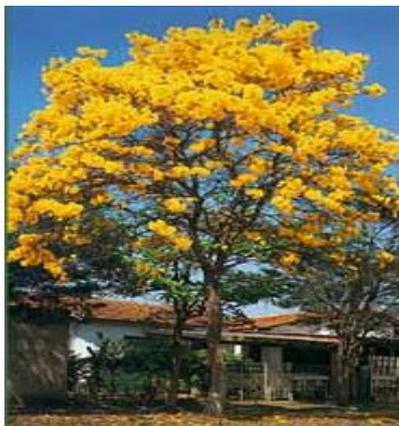
APÊNDICES

Apêndice I - A definição de vida em debate: algumas possibilidades

Observe as imagens⁴³

1 – O que esses seres vivos têm em comum?

2 – Em que eles se diferem? Como essa diferença é possível?



7 – O que é um ser vivo?

8 - Vários componentes e estruturas que constituem um ser vivo são frequentemente 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?

Questões para debate - Adaptado dos trabalhos de Silva (2006) e Coutinho (2005)

1. Os organismos são feitos dos mesmos elementos químicos presentes em muitos objetos. Então, por que os organismos apresentam vida e os objetos não?
2. Em organismos multicelulares, poderíamos dizer que o organismo é vivo, mas suas células componentes não?
3. Quando um organismo multicelular morre, algumas células continuam em atividade. Essas células que realizam atividades metabólicas e possuem material genético são seres vivos?
4. Uma célula-tronco retirada de um embrião em início de desenvolvimento pode ser considerada um ser vivo?
5. Para alguns cientistas que trabalham com vida artificial, certos programas computacionais podem ser considerados seres vivos. O que você pensa sobre esse fato?
6. Alguns cientistas buscam encontrar vida em outros planetas. É possível a vida extraterrestre? Como poderíamos saber se aquilo que encontramos é vivo?

⁴³ Imagens: Borboleta-azul (*Morpho aega*) e Perereca (*Sphaenorhynchus surdus*) disponível em <http://www.rabugio.org.br>; Ipê Amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) foto do livro *Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil*, de autoria de Harri Lorenzi, disponível em <http://www.clubedamente.org.br/ipe.html>; Fungo (*Amanita muscaria*) disponível em <http://www.cientic.com>; Protista (*Trachelomas*) disponível em <http://www.dbbe.fcen.uba.ar/>; Onça-Pintada (*Panthera onca*) http://www.bibvirt.futuro.usp.br/imagens/animais_em_extincao_1/onca_pintada; Bactéria (*Escherichia coli*) disponível em http://en.wikipedia.org/wiki/Image:EscherichiaColi_NIAID.jpg.

Apêndice II - É possível definir vida?

➤ A Biologia tem a “vida” como seu objeto de estudo

- Ao longo do desenvolvimento biológico foram realizadas diversas tentativas de definir “vida”, e apesar da aparente facilidade em distinguir um organismo vivo de um objeto inanimado, a definição de “ser vivo” se mostrou muito complexa.

➤ Dificuldades em definir vida

- Tentativa de definir vida através de listas de propriedades sem uma definição explícita de vida

- A existência de certo ceticismo entre biólogos em relação à possibilidade de definir vida.
[...] definições de vida raramente são discutidas em profundidade ou sequer mencionadas em livros-texto ou dicionários de biologia, um reflexo da atitude cética e empirista geral frente ao que é tomado como especulação “meramente teórica” ou metafísica em contraste com os “fatos” da pesquisa experimental (EMMECHE e EL-HANI, 1999, p.5).

- A noção de definição de muitos biólogos tem características essencialistas.

- A existência de uma visão **tradicional da definição de vida** que parece constituir a visão dominante na biologia:

1. A vida como tal não pode ser definida; daí porque uma visão clara não é encontrada.
2. A questão da definição de vida não é importante para a biologia.
3. Processos vivos, contudo, podem ser definidos ou, ao menos, aproximadamente distinguidos dos processos inorgânicos através de uma lista de propriedades características.
4. As dificuldades de se delimitar tal conjunto de propriedades são reconhecidas, mas não são consideradas sérias (dada à natureza pragmática da definição e a visão cética sobre o uso de qualquer definição). Seres vivos particulares podem não apresentar todas as características citadas, de modo que a lista não corresponde a um conjunto de propriedades necessárias e suficientes; ela pode ser mais vaga e redundante.
5. Embora a vida seja um fenômeno físico, a biologia lida com sistemas de uma complexidade tão vasta que não podemos na prática ter esperança de reduzi-la a física. [...] (EMMECHE e EL-HANI, 1999).

O que é necessário para uma definição de vida adequada?

1. **Generalidade**, abrangendo todas as formas de vida possível, e não apenas a forma de vida encontrada nesse planeta;
2. **Coerência** com as pesquisas atuais na Biologia, Química e Física;
3. **Elegância conceitual**, ou seja, deve ser capaz de organizar uma grande parte do conhecimento biológico, proporcionando unidade a este conhecimento;
4. Ser suficientemente **específica** para distinguir sistemas vivos de não vivos.

EMMECHE e EL-HANI, 1999 compreendem que existem na biologia atual pelo menos três definições de vida que satisfaz os requisitos apontados: uma visão **neodarwinista** implícita de vida (como seleção de replicadores), a vida como **sistemas autopoieticos** e a vida como **signos** amparada na semiótica.

Definindo vida no interior de teorias ou programas de pesquisa biológicos

- O conceito de vida adquire significado na sua relação com outros conceitos, na rede conceitual da teoria.
- A tarefa não é apenas listar propriedades, mas propor um conjunto articulado de propriedades que pode ser explicado por referência à teoria definida.

Vida como seleção de replicadores

A vida é propriedade de *populações* de entidades que:

1. São capazes de autoreprodução;
2. Herdam características de predecessores (implicando distinção genótipo/fenótipo);
3. Apresentam variação em virtude de mutações não-dirigidas (no genótipo).
4. Têm as chances de deixar descendentes determinadas pelo sucesso de sua combinação de propriedades (herdadas como genótipo e manifestas como fenótipo) nas circunstâncias ambientais nas quais vivem (seleção natural).

Vida como sistemas autopoieticos

Maturana e Varela (2001) destacam que os seres vivos têm um tipo de organização peculiar, a **organização autopoietica**, ou seja, a capacidade de produzir de modo contínuo a si mesmo.

Na organização autopoietica celular os componentes moleculares estão organizados numa rede de interações que são, ao mesmo tempo, **produtores** e **produtos**. Essa rede de interações é realizada em um espaço demarcado por uma fronteira, a membrana celular. Entretanto, a membrana celular não apenas delimita a extensão da rede de transformações que produz seus componentes, como também participa na determinação destes.

Segundo Maturana e Varela (2001), uma unidade autopoietica funciona em um **fechamento operacional**, isto é, organizacional, mas não é fechada em termos de matéria ou energia. A palavra autopoiese foi cunhada por Maturana no ano de 1971 para designar o modo como um ser vivo opera. Para Maturana (2001), o ser vivo pode ser compreendido como um “sistema circular de produções moleculares no qual o que se mantém é a circularidade das produções moleculares. Mantém-se a circularidade, mas não a forma que pode variar” (p.32).

De acordo com Maturana e Varela (2001) a reprodução é um processo que vem adicionar um componente histórico a unidade autopoietica, mas **não** é constitutivo desta e **não** faz parte de sua organização. Portanto, para os autores:

Estamos tão acostumados a ver os seres vivos como uma lista de propriedades (e a considerar a reprodução uma delas), que isso pode parecer chocante à primeira vista. No entanto, o que estamos querendo dizer é simples: a reprodução não pode ser parte da organização do ser vivo, porque para que algo se reproduza é necessário

primeiramente que ele esteja constituído como unidade e tenha uma organização que o defina [...] se falarmos da reprodução dos seres vivos, estamos implicando que ele deve poder existir sem se reproduzir (MATURANA e VARELA, 2001, p.68).

Para Maturana não é possível falar de instruções e programas no mecanismo autopoietico, pois todos componentes funcionam em uma rede de interações. Segundo VAZ (2000, p.253), "ao atribuir-se ao DNA a determinação da estrutura biológica, confunde-se a participação essencial do DNA na estrutura do organismo com participação exclusiva". Ainda, segundo Vaz (2000), para Maturana o genoma total corresponde a toda estrutura inicial dos seres vivos incluindo além do DNA, estruturas como os componentes da membrana e citoplasma.

De acordo com Coutinho (2005), através da definição de vida como organização autopoietica, Maturana e Varela criticam a noção de que os genes constituem a "informação" que determina de modo preciso os atributos do ser vivo, descrevendo dois erros encontrados nessa noção: a confusão da hereditariedade com o mecanismo de replicação do DNA e a colocação do DNA em uma posição hierarquicamente superior, terminando por retirá-lo de sua inter-relação com os demais componentes.

Definição biossemiótica de vida

Procura entender a vida através da comunicação e da existência de signos na natureza. Segundo Emmeche e El-Hani (2005) o foco de atenção está nas relações mediadas por signos e intérpretes, que vai do reconhecimento molecular à distinção de células e órgãos como pertencentes a determinado indivíduo. A característica distintiva do vivo para o não-vivo seria justamente a capacidade dos sistemas vivos de interpretar signos na natureza.

Sistemas complexos que apresentam história evolutiva

Pode-se destacar além das concepções discutidas acima, uma concepção de vida que vem sendo discutida de forma implícita dentro da teoria de sistemas. Nessa perspectiva seres vivos são considerados sistemas complexos auto-organizáveis que apresentam uma história evolutiva coletiva (PEREIRA JR. *et al*, 2004; MORENO, 2005). Concordando com essa perspectiva e considerando as noções de emergência e auto-organização, definimos ser vivo como *um sistema auto-organizável, histórico e evolutivamente construído, apresentando propriedades que emergem no nível de complexidade do organismo.*

A importância da definição de vida

- O interesse em definir vida está se restabelecendo em áreas de pesquisa que trabalham com sistemas complexos, vida artificial, entre outras.
- Vida como conceito integrador do conhecimento biológico fornece perfil claro ao objeto de estudo da biologia, organizando e unificando teorias e modelos sobre seres vivos.
- Contribui para compreensão da natureza da biologia → Biologia como ciência da **organização** viva (El-Hani & Emmeche, 2000; El-Hani, 2002) vs. perspectiva exclusivamente molecular.

Contribuições do conceito de vida no ensino de biologia

- Importância de abordar conceitos estruturantes do pensamento biológico vs. currículos enciclopédicos.
- Potencial de organização conceitual.

A importância do organismo como eixo estruturante do conhecimento biológico

- Ausência do organismo nas discussões conceituais devido a crescente ênfase nos aspectos moleculares (EL-HANI, 2002; EMMECHE, 2004; FELTZ, 1995).
- Organismo passa a ser visto como um ponto de encontro passivo entre as variáveis genéticas e a seleção natural (EL-HANI, 2002).

Entretanto...

- Lewontin (2002) ressalta que a ontogenia de um organismo é consequência da interação singular entre: seus genes, a seqüência temporal do ambiente externo e eventos moleculares aleatórios.
- É importante compreender o organismo como eixo da discussão biológica, já que o ser vivo é o objeto de estudo que caracteriza a biologia como uma área de conhecimento específica.

No ensino de biologia a relevância do organismo se destaca:

- No reconhecimento da biologia como ciência autônoma, já que tem a vida como objeto de estudo;
- Na compreensão de diversos níveis de interações, nos quais o organismo é ponto focal, promovendo a unidade do conhecimento biológico e permitindo um ensino de biologia menos fragmentado.

Objetivos dos debates

- Incorporar os debates da Filosofia da Biologia relativos aos conceitos de padrão organizacional, emergência e Biologia Hierárquica.
- Discutir a percepção do organismo como foco do conhecimento biológico, destacando as seguintes interações: ambiente celular-molecular/organismo/ambiente externo, contribuindo para uma visão complexa e integrada do Ensino de Biologia.

Apêndice III - Questão síntese sobre definições de vida

Nome:

1 - Observe as afirmações do seguinte quadro. Selecione o item que mais se aproxima ao que você pensa sobre os seres vivos e o conceito de vida, justificando-o.

1. A seleção favorece ou desfavorece genes isolados pela sua capacidade de sobreviver no seu ambiente, mas a parte mais importante desse ambiente é o clima genético oferecido por outros genes. A consequência é que conjuntos cooperativos de genes se reúnem em *pools* de genes. Corpos individuais são unitários e coerentes, como na realidade o são, não porque a seleção natural os escolhe como unidades, mas porque são construídos por genes que foram selecionados para cooperar com outros membros do *pool* genético.
2. Todos os seres vivos podem transmitir informação de uma geração à outra. A propriedade da hereditariedade – de que a vida gera a vida – depende dessa transmissão de informação e, por sua vez, garante que populações irão evoluir por meio da seleção natural. Se alguma vez encontrarmos, em qualquer outro lugar da galáxia, seres vivos com uma origem distinta da nossa, poderemos ter certeza que eles também possuirão hereditariedade e uma linguagem que transmite a informação genética.
3. O ser vivo pode ser compreendido como uma unidade fechada em termos organizacionais, no qual os componentes moleculares estão organizados numa rede de interações que são, ao mesmo tempo, produtores e produtos.
4. A característica distintiva do vivo para o não-vivo é a capacidade dos sistemas vivos de interpretar signos na natureza.
5. Tentativas foram feitas para definir “vida”. Esses esforços são um tanto fúteis, visto que agora está inteiramente claro que não há uma substância, um objeto ou uma força que possa ser identificada com a vida. O processo de vida, contudo, pode ser definido. Não há dúvida de que os organismos vivos possuem certos atributos que não são encontrados da mesma maneira em objetos inanimados.
6. Estamos tão acostumados a ver os seres vivos como uma lista de propriedades (e a considerar a reprodução uma delas), que isso pode parecer chocante à primeira vista. No entanto, o que estamos querendo dizer é simples: a reprodução não pode ser parte da organização do ser vivo, porque para que algo se reproduza é necessário primeiramente que ele esteja constituído como unidade e tenha uma organização que o defina [...] se falarmos da reprodução dos seres vivos, estamos implicando que ele deve poder existir sem se reproduzir.
7. Organismos vivos são sistemas complexos auto-organizáveis que apresentam uma história evolutiva coletiva. Os seres vivos apesar de apresentarem funções autônomas (por exemplo, a auto-manutenção), possuem uma conexão histórico-coletiva geneticamente informada, no qual a complexidade é possível através dos registros das seqüências funcionais transmitidas e selecionadas.

Obs. Se nenhum desses itens corresponder a sua forma de pensar, explicita sua idéia sobre o conceito de vida, justificando-a.

Apêndice IV - Questionário sobre níveis hierárquicos

Nome:

1 - Você considera que a Biologia como campo do conhecimento científico difere de outras ciências, tais como a física e química? Justifique sua posição e exemplifique.

2 - A Biologia está relacionada a uma ampla gama de conceitos, procurando compreender tanto aspectos microscópicos quanto macroscópicos da organização dos seres vivos e de suas relações com o meio. Se você fosse atuar como professor de Biologia do Ensino Médio de que forma você organizaria os conteúdos dessa disciplina?

3 – As coisas naturais podem ser arranjadas em níveis hierárquicos, por exemplo, seres vivos dependem, em sua existência, dos níveis inferiores físico e químico. Considerando as relações entre níveis, responda:

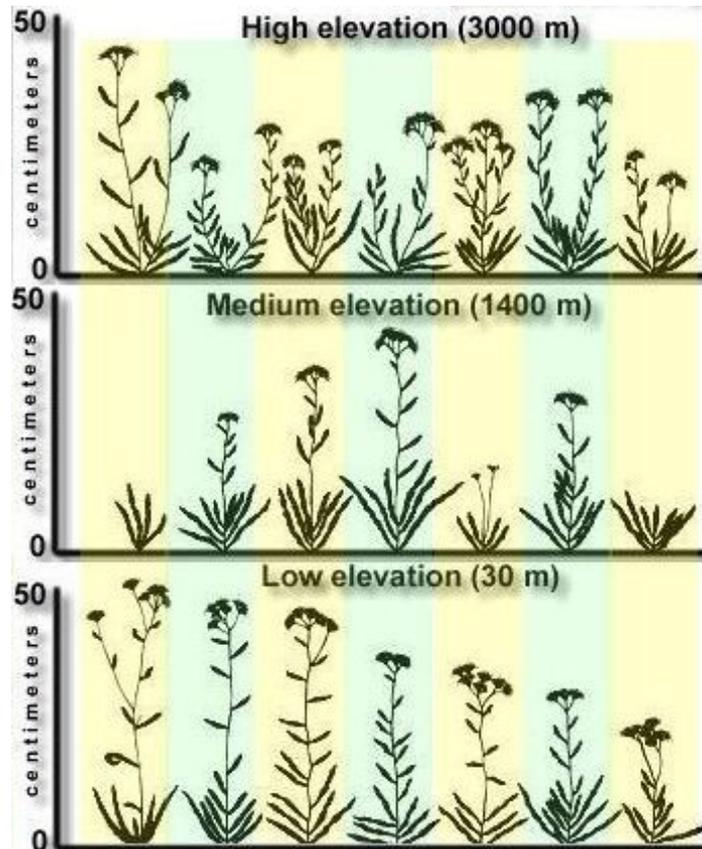
a) Um ser vivo representa apenas uma associação das propriedades dos elementos físico-químicos que o constitui ou alguma propriedade nova pode aparecer no nível do próprio organismo? Justifique sua posição e exemplifique.

b) Um nível superior (por exemplo, a estrutura celular) pode influenciar as propriedades dos níveis inferiores que a constituem (por exemplo, as reações químicas e vias metabólicas que ocorrem no ambiente celular)? Justifique.

Apêndice V - Retomando questões do questionário inicial

3 – Considere uma área de floresta que tenha sido queimada. Quais elementos contribuirão para a recolonização da área? O ecossistema resultante dessa recolonização será igual ao que se tinha antes da queimada? Justifique.

4 -



A figura mostra horizontalmente sete linhagens genéticas da mesma espécie das quais se extraíram amostras. As três plantas que aparecem em cada coluna são clones de uma mesma planta que cresceram em três diferentes altitudes. Com base nessas observações, comente a variação dos clones nos diferentes ambientes, procurando explicá-la. Você acha possível prever o comportamento dos diferentes genótipos nas diferentes altitudes?⁴⁴

5 – Suponha que tenhamos inoculado em um meio líquido de crescimento em agitação constante uma única célula bacteriana e que essa célula tenha se dividido em 63 minutos. As duas células-filhas obtidas, no entanto, não se dividiram simultaneamente 63 minutos mais tarde. Considerando que todas as células cresceram nas mesmas condições de cultura e que são geneticamente idênticas, qual poderia ser a causa da falta de sincronia na divisão celular?

6 - Em eventos esportivos é comum a formação de um fenômeno visto como uma “onda” realizada pelos torcedores.

a) Como é possível o surgimento dessa “onda”?

b) Na hipótese de retirarmos alguns torcedores no momento de ocorrência da onda, como essa retirada poderia influenciar no desenvolvimento desse efeito? Em que momento essa retirada poderia levar a destruição da “onda”?

⁴⁴ Questões 4 e 5 adaptadas do livro Lewontin (2002) e questão 6 de Penner (2000).

Apêndice VI – Possibilidades de pesquisa

* é possível montar mini-cursos para o Ensino Médio/Fundamental/Superior a partir de temas de pesquisa?

- do nível molecular ao celular
- o conceito de ser vivo e suas interações
- interação entre seres vivos
- interações entre seres vivos e o ambiente

* evolução conceitual durante um mini-curso

- levantamento de concepções
- instrumentos de acompanhamento da evolução conceitual
- avaliação final

* levantamento de concepções alternativas sobre determinado conceito

* elaboração de problemas envolvendo temas biológicos e temas transversais

* reestruturação de conceitos que compõem uma disciplina

* relação entre pensamento e as linguagens (desenho, descrição, falas, gráficos e etc...)

* relações entre os conceitos e as relações estabelecidas

* conceitos estabilizados

* redes conceituais

* problemas conceituais

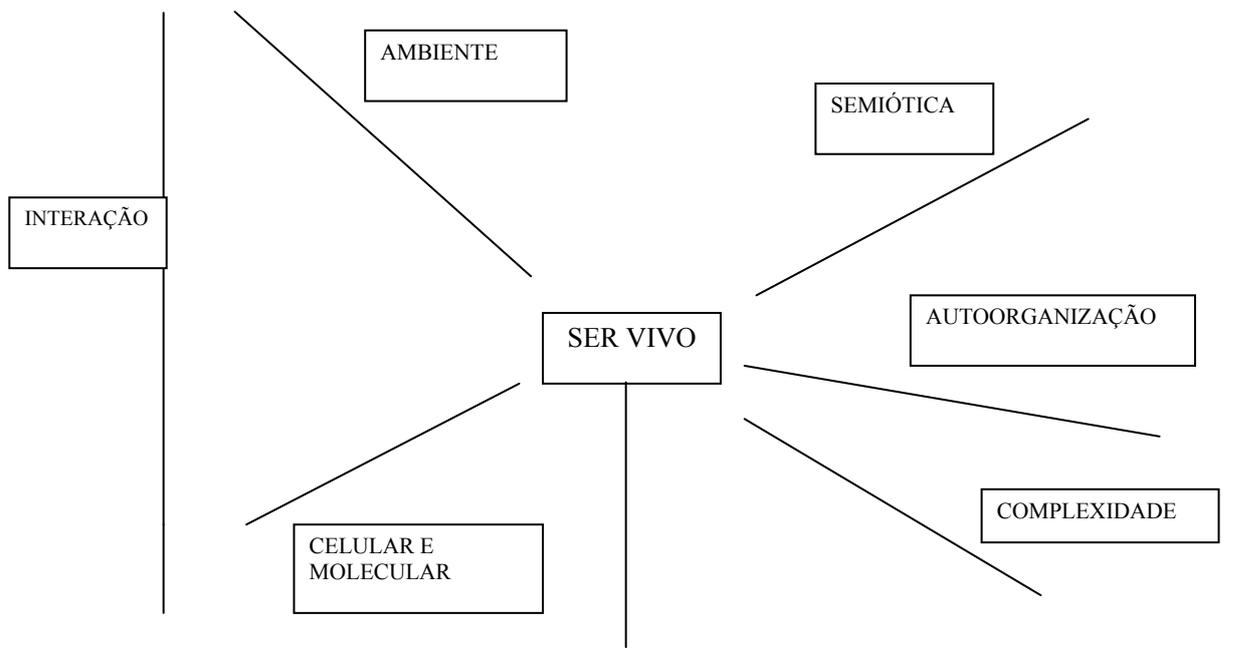
* história de conceitos e sua evolução epistemológica

Fundamentos da Metodologia de Pesquisa

* Falar sobre metodologia de pesquisa qualitativa (o que é, como é desenvolvida, como é a análise dos dados, etc.)

CONCEITOS BIOLÓGICOS

TEORIAS EXPLICATIVAS



Apêndice VII – Questionário sobre o conceito de ciência

1 – Qual é sua visão de ciência?

2 – O que você pensa sobre o trabalho do cientista?

3 – Ao longo de sua formação escolar você identifica mudança na sua concepção de ciência?

4 – Relacione as atividades desenvolvidas no grupo “Estudos e Pesquisas em Filosofia da Biologia” e sua formação como pesquisador.

5 – Tendo em vista, que enquanto participantes deste grupo desenvolverão projetos de pesquisa, descreva resumidamente:

- a) As idéias gerais que pretende desenvolver ao longo da pesquisa.
- b) A metodologia que pretende utilizar (estratégias de coletas e análises de dados).

Apêndice VIII - Roteiro das entrevistas individuais

Perfil do aluno

1. Por que você escolheu fazer biologia (o que você achava que era fazer biologia)?
2. Quais foram suas primeiras impressões após o primeiro ano do curso?
3. Quais suas experiências com pesquisa na graduação? Quais os aspectos positivos e negativos dessa experiência?

Contexto do desenvolvimento do grupo

4. O que trouxe você para o grupo? Quais suas expectativas iniciais?
5. O que você mudou ou manteve, em relação:
 - ao desenvolvimento da pesquisa
 - aos conceitos biológicos
 - à organização do conhecimento biológico.
6. Como você explicaria as particularidades de cada um dos três níveis de complexidade (gene, organismo e ambiente) trabalhados no grupo? Como eles se relacionam?
7. Pensando nos três níveis de complexidade trabalhados, seu trabalho dá ênfase em qual? Explique.
8. Qual sua concepção de vida?
9. Avalie o desenvolvimento do grupo:
 - Discussões
 - Entrosamento entre todos
 - Continuidade das atividades
10. Como o grupo e o trabalho das três doutorandas interferiram no desenvolvimento e delimitação de seu trabalho?
11. Quais características de um pesquisador você já possui? O que você considera difícil em relação à atividade de pesquisa?
12. Como você imagina seu perfil como pesquisador e como professor?

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)