

# CONSTRUÇÃO DE UM PERFIL PARA O CONCEITO DE ADAPTAÇÃO EVOLUTIVA

## CONSTRUCTION OF A CONCEPTUAL PROFILE OF EVOLUTIONARY ADAPTATION CONCEPT

**Claudia Sepúlveda<sup>1</sup>**  
**Eduardo Fleury Mortimer<sup>2</sup>**  
**Charbel Niño El-Hani<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana/ Departamento de Educação, Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS), causepulveda@ig.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Minas Gerais/Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação (UFMG), mortimer@dedalus.lcc.ufmg.br

<sup>3</sup>Universidade Federal da Bahia/Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento (UFBA), charbel@ufba.br

### **Resumo**

O modelo de perfis conceituais foi desenvolvido por Mortimer como base teórica e ferramenta metodológica para analisar a evolução conceitual em salas de aula de ciências. Neste artigo, apresentamos algumas reflexões acerca dos desafios metodológicos enfrentados no processo de construção de zonas de um perfil para o conceito de adaptação, que desempenha papel central na biologia evolutiva. Através de uma comparação deste processo com a construção de perfis dos conceitos de entropia e espontaneidade, e de vida, argumentamos que a construção de perfis conceituais apresenta particularidades, a depender do domínio de conhecimento, relativas às especificidades históricas e epistemológicas de cada domínio. A partir desta reflexão, propomos novas estratégias metodológicas para a caracterização e representação das zonas de um perfil conceitual, em conexão com orientações teórico-metodológicas advindas das teorias de Bakhtin e Vygotsky. Além disso, apresentamos resultados preliminares da construção de um perfil para o conceito de adaptação.

**Palavras chaves:** perfil conceitual, adaptação evolutiva, filosofia da biologia.

### **Abstract**

The conceptual profile model has been developed by Mortimer as a theoretical basis and methodological tool for analyzing conceptual evolution in science classrooms. In this paper, we offer some reflections about the methodological challenges faced in the construction of zones for a conceptual profile of adaptation, a central concept in evolutionary biology. Based on a comparison between this process and the construction of profiles for the concepts of entropy and spontaneity, and life, we argue that the construction of conceptual profiles shows particularities, depending on the domain of knowledge, related to historical and epistemological specificities of each domain. This reflection leads us to propose new methodological strategies to characterize and represent zones of a conceptual profile, in connection with theoretical-methodological orientations resulting from Bakhtin's and Vygotsky's theories. Moreover, we present preliminary results of the construction of a conceptual profile of adaptation.

**Keywords:** conceptual profile, evolutionary adaptation, philosophy of biology

### **INTRODUÇÃO**

O modelo de perfis conceituais foi desenvolvido por Mortimer (1994, 1995, 2000) como base teórica e ferramenta metodológica para analisar a evolução conceitual em salas de aula de ciências. Inspirado na noção de perfil epistemológico de Bachelard (1978), este modelo

se fundamenta na idéia de que podem coexistir, para cada indivíduo, diferentes formas de pensar um mesmo conceito, as quais compõem um perfil, constituído por zonas identificadas com base em compromissos epistemológicos e ontológicos próprios de diferentes formas de compreender a realidade.

O modelo do perfil conceitual foi exposto pela primeira vez em um trabalho em que foram propostos perfis para dois conceitos relacionados à teoria da matéria, os conceitos de átomo e de estados físicos da matéria (Mortimer, 1995; 2000). Como uma agenda para a investigação futura, foi proposto naqueles trabalhos que a noção fosse aplicada à explicação de fenômenos de natureza diferente, como, por exemplo, a conceitos relacionados a processos em lugar de estruturas, para que pudessem ser reveladas “interessantes facetas da noção de perfil não detectadas através do átomo” (Mortimer, 2000, p. 358).

Desde então, o modelo foi aplicado a diferentes conceitos, em sua maioria, nos campos da física e da química, como os conceitos de molécula (Mortimer, 1997), de calor (Amaral; Mortimer, 2001), e de espontaneidade e entropia (Amaral, 2004). Mais recentemente, foi construído um perfil conceitual no campo da biologia, relativo ao conceito de vida (Coutinho, 2005; Coutinho, Mortimer & El-Hani, 2006). Nestes trabalhos, foi discutido o potencial de utilização do perfil conceitual para diferentes objetivos de pesquisa relativos ao ensino e à aprendizagem, tendo sido proposta a incorporação de alguns princípios teórico-metodológicos de modo a articular e ampliar o modelo. Merecem destaque a proposição de que “formas de pensar” e “modos de falar” devem ser relacionados na construção de perfis conceituais (Mortimer, 2001; 2002), e a incorporação das noções de pluralidade, complementaridade e heterogeneidade como princípios teóricos que orientam o modo de acessar e compreender as zonas de um perfil (Amaral, 2005).

Estes princípios trazem contribuições interessantes para o emprego de perfis conceituais no âmbito da educação multicultural (El-Hani; Mortimer, 2007), na qual se tem na devida conta a necessidade de considerar-se a diversidade de matrizes culturais que entram em contato com a perspectiva da ciência moderna nas salas de aula de ciências. Neste artigo, enfocamos o processo de construção de um perfil para o conceito de adaptação evolutiva, que pretendemos utilizar como ferramenta para analisar processos de aprendizagem no contexto do ensino de evolução, em salas de aula de biologia. Além de resultados preliminares da construção do perfil, apresentamos algumas reflexões sobre este processo, a partir de uma comparação com a construção de perfis dos conceitos de entropia e espontaneidade (Amaral, 2004; Amaral; Mortimer, 2006), e de vida (Coutinho, 2005; Coutinho, Mortimer; El-Hani, 2007). Desse modo, esperamos iluminar outras facetas da noção de perfil e propor a incorporação de princípios teórico-metodológicos que possam ter também impactos positivos sobre o potencial heurístico do modelo.

A idéia de evolução cumpre um papel central e organizador na estrutura do pensamento biológico, sendo indispensável para a compreensão satisfatória da maior parte dos conceitos e modelos explicativos da biologia (Futuyma, 1993; Meyer & El-Hani, 2000; 2005). Em nossa pesquisa, concentramos nossa atenção sobre o conceito de adaptação, entre os diversos conceitos da biologia evolutiva, em virtude da centralidade da adaptação como fenômeno a ser explicado pela teoria da evolução por seleção natural, e da tendência deste conceito de apresentar um perfil, em vista da polissemia que o caracteriza, tanto no domínio específico da biologia, como em outros domínios da cultura e da linguagem.

Buscamos neste artigo oferecer contribuições para a reflexão sobre as seguintes questões: A noção de perfil conceitual pode ser aplicada da mesma maneira à análise da gênese de conceitos produzidos em diversos domínios do conhecimento científico? Ou há particularidades na aplicação do modelo a conceitos situados em campos do conhecimento que apresentam aspectos epistemológicos distintos daqueles encontrados na física e na química, nas quais o modelo foi originalmente desenvolvido?

Para tanto, apresentaremos inicialmente a metodologia que vem sendo desenvolvida, de um modo geral, para a construção de propostas de perfis conceituais, destacando a natureza dos dados em que nos baseamos para constituir as zonas de um perfil de adaptação, e o modo como foram obtidos. Em seguida, faremos uma breve descrição do processo de constituição das zonas de um perfil dos conceitos de entropia e espontaneidade (Amaral, 2004) e de um perfil do conceito biológico de vida (Coutinho, 2005). O próximo passo será uma descrição do processo de constituição das zonas de um perfil de adaptação, analisando os desafios encontrados e as soluções propostas ao longo do percurso. Por fim, apresentaremos uma proposta preliminar de perfil deste conceito, quando aplicado à explicação da evolução das formas vivas.

## **METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO DAS ZONAS DE PERFIS CONCEITUAIS**

Tendo como referência a abordagem sócio-histórica de Vygotsky no estudo do desenvolvimento das funções psicológicas superiores, tem sido proposta uma compreensão mais dinâmica da gênese dos conceitos científicos, entendendo-os como parte de uma construção humana que varia com os contextos histórico-sociais de enunciação (Amaral & Mortimer, 2006). Desta perspectiva, entende-se que, para a constituição das zonas de perfis conceituais, deve ser considerada uma diversidade tanto de idéias quanto de contextos de produção, de modo a abarcar pelo menos três dos quatro domínios genéticos que, segundo Wertsch (1985), foram abordados por Vygotsky em suas investigações acerca da relação entre pensamento, linguagem e formação de conceitos: os domínios sociocultural, ontogenético e microgenético.

O domínio sociocultural tem sido trabalhado a partir das idéias relacionadas ao conceito em foco encontradas na história das ciências (Mortimer, 2000; Amaral, 2004), em revisões epistemológicas do conceito e em livros didáticos (Coutinho, 2005). Dados empíricos acerca das idéias dos alunos, coletados da literatura sobre concepções alternativas (Mortimer, 2000; Amaral, 2004) e/ou a partir de entrevistas e questionários (Coutinho, 2005) têm sido considerados representativos dos processos ontogenéticos de construção do conhecimento. Dados obtidos a partir da análise interpretativa de episódios interativos em sala de aula têm dado conta do domínio microgenético (Mortimer 2000, Amaral, 2004), uma vez que permitem o exame minucioso do processo de elaboração conceitual em um evento singular de interações humanas.

Para a constituição das zonas de um perfil conceitual de adaptação, baseamo-nos em: (1) dados extraídos de fontes secundárias sobre a história da biologia e de tratamentos epistemológicos do conceito; (2) dados obtidos na literatura sobre concepções de alunos acerca dos conceitos de adaptação e seleção natural; (3) dados empíricos coletados através de entrevistas e questionários com alunos dos ensinos médio e superior; (4) e dados de sala de aula.

Foram abordados alguns períodos da história das ciências biológicas, selecionados em sintonia com os dados da literatura em educação científica, seguindo a orientação metodológica empregada por Amaral (2004).<sup>1</sup> Fontes secundárias foram utilizadas, considerando-se os pontos de vista de mais de um historiador da biologia, bem como de filósofos da ciência e biólogos evolutivos, e, ainda, livros didáticos do ensino superior.

Os questionários e roteiros de entrevistas foram elaborados com base em cenários que se referiam a fenômenos de adaptação evolutiva já estudados pela biologia e descritos em literatura, como a resistência de bactérias a antibióticos ou de pragas a inseticidas, e o mimetismo críptico de insetos. Foram obtidos cerca de 50 questionários, 25 deles respondidos por alunos cursando o segundo semestre, e outros 25 cursando o sétimo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, e cerca de 10 alunos do ensino médio foram entrevistados. Os dados de sala de aula foram coletados através da gravação em vídeo de uma seqüência de aulas sobre o tema “Adaptação Evolutiva e Teoria da Evolução por Seleção Natural”, ministrada em uma turma do ensino médio de Biologia<sup>2</sup>, de uma escola pública da periferia de Salvador.

## **ANÁLISE DOS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DE DOIS PERFIS CONCEITUAIS**

O processo de constituição das zonas de perfis conceituais a partir de tais conjuntos de dados tem seguido caminhos um pouco diferenciados em trabalhos distintos, como pode ser visto, por exemplo, numa comparação entre os trabalhos de Amaral (2004), que se ocupou dos conceitos de entropia e espontaneidade, e de Coutinho (2005), voltado para o conceito de vida.

Amaral (2004), identificando na história da ciência as concepções de matéria e transformação relacionadas com o modo de pensar a espontaneidade dos processos químicos e físicos, levantou os compromissos epistemológicos que estiveram presentes no desenvolvimento daquelas concepções. Com base neste referencial, discutiu as idéias que os alunos apresentavam sobre reações químicas e espontaneidade no contexto do ensino e da aprendizagem. Orientada pelas categorias epistemológicas propostas por Bachelard (1938; 1949), Amaral classificou as diferentes concepções de entropia e espontaneidade e identificou três níveis de compreensão destes conceitos, propondo para cada nível uma ou mais zonas de um perfil. Ela chegou, assim, a um perfil de entropia e espontaneidade incluindo quatro zonas: perceptiva/intuitiva, empírica, formalista e racionalista.

Embora Amaral (2004) discuta as categorias epistemológicas proposta por Bachelard trazendo aporte de outros autores, como aspectos do pensamento pragmatista de Putnam (1995), a constituição das zonas do perfil conceitual de espontaneidade e entropia construído por ela esteve fortemente pautada no sistema filosófico de Bachelard, tendo sido dada maior ênfase a aspectos epistemológicos do que a aspectos ontológicos na caracterização das zonas. Uma das contribuições importantes que o trabalho de Amaral (2004, p. 109) trouxe reside na proposta de que as zonas de um perfil conceitual podem ser caracterizadas por idéias relativas a mais de um conceito, quando estas se encontram implicadas na representação e no conhecimento relativos à resposta a uma questão acerca de um fenômeno natural ou modelo científico.

Coutinho (2005) levantou algumas categorias referentes a possíveis estratégias para definir vida a partir de estudos epistemológicos e históricos, da literatura em concepções alternativas e da análise de livros didáticos. O diálogo constante entre estes referenciais e um conjunto de dados obtidos em questionários e entrevistas com alunos de graduação e pós-graduação em biologia possibilitou a elaboração inicial de sete categorias expandidas sobre a compreensão do vivente. Esta análise foi operacionalizada pela criação de um referencial baseado em formas de expressão recorrentes no discurso dos alunos. Uma segunda análise dessas categorias expandidas mostrou que as mesmas poderiam ser reduzidas a três categorias reduzidas: externalismo, internalismo e relacional.

A fundamentação filosófica das zonas não esteve pautada num único sistema filosófico, buscando-se considerar de modo equilibrado aspectos epistemológicos e ontológicos em sua constituição. A importância dos aspectos ontológicos é enfatizada por Coutinho (2005), tomando como base a análise de Chi (1992) acerca das dificuldades de mudança das categorias ontológicas como um dos problemas a ser enfrentado na aprendizagem de conceitos científicos. Essa orientação se encontra refletida tanto na caracterização das categorias expandidas como na construção das categorias reduzidas. Um aspecto a ser destacado no trabalho de Coutinho (2005) reside no fato de que ele considerou que as categorias reduzidas eram mais aplicáveis à análise da estruturação das idéias expressas no domínio ontogenético, enquanto que, para compreensão da gênese dos conceitos no domínio sócio-histórico, as categorias expandidas constituiriam uma ferramenta mais adequada. Esta consideração, ao lado da conclusão de que os dados obtidos nos questionários e nas entrevistas com estudantes de biologia não refletiam as disputas entre paradigmas concorrentes nesta ciência, que entendem vida de modo diferente, nos levam à inferência de que as categorias reduzidas podem não dar conta da polissemia que o conceito de vida adquire no contexto multiparadigmático da biologia contemporânea. Os resultados de Coutinho sugerem, ainda, que duas propostas de perfil podem ser elaboradas, cada uma delas mostrando-se heurísticamente poderosa em contextos discursivos e culturais particulares.

## CONSTITUIÇÃO DAS ZONAS DE UM PERFIL PARA O CONCEITO DE ADAPTAÇÃO: REFLEXÕES SOBRE O PROCESSO E PROPOSTA PRELIMINAR

A partir do diálogo entre estudos epistemológicos e históricos, a literatura em concepções alternativas, os dados obtidos em entrevistas e questionários com alunos dos ensinos médio e superior, e a análise de alguns episódios de ensino, foi possível perceber que a significação do conceito de adaptação evolutiva se dá através de uma diversidade de temas epistemológicos, a partir dos quais são interpretados um complexo de fenômenos biológicos que se encontram social e historicamente vinculados a este termo. Identificamos pelo menos cinco temas: (1) ontologia, (2) etiologia (fator e mecanismo causal), (3) efeito, (4) condições necessárias e suficientes para que uma característica seja considerada adaptação, (5) eficácia do conceito para explicar mudanças evolutivas. Para cada um deles, encontramos um conjunto de compromissos ontológicos e epistemológicos que fundamentam diferentes perspectivas para a interpretação da adaptação evolutiva, as quais poderiam, em certa medida, ser consideradas análogas às *categorias expandidas* elaboradas por Coutinho (2005) para a constituição de um perfil para o conceito biológico de vida.

Os temas e os respectivos compromissos epistemológicos e ontológicos são descritos na Tabela 1. Neste artigo, enfocaremos a análise dos desafios enfrentados em nossa tentativa de constituir zonas de um perfil conceitual de adaptação evolutiva, diante do caráter multidimensional deste conceito, ou seja, da constatação de que sua compreensão envolve diferentes dimensões. O primeiro deles se configurou ao percebermos que diferentes propostas de perfil poderiam ser estruturadas a partir da prioridade dada a cada um destes temas epistemológicos ou a subconjuntos deles.

**Tabela 1: Temas Epistemológicos a partir dos quais o conceito de adaptação pode ser significado**

<b>Tema Epistemológico</b>	<b>Categorias</b>	<b>Concepções, compromissos ontológicos e epistemológicos</b>
Ontologia	Estado de ser	Adaptação como um estado de ser da população ou do organismo (estar adaptado a).
	Processo	Adaptação como um processo (adaptar-se a).
	Ontogenético/ Nível do Organismo	Adaptação é um processo de mudança que ocorre no nível ontogenético, ao longo do ciclo de vida de um organismo.
	Filogenético/ Populacional	Adaptação é um processo de mudança no nível filogenético, ao longo da história evolutiva da espécie (composta por populações de organismos).
Etiologia/Fator causal	Ausência de explicação etiológica	Adaptação é um fenômeno auto-evidente, o qual dispensa explicação causal.
	Finalismo	O fim ou meta ( <i>télos</i> ) é suficiente para explicar a ocorrência da adaptação.
	Internalismo	As necessidades do organismo e sua capacidade inata de ajustar-se às condições externas explicam as adaptações. Trata-se de um processo controlado internamente.
	Externalismo	As pressões seletivas do meio constituem o fator responsável pela origem das adaptações. Trata-se de um processo controlado externamente.
	Construcionismo	As adaptações resultam da relação recíproca entre organismo e ambiente.
Etiologia/	Transformacional	Adaptação resulta de transformações dos membros

Mecanismo Causal		individuais de uma espécie.
	Variacional	Adaptação resulta de mudanças nas proporções das diferentes variantes encontradas nas populações.
Efeito	Finita/Absoluta	A adaptação é o alcance esperado de uma meta pré-determinada, o estado final de um processo finito.
	Otimização/Perfeição	A adaptação representa o melhor ajuste possível do organismo ao mundo em que vive.
	Adaptação relativa	Adaptações são soluções provisórias que tornam o organismo (ou uma população de organismos) tão, ou um pouco mais, ajustado(a) às condições ambientais vigentes, quanto os demais organismos da mesma população (ou da mesma comunidade).
Condições necessárias e suficientes para que um traço biológico seja considerado uma adaptação	Gênese Histórica	É necessário e suficiente que o traço tenha tido origem direta na seleção natural para ser considerado uma adaptação.
	Uso corrente	O fato de um traço contribuir para aptidão biológica no tempo presente (uso corrente) é suficiente para ser designado uma adaptação.
	Gênese histórica + uso corrente	Ser resultante da seleção natural e contribuir com a aptidão biológica no presente são condições necessárias para que um traço seja considerado uma adaptação.
Eficácia do conceito para explicar mudanças evolutivas	Adaptacionismo	Primazia das mudanças adaptativas na explicação da origem das formas orgânicas. Explicações alternativas não são consideradas.
	Pluralismo	A mudança adaptativa é vista como importante mecanismo para explicar a evolução das formas vivas, mas reconhece-se a necessidade de ter em conta outros mecanismos explicativos.
	Anti-adaptacionismo	Ênfase no papel de fatores causais não-adaptativos na explicação da origem e evolução das formas orgânicas. Adaptação é interpretada como um epifenômeno.

Em um primeiro momento, demos prioridade às diferentes perspectivas acerca do fator causal que explica o “porquê” da existência de fenômenos biológicos considerados como adaptações (etiologia). A interpretação dos dados empíricos obtidos entre alunos do ensino superior, à luz da análise de Lewontin (2002)<sup>3</sup> acerca das concepções sobre a relação entre organismo e ambiente, implicadas na compreensão do processo evolutivo, nos levou a definir três possíveis zonas: finalismo, internalismo e externalismo, compreendidas nos termos apresentados na Tabela 1. Uma quarta zona foi acrescida à proposta inicial, quando nos deparamos com uma situação que consideramos um obstáculo epistemológico para a gênese do conceito de adaptação evolutiva, a ausência de explicação causal etiológica. Discutindo a dificuldade na compreensão de conceitos básicos da biologia evolutiva, Ferrari e Chi (1998) afirmam que muitos estudantes consideram adaptação um princípio teórico, à semelhança da noção de ponto em matemática, e não vêem então razão para explicá-lo. Shtulman (2006), analisando algumas explicações não-darwinistas para as mudanças evolutivas, concluiu, por sua vez, que alguns estudantes pareciam não ter pensado muito a respeito de possíveis mecanismos responsáveis pela adaptação das espécies, ou sequer teriam contemplado a adaptação evolutiva como um problema que mereceria resposta. Shtulman (2006) sugere que a experiência de interação com um mundo biológico aparentemente estático torna a idéia de mudança evolutiva

contra-intuitiva para os alunos. Diante da noção de um mundo biológico estático, não há lugar para uma explicação etiológica para os fenômenos e entidades que o compõem. Essa perspectiva foi observada em nossas entrevistas com estudantes do ensino médio, nas quais perguntas que faziam referência direta à origem histórica de uma característica adaptativa, como, por exemplo “Como esta característica surgiu?” “Qual é a origem desta característica?”, pareciam não fazer sentido para boa parte dos estudantes da população que investigamos. Eram comuns respostas que revelavam nunca terem pensado a respeito de um mecanismo causal para estes fenômenos – *Sei não! Não faço a mínima idéia!* – ou falas, cuja entonação expressiva indicava que os entrevistados consideravam perguntas deste gênero descabidas, dada a natureza auto-evidente do fenômeno: *Acho que surgiu da natureza. Isso é da natureza mesmo!* Quando a pergunta, no entanto, era formulada em outros termos, como, por exemplo, “Como você explica a existência de...?”, este grupo de alunos fornecia respostas baseadas numa descrição funcional da característica, em grande medida já apresentada no próprio cenário da entrevista que antecedia à questão.

Estes dados foram interpretados como indícios de que um primeiro obstáculo epistemológico a ser superado na ontogênese do conceito de adaptação seria a ausência de uma explicação causal de natureza etiológica para a existência de características adaptativas. Desse modo, nossa primeira proposta de perfil, dando ênfase à etiologia, foi constituída pelas seguintes zonas: ausência de explicação etiológica, finalismo, internalismo e externalismo.

Em um segundo momento, influenciados pelos estudos epistemológicos acerca da controvérsia em torno do conceito de adaptação e de seu papel na pesquisa biológica (Gould e Vrba, 1982; Mayr, 1988; Sober, 1993; Lewontin, 2000), construímos outra proposta de perfil, que enfatizava o quarto e quinto temas epistemológicos encontrados na Tabela 1. Nesta proposta, estavam representadas perspectivas produzidas no contexto do debate de biólogos entre si – bem como da análise deste debate por filósofos da biologia – acerca dos critérios adequados para aplicar o termo ‘adaptação’ a características ou comportamentos ditos ‘adaptativos’. Um grupo de biólogos, em geral ligados à pesquisa em ecologia evolutiva, considera como condição necessária e suficiente para que um traço seja considerado uma adaptação o fato de o mesmo contribuir **no presente** para a aptidão do organismo, isto é, para suas chances de sobrevivência e sucesso reprodutivo. Por sua vez, um outro grupo de biólogos evolutivos e filósofos da biologia afirmam a necessidade de a característica ser diretamente resultante de um processo de seleção natural para ser designada uma adaptação, a despeito de apresentar ou não um uso corrente (Gould e Vrba, 1982; Sterenley e Griffiths, 1999). Outro debate central na biologia evolutiva diz respeito ao alcance e à eficácia do conceito de adaptação para explicar a evolução das formas vivas. Ao longo da história da biologia, encontramos um debate entre duas visões extremas a este respeito: De um lado, adaptacionistas sustentam que a grande maioria das características biológicas relevantes pode ser explicada pelo conceito de adaptação. Em oposição, diversas visões anti-adaptacionistas enfatizam a influência de fatores causais não-adaptativos na explicação da evolução da forma orgânica, como as restrições do desenvolvimento, estruturais e filogenéticas<sup>4</sup>.

Quatro novas zonas foram propostas a partir destes temas: (1) ênfase na utilidade corrente; (2) ênfase na gênese histórica; (3) visão adaptacionista; (4) anti-adaptacionismo (ver descrição das categorias na tabela 1). Encontramos nas concepções de alunos do ensino superior compromissos ontológicos e epistemológicos que eram, em alguma medida, semelhantes àqueles presentes nas perspectivas acessadas no domínio sócio-cultural para cada uma destas novas zonas propostas, o que corroborava a importância de considerá-las como formas de pensar que compõem uma possível rota genética para o conceito de adaptação evolutiva. No entanto, percebemos que compromissos ontológicos e epistemológicos que constituem importantes obstáculos para a compreensão da perspectiva darwinista de adaptação haviam ficado de fora desta nova proposta de perfil conceitual. Este é o caso, por exemplo, da falta de clareza acerca do

nível hierárquico em que a adaptação ocorre (filogenético x ontogenético) e da interpretação essencialista ou tipológica da espécie, a qual impede o entendimento da perspectiva variacional de explicar o processo evolutivo, tornando, em contrapartida, mais intuitiva a perspectiva transformacional.

A literatura sobre concepções alternativas tem apontado que estudantes confundem com frequência adaptações evolutivas – que ocorrem ao nível da população e ao longo de sua filogênese – com adaptações fisiológicas, que são aquelas que ocorrem ao longo do ciclo de vida de um indivíduo (ontogênese), como reações imunes e tolerância a diferentes condições ambientais (Bishop; Anderson, 1990). Encontramos dados semelhantes em nossas entrevistas. Entre os alunos do ensino médio, por exemplo, adaptações evolutivas, como as cores e formas camufladas de insetos, foram interpretadas como ajuste deliberado dos organismos ao ambiente em que vivem, ao longo de sua vida, de forma análoga às mudanças de cor de camaleões. Trata-se de um erro categórico, uma vez que são atribuídas propriedades ontológicas de um tipo de processo natural a outro (Ferrari e Chi, 1998).

Como discutem Levins e Lewontin (1985), as teorias transformacionais, a exemplo da teoria de Lamarck e de outras teorias da evolução orgânica propostas no século XIX, entendiam a evolução como um processo produzido por mudanças em cada organismo individual, como resultado, pelo menos numa proporção bastante significativa, de forças internas aos organismos. A teoria de Darwin, por outro lado, é de natureza variacional, propondo que a evolução se dá através de mudanças nas proporções das diferentes variantes encontradas nas populações, ao longo do tempo. A perspectiva transformacional da evolução orgânica dominou o pensamento evolutivo durante um longo período, em grande parte, pelo compromisso que filósofos naturais dos séculos XVIII e XIX mantinham ainda com o pensamento essencialista, de acordo com o qual a variedade observada no mundo vivo consiste, em realidade, num número limitado de tipos naturais ou essências, claramente distinguíveis (Mayr, 2005, p. 42), sendo as variações em torno destas essências imperfeições do tipo. Embora o essencialismo tenha sido suplantado na Biologia desde meados do século XIX, segundo Shtulman (2006), pesquisas em psicologia cognitiva fornecem evidências de que o mesmo está amplamente presente na forma de interpretar o mundo vivo de indivíduos de todas idades e de diferentes culturas.

Estes eram, portanto, compromissos ontológicos e epistemológicos que não poderiam deixar de ser contemplados na constituição das zonas de um perfil conceitual de adaptação para análise da aprendizagem de evolução no ensino médio. Decidimos, então, construir uma proposta de perfil cujas zonas seriam constituídas tendo em vista a abordagem do conceito de adaptação a partir da seguinte questão de fundo, cuja resposta entendíamos como sendo um dos objetivos a ser atingido no ensino médio de biologia: “Como podemos explicar a origem e evolução das formas vivas?”, ou, dita de outra forma, “Por que e como as formas vivas mudam ao longo do tempo?”. Este passo resolveu, em parte, os impasses com os quais havíamos nos deparado inicialmente, orientando-nos na proposição de um perfil para adaptação aplicado à explicação da origem e evolução das formas vivas, através de uma espécie de análise cruzada dos compromissos epistemológicos e ontológicos encontrados para os três primeiros temas epistemológicos incluídos na Tabela 1 e, em alguma medida, também para o quinto. Chegamos, assim, a uma proposta preliminar de perfil conceitual de adaptação evolutiva, cujas zonas são sumarizadas na Tabela 2.

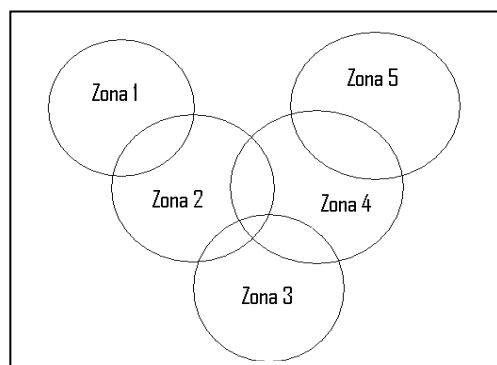
**Tabela 2: Zonas de um perfil conceitual de adaptação evolutiva aplicado às explicações para origem e evolução da forma viva**

<b>Ausência de explicação etiológica</b>	Ausência de explicação causal de natureza etiológica e ênfase na descrição dos atributos funcionais dos traços adaptativos.
<b>Visão teleológica</b>	A origem e existência de um caráter são explicadas em termos do propósito, meta ou função que deve cumprir.



<b>Internalismo - transformacional</b>	As formas vivas, sua diversidade e evolução são explicadas aludindo-se a uma tendência interna dos organismos de se transformarem em direção a um estado ótimo de ajuste ao ambiente.
<b>Externalismo-variacional</b>	A evolução das formas vivas é interpretada como um processo de propagação seletiva de variações na população, devido à pressão seletiva do meio. Abriga subcategorias distintas em alguns de seus compromissos epistemológicos e ontológicos: visões adaptacionista e pluralista. <b>Visão adaptacionista:</b> Sustenta que a maioria das características biológicas relevantes foi moldada quase que inteiramente pela seleção natural, ou seja, existem porque foram selecionadas para um ou mais de seus efeitos. Pode abrigar a visão de que o processo adaptativo resulta no “melhor dos mundos possíveis”. <b>Visão pluralista:</b> Aceita que algumas características observadas no mundo vivo têm origem não-adaptativa. Considera seriamente outros mecanismos evolutivos complementares à seleção natural nas mudanças evolutivas.

Alguns problemas na caracterização das zonas ainda permanecem. Observamos que alguns compromissos epistemológicos e ontológicos são compartilhados por mais de uma das zonas do perfil proposto. Um exemplo típico consiste no pressuposto de que as adaptações são arranjos perfeitos, ou estados ótimos, ou processos que levam a tal perfeição. Este é um compromisso presente na perspectiva teleológica, na internalista-transformacional e na adaptacionista. A sobreposição de compromissos ontológicos e epistemológicos tem sido reconhecida como aspecto inerente aos perfis conceituais. Desde que o modelo foi proposto, reconheceu-se que as zonas não apresentavam linhas divisórias nítidas (Mortimer, 2000, Amaral;Mortimer, 2001). Queremos enfatizar, contudo, que este aspecto precisa ser mais bem explicitado na caracterização das zonas, ou ainda na forma como o perfil conceitual é representado. A representação de perfis como barras de um histograma, à semelhança do perfil epistemológico de massa de Bachelard (1984, p.25), por exemplo, não permite a visualização de compartilhamento de aspectos ontológicos e epistemológicos entre zonas diferentes. Desse modo, propomos no presente artigo uma nova maneira de representar perfis conceituais, apresentada esquematicamente na Figura 1.



**Figura 1:** Um novo modo de representar perfis conceituais. As zonas são representadas por círculos com áreas sobrepostas. A sobreposição dos círculos representa compromissos ontológicos e epistemológicos compartilhados entre as zonas. Os diâmetros dos círculos representam, por sua vez, a extensão em que cada uma das formas de compreender o conceito está presente no pensamento de um indivíduo, ou em um determinado contexto de enunciação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desafios e impasses metodológicos que encontramos podem ser, em certa medida, reflexo do fato de que ainda estamos numa fase de amadurecimento da análise dos dados coletados, mais especificamente, no que diz respeito ao diálogo entre os referenciais da história

da biologia e da epistemologia e os dados relativos aos domínios ontogenético e microgenético de desenvolvimento do conceito. O estudo da origem histórica do uso do termo ‘adaptação’ e da proliferação de significados a ele atribuído, a exemplo da análise feita por Burian (1999), tem nos apontado possíveis vínculos entre alguns dos compromissos ontológicos e epistemológicos com que estamos trabalhando, a exemplo da associação entre a idéia de adaptação como ajuste perfeito (efeito/otimização), a noção de “estar bem adaptado” (ontologia/estado) e a suficiência do uso corrente como critério para caracterizar uma adaptação. No entanto, não conseguimos visualizar com clareza estes vínculos e seu poder explicativo na compreensão do desenvolvimento do conceito nos demais domínios. É preciso reconhecer que os dados obtidos em episódios de interação na sala de aula, por exemplo, estão ainda pouco contemplados nesta análise preliminar, ou ainda que a amostra de alunos do ensino médio entrevistados apresenta características muito peculiares, para que a tomemos como uma amostra representativa do modo de pensar dos estudantes deste nível de ensino.

Parece-nos, contudo, que também estamos diante de um processo no qual novos aspectos da noção de perfil conceitual vêm sendo revelados, ou no qual fica patente a necessidade de explorar em maior detalhe aspectos anteriormente esboçados. A possibilidade de construir mais de uma proposta de perfil para o conceito de adaptação, cada qual com maior enfoque em um ou mais temas epistemológicos, pode ser interpretada como a conseqüência de estarmos enfocando contextos discursivos diferentes, como, por exemplo, o discurso da ciência escolar acerca da evolução e o discurso acadêmico acerca da definição conceitual do termo ‘adaptação’ e do papel deste conceito na pesquisa biológica. De igual modo, a observação de Coutinho (2005) sobre a adequação das categorias expandidas para análise de dados da história da ciência, e das categorias reduzidas para a análise dos questionários e das entrevistas, apóia a conclusão de que é possível, e talvez produtivo, propor mais de um perfil para dar conta da estruturação de idéias em contextos culturais e discursivos diferentes. Torna-se evidente, assim, a importância de explicitarmos o contexto discursivo em que cada proposta de perfil é construída, aspecto discutido brevemente por Coutinho, El-Hani e Mortimer (2005), ao fazerem a ressalva de que o aparecimento de determinadas zonas do perfil do conceito biológico de vida proposto por eles foi favorecido pelo universo cultural específico em que seus dados foram coletados, propiciando a manifestação de determinados gêneros de discurso.

A respeito do modo como as zonas do perfil são caracterizadas, destacamos a necessidade de representar o compartilhamento de compromissos epistemológicos e ontológicos entre diferentes zonas do perfil, explorando mais um dos aspectos heurísticamente mais poderosos do modelo, a identificação dos aspectos ontológicos e epistemológicos que podem constituir obstáculos para a compreensão do conceito em determinadas zonas de um perfil, em particular, para a compreensão de significados estáveis encontrados no discurso científico, eleitos como objetivos do ensino de ciências. Neste sentido, propusemos uma representação alternativa, apresentada na Figura 1.

Destacamos ainda a necessidade de explorar mais um segundo aspecto heurístico do modelo de perfis conceituais, estreitamente relacionado a peculiaridades históricas e epistemológicas da biologia. Um bom número de conceitos centrais desta ciência tem como característica um elevado grau de polissemia semântica, resultante de uma proliferação e variação de significados ao longo da história, como no caso, por exemplo, dos conceitos de gene (El-Hani, 2007) e adaptação (Burian, 1999; Sepúlveda; El-Hani, 2007). Tem sido reconhecido por muitos autores que a instituição de um significado fixo para os termos científicos, um projeto do positivismo, além de irrealizável, pode ser mesmo indesejável, uma vez que a polissemia semântica na ciência pode gerar uma produtividade retórica, ou mesmo conceitual (Keller; Lloyd, 1999). Contudo, tem sido observado que, em alguns contextos históricos, a variação conceitual, em lugar de ser heurística, tem dificultado a pesquisa (El-Hani, 2007). Além disso, ela pode explicar a origem ou permanência de concepções alternativas no ensino de ciências.

Argumenta-se, então, que é o caso de organizar a polissemia em torno de alguns conceitos da biologia, de modo a diminuir ambigüidades e confusões conceituais que dela advêm (Keller; Lloyd, 1999; El-Hani, 2007). El-Hani (2007), fundamentando-se no argumento de Weber (1999) de que leis biológicas podem ser compreendidas como enunciados que podem ser generalizados para domínios restritos de aplicação, propõe que, em lugar de buscar-se definições universais para conceitos biológicos, busque-se delimitar com clareza os domínios restritos de aplicação de diferentes definições para um mesmo conceito, dentro dos quais as definições tenham poder explicativo e validade (El-Hani, 2007, p.305). Esta proposta é inteiramente consistente com o modelo de perfis conceituais, que se apresenta como uma ferramenta adequada para a compreensão e organização da polissemia semântica em torno de um conceito, auxiliando-nos na identificação de significados estáveis. Para tanto, parece-nos relevante investirmos na caracterização das zonas com base nas noções bakhtinianas de gênero de discurso e linguagem social (Bakhtin/Volochinov, [1929]1992), o que já foi sugerida por Mortimer (2001) ao propor que as diferentes ‘formas de pensar’ representadas nas zonas de um perfil fossem relacionadas a diferentes ‘modos de falar’, para a estruturação de investigações da produção de novos significados em sala de aula.

#### REFERÊNCIAS:

- AMARAL, E.M.; MORTIMER, E.F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira em Educação em Ciências**, v. 1, n.3: 5-18.2001.
- AMARAL, E. M. R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações físicas e químicas e dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do ensino médio**. 2004. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- AMARAL, E; MORTIMER, E.F. Uma metodologia para estudar a dinâmica entre as zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula. In: SANTOS, F. M.T.; GRACA, I. M.R.. (Org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Injuí: Editora UNIJUÍ, 2006.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. São Paulo: Abril Cultural.p.1-87. (Coleção os Pensadores). 1984.
- BAKHTIN, M. (VOLOCHINOV, V.N.) (1929). **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. São Paulo: Hucitec, 1992.
- BISHOP, B.A. , ANDERSON, C.W. Student conception of natural selection and its role in evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 5 , pp.415-427.1990
- BURIAN, R.M. Adaptation: historical perspectives. In: KELLER, E. F.; LLOYD, E.(ed). **Keywords in evolutionary biology**. 4ed. Havard University Press. 1999.
- CHI, M. T. H. 1992. Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In: GIERE, R. N. (Ed.), **Cognitive models of science**. Minneapolis, MN: University of Minnesota press, 129-186.
- COUTINHO, F. A. **Construção de um perfil conceitual de vida**. 2005. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- COUTINHO, F.A; MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C.N. Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n.1, a5. 2007.
- EL-HANI, C. Between the cross and the sword: The crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, v.30, n.2,pp.297-307. 2007.
- EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. Multicultural Education, Pragmatism, and the Goals of Science Teaching. **Cultural Studies of Science Education**, vol. 2, n. 4, pp. 657-702. 2007.
- EMMECHE, C.; EL-HANI, C.N. Definindo vida. In: EL-HANI, C. VIDEIRA, A.A.P. (org.) **O que é vida?** Para entender a biologia do século XXI. Rio de Janeiro: Relume Dumará. 2000.pp.31-56.

FERRARI, M. ; CHI, M.T.H. The nature of naïve explanations of natural selection. **International Journal of Science Education**. , v. 20, n. 10, pp. 1231-1256, 1998

FUTUYMA, D.. *Biologia evolutiva*. Ribeirão Preto: SBG/CNPq. 1992.

GOULD,SJ.; VRBA, E.L. Exaptation – a missing term in science of form. **Paleobiology**, v.8, n.2, pp. 4-15, 1982.

KELLER, E. F.; LLOYD, E.(ed). **Keywords in evolutionary biology**. 4ed. Havard University Press. 1999.

LEVINS,R; LEWONTIN,R. **The dialectical biologist**. Cambridge: Haward University Press. 1985.

LEWONTIN,R. **A tripla hélice**. São Paulo: Companhia das Letras. 2002.

MAYR, E. **Toward a New Philosophy of Biology**. Cambridge: Harvard University Press. 1988.

MEYER, D. ; EL-HANI, C.N. **Evolução: o sentido da Biologia**. São Paulo: UNESP, 2005.

MORTIMER, E. F.. **Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais**. 1994. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education** v. 4, p. 267-285.1995.

MORTIMER, E. F.. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2000.

MORTIMER, E. F. Perfil Conceptual: formas de pensar y hablar en las classes de ciências. **Infância y Aprendizaje**, v. 24, n. 04, pp. 475-490, 2001.

SEPULVEDA, C; EL-HANI, C.N. Controvérsias sobre o conceito de adaptação e suas implicações para o ensino de evolução. **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Científica**. Florianópolis: ABRAPEC. 2007

SHTULMAN, A. Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. **Cognitive Psychology**, v. 52, p. 170-194. 2006

SOBER, E. **The Nature of selection: evolutionary theory in philosophical focus**. Chicago: The University of Chicago Press. 1993. 383p.

STERELNY, K.; GRIFFITHS, P. E. **Sex and death: An introduction to Philosophy of Biology**. Chicago: The University Chicago Press. 1999. 440p.

WERTSCH,J.V. **Vygotsky and the social formation of mind**. London: Havard University Press. 1985.

WEBER,M.The aim and structure of ecological theory. **Philos Sci**, v.66, pp.71-93. 1999.

---

<sup>1</sup> Foram abordados os períodos referentes aos seguintes eventos históricos: emergência da teologia natural britânica do século XVII, Lamarckismo (1797-1822), Darwinismo original (1859-1890), Eclipse do Darwinismo (1890-1920), teoria sintética da evolução (1930 até os dias atuais) e debates contemporâneos na biologia evolutiva (década de 1980 em diante).

<sup>2</sup> Esta população tem a característica de ser composta de alunos que não são oriundos das séries regulares do ensino fundamental, mas que ingressaram no ensino médio após um programa de aceleração, em que os 3º e 4º ciclos do ensino fundamental foram cursados no período de dois anos.

<sup>3</sup> A partir da análise de como as concepções acerca da relação organismo-ambiente estiveram historicamente implicadas na compreensão do processo evolutivo, Lewontin (2002) estabelece duas categorias em relação à noção de causalidade do processo evolutivo, controlado internamente e controlado externamente. Criticando tanto a visão da relação organismo-ambiente presente na concepção pré-moderna da natureza, que enfatizava a dimensão do organismo, como a visão do darwinismo moderno, que destaca o papel do ambiente, ele propõe uma terceira concepção, o “construcionismo”, que supõe uma relação mais dialética e complexa entre organismo e ambiente.

<sup>4</sup> Os processos por meio dos quais os organismos são gerados ao longo do desenvolvimento e a natureza das interações físicas entre as células restringem o repertório de formas produzidas no mundo vivo, e juntamente com a variação herdada dos ancestrais, regulam a diversidade de organismos variantes sob as quais à seleção natural pode atuar. Estas restrições constituem processos que enviam a distribuição das variações nas populações, e, assim, influencia a direção e velocidade do processo evolutivo.