Universidade Federal da Bahia
Universidade Estadual de Feira de Santana
Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências

Um olhar sobre a dinâmica discursiva em sala de aula de biologia do ensino médio no contexto do ensino da evolução biológica

Helenadja Mota Rios Pereira

Salvador – Bahia
2009

Helenadja Mota Rios Pereira

Um olhar sobre a dinâmica discursiva em sala de aula de biologia do ensino médio no contexto do ensino da evolução biológica

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS) como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

Orientador:
Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani

Salvador – Bahia
2009

P436 Pereira, Helenadja Mota Rios
Um olhar sobre a dinâmica discursiva em sala deaula de biologia do ensino médio no contexto do ensino da evolução biológica / Helenadja Mota Rios. – 2009.
167 f. : il.
Inclui anexos.
Orientador: Prof. Dr. Charbel Niño El- Hani.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia. Instituto de Física. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009.
1.Biologia – Estudo e ensino.2. Ciência – Estudo e ensino. 3. Evolução (Biologia) I. El-Hani, Charbel Niño. II.Universidade Federal da Bahia.Instituto de Física. Universidade Estadual de Feira de Santana.III. Título.

CDU- 573(07)

CDD – 574.07

TERMO DE APROVAÇÃO

Um olhar sobre a dinâmica discursiva em sala de aula de biologia do ensino médio no contexto do ensino da evolução biológica

Helenadja Mota Rios Pereira

APROVADA EM:__/__/____

BANCA EXAMINADORA

_____

Professor Doutor Charbel Niño El-Hani (UFBA)

_____

Professor Doutor Eduardo Fleury Mortimer (UFMG)

_____

Professora Doutora Maria Cristina Penido (UFBA)

Cada linha deste trabalho é dedicada com muito amor aos meus queridos filhos, Maria Beatriz e João Pedro, razões da minha vida e verdadeiros estímulos na busca dos meus objetivos, fazendo valer à pena toda a trajetória percorrida.

AGRADECIMENTOS

A dissertação que agora se apresenta é resultante de uma árdua trajetória. Ao longo desse caminho várias pessoas contribuíram para que este trabalho fosse concluído. A todas elas os meus sinceros agradecimentos.

Ao professor Dr Charbel Niño El-Hani, meu orientador pela paciência, dedicação e orientação criteriosa que norteou este trabalho.

À professora Claudia Sepulveda, pelo compartilhamento do trabalho de campo e por suas preciosas contribuições.

Ao Professor Dr. José Luis De Paula Barros Silva e professora Dra Maria Cristina Penido, pelos estímulos e sugestões no Exame de Qualificação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História da Ciência (UFBA/UEFS), por suas contribuições em minha formação acadêmica.

À professora e amiga Geilsa Baptista, pela oportunidade do estagio em docência na disciplina Estágio Supervisionado III – Ciências. Os ensinamentos compartilhados nessa prática contribuíram preciosamente para o desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES pelo incentivo ao desenvolvimento deste trabalho através de uma Bolsa de Mestrado.

À FAPESB, pelo apoio financeiro à pesquisa da qual se originaram os trabalhos analisados.

Aos professores e estudantes do colégio Marcílio Dias sem os quais este trabalho não seria realizado.

A minha amiga Claudia Elisa pelo incentivo e pelas significativas contribuições nos momentos difíceis da fase final dessa jornada.

A minha amiga irmã Patrísia Dourado, por compartilhar momentos de angústias e alegrias ao longo do desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram com sua amizade e com sugestões efetivas para a realização deste trabalho.

A toda a minha família pelo apoio e compreensão que me dedicaram.

Aos meus pais, pilares da minha existência.

Ao meu esposo Júnior, pelo incentivo constante, apoio, carinho e dedicação.

Aos meus filhos, Maria Beatriz e João Pedro, pelo amor e paciência durante os longos períodos de ausência dedicados a este trabalho.

Enfim, sou grata a todos aqueles que, direta ou indiretamente, acompanharam e contribuíram para que este trabalho se realizasse.

Não há saber mais ou saber menos. Há saberes diferentes.

Paulo Freire

RESUMO

PEREIRA, H. M. R. *Um olhar sobre a dinâmica discursiva em sala de aula de biologia do ensino médio no contexto do ensino da evolução biológica*. 2009. 167f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2009.

O presente trabalho trata da abordagem comunicativa usada por professores em salas de aula de ciências e sua relação com a construção dos significados por parte dos estudantes. O estudo está centrado em uma seqüência de ensino de evolução biológica, realizada em uma sala de aula do Ensino Médio de uma escola pública do Estado da Bahia. Nesse contexto, buscamos investigar a dinâmica discursiva ocorrida na sala de aula através de uma análise utilizando a ferramenta analítica desenvolvida por Mortimer e Scott (2002), que possibilitou caracterizar as formas como o professor interage com os estudantes nos seguintes aspectos: intenções do professor, conteúdo do discurso, abordagem comunicativa, padrões de interação e intervenções do professor. As análises apresentadas mostram a relevância da ferramenta teórico-metodológica desenvolvida por Mortimer e Scott (2002), para um entendimento do papel da linguagem na construção do conhecimento científico. Nas interações discursivas analisadas, foi possível perceber o desempenho do professor no espaço interacional da classe. Os cinco aspectos da ferramenta, quando utilizados no planejamento das aulas de Ciências, podem gerar no professor um novo olhar sobre a sua prática pedagógica, uma tomada de consciência de que não basta apenas transmitir as informações científicas da temática em estudo para assegurar a aprendizagem. Faz-se necessário, antes, criar um espaço interativo no qual diferentes visões de mundo acerca dos conteúdos que estão em pauta possam ser discutidas e, eventualmente, problematizadas, de modo a promover a elaboração conceitual pelos estudantes e a ampliação de seus modos de pensar e falar sobre os fenômenos em questão.

Palavras-chave: Ensino de ciências. Ensino de biologia. Ensino de evolução. Interações discursivas.

ABSTRACT

PEREIRA, H. M. R. *A glimpse on the discursive dynamics in a High School Biology classroom in the context of evolution teaching*. 2009. 167f. Master's thesis – Graduate Studies Program in History, Philosophy, and Science Teaching, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, Brazil, 2009.

The present work focuses on the communicative approach used by teachers in science classes as well as on its relationship with students' meaning making. The study is centered on a teaching sequence about evolution, and it was held in a High School setting, at a public school in the state of Bahia, Brazil. In this context, we investigate the discursive classroom dynamics by using an analytical tool developed by Mortimer and Scott (2002) as a means of characterizing the way the teacher interacts with their students while employing the teaching sequence. The following aspects of this interaction were described: the teacher's intentions, the discourse content, the communicative approach, the interaction patterns and the teacher's interventions. The analyses show the relevance of the theoretical/methodological tool developed by Mortimer and Scott (2002) for an understanding of the role of communicative approach role in meaning making in science classrooms. In the discursive interactions analyzed, it was possible to clarify several aspects of the teacher's performance in the interactional space of the classroom. The five aspects comprised by the tool, when used in planning science classes, can result in a new approach to teachers' pedagogical practice, taking into consideration that it is not a matter of simply transmitting the scientific information concerning the subject, but to engage students in meaning making in the classroom. It is necessary to create an interactive space in which different points of view concerning the subject being taught can be discussed and, eventually, problematized, so as to promote conceptual elaboration by the students and the broadening of their ways of thinking and talking about the phenomena at stake.

Keywords: Science teaching. Biology teaching. Evolution teaching. Discursive interactions.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Movimentação discursiva no contexto da sala de aula.....	56
FIGURA 2	Posição da filmadora na sala de aula focalizando a professora.....	60
FIGURA 3	Posição da filmadora na sala focalizando os estudantes.....	60
FIGURA 4	Arrumação normal da sala de aula.....	62
FIGURA 5	Arrumação da sala de aula durante a intervenção.....	63
FIGURA 6	Prancha usada para ilustrar a camuflagem do louva-a-deus.....	82

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	A ferramenta analítica construída por Mortimer e Scott (2002).....	50
QUADRO 2	Intenções do professor numa seqüência de ensino.....	50
QUADRO 3	Classes de abordagem comunicativa.....	53
QUADRO 4	Funções dos textos.....	53
QUADRO 5	Intervenções do professor no contexto da sala de aula.....	55
QUADRO 6	BLOCO I: Variabilidade genética e herança biológica.....	69
QUADRO 7	BLOCO II: Conceito darwinista de adaptação, seleção natural e mudanças evolutivas.....	70
QUADRO 8	Mapa de eventos da aula ministrada no dia 25/07/2006.....	73
QUADRO 9	Mapa de eventos da aula ministrada no dia 14/09/2006.....	74
QUADRO 10	Episódio de ensino: explorando idéias a respeito da adaptação.....	75
QUADRO 11	Episódio de ensino: explorando idéias a respeito da adaptação.....	79
QUADRO 12	Análise dos aspectos discursivos da professora baseada na ferramenta de Mortimer e Scott (2002).....	81
QUADRO 13	Episódio de ensino: questionando a adaptação biológica.....	83
QUADRO 14	Análise dos aspectos discursivos da professora baseada na ferramenta de Mortimer e Scott (2002).....	85
QUADRO 15	Análise dos aspectos discursivos da professora baseada na ferramenta de Mortimer e Scott (2002).....	86
QUADRO 16	Episódio “questionando a seleção natural”.....	89
QUADRO 17	Análise dos aspectos discursivos da professora baseada na ferramenta de Mortimer e Scott (2002).....	90
QUADRO A1	Obstáculos Epistemológicos e Ontológicos à compreensão do pensamento darwinista e diretriz para o ensino do conceito darwinista de adaptação.....	126

SUMÁRIO

1 A ORIGEM DO ESTUDO..... 14

1.1 Objetivos..... 22

1.2 Estrutura do Trabalho..... 22

2 O ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA..... 24

2.1 Concepções de Professores e Estudantes sobre a Teoria da Evolução Biológica Darwinista..... 28

3 A LINGUAGEM E OS ASPECTOS SOCIOCULTURAIS DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS..... 35

3.1 Vygotsky e a Formação de Conceitos..... 39

3.1.1 Conceitos Científicos e Conceitos Espontâneos..... 41

3.1.2 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)..... 43

3.2 A ABORDAGEM BAKHTINIANA..... 44

3.2.1 Enunciação..... 44

3.2.2 Bakhtin e os Gêneros do Discurso..... 46

4 UMA FERRAMENTA SOCIOCULTURAL PARA ANALISAR E PLANEJAR O ENSINO..... 48

5 PERCURSO METODOLÓGICO..... 58

5.1 A Escola, os Estudantes e a Professora..... 61

5.2 A Seqüência Didática..... 66

6 ENTRANDO NA SALA DE AULA ATRAVÉS DE EPISÓDIOS DE ENSINO: o contexto da dinâmica discursiva..... 71

6.1 Mapa de Eventos..... 72

6.2 Analisando Episódios de Ensino à Luz da Estrutura Analítica de Mortimer e Scott..... 77

6.2.1 Episódio 1 – “explorando idéias a respeito da adaptação”..... 78

6.2.2 Episódio 2 – “questionando a adaptação biológica”..... 81

6.2.3 Episódio 3 – “questionando a seleção natural”..... 87

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 93

REFERÊNCIAS..... 97

ANEXOS..... 120

Anexo I Seqüência Pedagógica..... 121

Anexo II Termo de Consentimento..... 149

Anexo III Roteiro e Cenários Utilizados nas Entrevistas..... 150

Anexo IV Pranchas Coloridas: Exemplos de Adaptação Biológica..... 154

Anexo V Apostila Darwin e a Seleção Natural: Explicações para Adaptação e Origem das Espécies..... 155

Anexo VI Pranchas: História do Pensamento Evolucionista..... 163

Anexo VII Questionário..... 165

I

A ORIGEM DO ESTUDO

O presente trabalho trata da abordagem comunicativa usada por professores em salas de aula de Ciências e de sua relação com a construção dos significados por parte dos estudantes. O estudo está centrado em uma seqüência de ensino que se ocupa de conteúdos de genética e evolução, realizada em uma sala de aula de uma escola pública do Estado da Bahia. Nesse contexto, demos especial atenção à investigação de como tiveram lugar as interações discursivas nesta seqüência de ensino, examinando se e como ela criou condições de possibilidade para a construção de uma compreensão do conhecimento científico por parte dos estudantes. Esteve também no foco de nosso estudo examinar as relações entre o conhecimento científico e as visões de mundo diferentes do ponto de vista científico que emergiram no ambiente multicultural da sala de aula, durante os episódios de ensino.

A escolha de um tema para um trabalho acadêmico geralmente está relacionada com a trajetória de vida de quem irá realizar a pesquisa e, nesse sentido, é importante destacar que o interesse por pesquisar este tema resultou da minha própria experiência docente. A atitude negativa dos estudantes em relação à disciplina Biologia, conforme observado por mim em sala de aula, sempre foi uma das minhas inquietações.

Krasilchik (1986) discute algumas razões para essa atitude negativa, como, por exemplo, a dificuldade de compreender o vocabulário das Ciências Biológicas, que, em muitos casos, ocupa o foco do ensino de Biologia. Este tem sido, afinal, freqüentemente marcado por grande número de palavras desconhecidas, tornando difícil para os estudantes acompanhar o desenvolvimento das aulas e compreender a relevância dos conteúdos estudados para suas vidas, tanto em termos pessoais como sociais. Isso faz com que muitos estudantes pensem que a Biologia se restringe a um amontoado de nomes de plantas, animais, órgãos, tecidos, substâncias químicas etc., que devem ser memorizados, sendo raramente sistematizados em corpos de conhecimento coerentes e férteis para a compreensão de si mesmo e do mundo ao seu redor. Não raro, no desenvolvimento das atividades durante as

minhas aulas, encontrava estudantes que reclamavam dos termos esdrúxulos pertinentes à disciplina, mesmo que, no decorrer de tais atividades, a etimologia das palavras fosse trabalhada. Sempre reclamavam dos nomes semelhantes, nos quais mudavam apenas os prefixos, e por muitas vezes ouvi estudantes exclamando que odiavam a Biologia.

Outra razão apontada por Krasilchik (1986) para a atitude negativa dos estudantes frente ao ensino de Biologia reside na natureza das interações entre os professores dessa disciplina escolar e os estudantes, que tendem a ser excessivamente centradas no professor. Nessas interações, o professor ocupa a maior parte do tempo com exposições e o restante fica preenchido, em boa parte, por períodos de confusão e silêncio. A fala dos estudantes, quando acontece, é tipicamente dirigida a pedidos de esclarecimento sobre as tarefas que devem executar. Além disso, há carência de aulas práticas e mesmo de demonstrações na maioria das aulas de Biologia, o que torna o foco do ensino dessa disciplina, muitas vezes, centrado apenas no trabalho com textos e nas observações de figuras presentes em livros didáticos.

A partir da observação dessas atitudes negativas em minha própria sala de aula, fiquei motivada a enfrentar o desafio de despertar nos educandos uma melhor compreensão das teorias, dos modelos e dos conceitos científicos, em particular no campo da Biologia, bem como da importância destes para sua formação como cidadãos críticos, participativos e responsáveis. Essa motivação foi elemento central na minha prática docente e explica, em parte, o direcionamento da minha trajetória para a formação em um mestrado voltado ao Ensino de Ciências. Contudo, um episódio ocorrido durante a minha prática docente foi o estopim para o meu envolvimento com o projeto de mestrado do qual resultou essa dissertação.

Este episódio ocorreu em uma das minhas turmas de Biologia do Ensino Médio do Colégio Central da Bahia, pertencente à Rede Estadual de Ensino, em Salvador. No ano de 1996, eu estava ministrando uma aula sobre a origem e a evolução das espécies para uma turma do 1º ano do Ensino Médio, quando fui abordada de forma intempestiva por um estudante que questionava a veracidade das explicações científicas sobre esses tópicos. Tratava-se de um estudante criacionista, que não somente questionava as explicações evolucionistas a partir de seu conhecimento bíblico, como também manifestava sua recusa em compreender a teoria darwiniana da evolução. Além de expor aos gritos suas idéias contrárias, ele utilizava gestos teatrais, erguendo uma Bíblia como se estivesse pregando, em uma atitude que considerei proselitista.

Essa circunstância impossibilitou que eu continuasse a aula ou até mesmo enfrentasse aquela situação conflituosa de uma forma mais dialógica, discutindo-a com o estudante e seus colegas. Aquela foi uma situação para a qual eu não estava preparada, uma vez que até então sempre havia explanado aqueles tópicos sem enfrentar contestações dessa natureza. Essa experiência serviu como mais uma motivação para que eu buscasse uma formação que me permitisse enfrentar situações dessa natureza.

Razera e Nardi (2001) pesquisaram as representações[1] de um grupo de professores de Biologia em relação à controvérsia entre evolução e criação, no contexto do ensino dessa disciplina escolar. Em particular, esses autores estavam interessados nas atitudes daqueles docentes frente às questões éticas suscitadas por essa controvérsia, geradas pela natureza polêmica do tema. A partir da análise de dados obtidos por meio de entrevistas com os docentes, os autores concluíram que os professores se encontravam despreparados para trabalhar com essas controvérsias, uma vez que não conseguiam enfrentar as discussões acerca das relações entre religião e ciência. Esse trabalho me mostrou que o mesmo despreparo que experimentei, no episódio descrito anteriormente, era também enfrentado por outros docentes, o que reforçou em mim a percepção da importância de estudar esse problema e dedicar-me a obter um maior preparo para lidar com ele.

Freqüentemente, nós, professores, planejamos nossas aulas sem nos darmos conta dos conhecimentos prévios dos estudantes. No caso do ensino da evolução, é bastante comum encontrarmos idéias criacionistas em meio a este conhecimento prévio, com o potencial de gerar polêmicas, como relatado anteriormente, no contexto da sala de aula. Minha própria experiência e estudos como o de Razera e Nardi (2001) mostram que, quando nos deparamos com esses conflitos, em geral, não estamos preparados para lidar com eles. Normalmente, não sabemos como gerenciar tais conflitos de modo a transformar as próprias contestações e discussões que surgem em oportunidades de ensino e aprendizagem, e, conseqüentemente, potencializar um processo de negociação de significados, o qual é fundamental para que os estudantes possam engajar-se na busca da compreensão das idéias científicas em questão.

O professor Arlindo Costa (2004), em seu livro “Vivências Pedagógicas em Sala de Aula”, menciona uma experiência semelhante àquela que vivenciei ao ensinar evolução. Ele relata que, ao ensinar a teoria da evolução em uma turma de 1º ano do Ensino Médio, propôs

[1] Os autores entendem ‘representações’ segundo o léxico, simplesmente como uma exposição oral ou escrita daquilo que uma pessoa pensa. É evidente que este modo de compreender as representações pode ser objeto de discussão, mas fugiria ao escopo desse trabalho adentrar qualquer debate a este respeito.

um estudo comparativo sobre criacionismo e evolucionismo, mas, durante tal atividade, alguns estudantes evangélicos elaboraram um abaixo-assinado para que ele deixasse as aulas, já que deixara explícita a sua posição evolucionista. Diante da resistência de outros estudantes à saída do professor, os estudantes evangélicos passaram a levar a Bíblia para a sala de aula e discuti-la isolados do restante da turma. Um deles chegou a chamar o professor de "Costa Torquemada" (em alusão ao célebre inquisidor espanhol). Em resposta a este posicionamento, o professor mudou sua forma de abordar o assunto, exibindo o filme "O vento será tua herança", que trata do julgamento do professor de Biologia John Thomas Scopes, em Dayton, Tennessee, no ano de 1925. Trata-se do primeiro julgamento sobre o ensino da evolução ocorrido na história. A partir de artigos de jornais e revistas, Arlindo Costa dividiu a turma em dois grupos, um com estudantes que acreditavam no evolucionismo e outro com estudantes criacionistas. Segundo Costa (2004), o resultado obtido foi excelente em termos da aprendizagem dos estudantes. No final do 3º ano, ao despedir-se da turma, chamou uma estudante remanescente do grupo criacionista e pediu-lhe desculpas, ainda que tardiamente, por ter provocado um conflito quanto à sua forma de ver o mundo. A surpresa foi ter recebido um abraço e as seguintes palavras da estudante: "*Professor*, *você me ensinou a ver com* '*outros olhos*'." Ele destaca, ainda, como esse fato foi marcante em sua carreira de professor.

Ao problematizar as relações entre educação científica e cultura, El-Hani e Sepulveda (2006) resgatam o debate entre universalistas epistemológicos e multiculturalistas. Os universalistas epistemológicos, como Williams (1994), Matthews (1994a) e Siegel (1997), defendem que a ciência é um corpo de práticas e de conhecimentos com caráter universal, que não poderia, portanto, ser ensinada em termos multiculturais. Os multiculturalistas, como Ogawa (1995), Pomeroy (1992), Stanley e Brickhouse (1994; 2001), e Snively e Corsiglia (2001), consideram o universalismo uma posição que conduz a uma política de exclusão e se mostra incorreta do ponto de vista filosófico, moral e político.

Segundo El-Hani e Sepulveda (2006), os multiculturalistas muitas vezes assumem uma posição epistemológica relativista, ao propor como estratégia a inclusão de outras formas de conhecimento no currículo de Ciências, além do conhecimento científico ocidental moderno, ampliando, assim, o conceito de ciência. Nesse debate, estes autores defendem uma posição intermediária embasada no pluralismo epistemológico, conforme proposto por Cobern e Loving (2001) Esse posicionamento é contrário ao tratamento relativista de todas as formas de conhecimento serem consideradas modalidades da Ciência, eles preferem conservar este termo para o modo de conhecimento das sociedades ocidentais modernas. Não há uma

defesa a superioridade epistêmica da ciência ocidental moderna, mas a pertinência da demarcação de outras formas de conhecimento oriundas de outros contextos sociais. Para os autores se os conhecimentos tradicionais passassem a ser avaliadas sob os critérios da ciência ocidental moderna, deixariam de ser valorizadas por seus próprios méritos e por critérios de validação que são próprios do contexto epistemológico no qual foram geradas. Nesse contexto o pluralismo epistemológico reconhece as diferentes formas de conhecer a natureza e das diferenças e discordâncias que apresentam no que consideram "verdade" (EL-HANI; SEPÚLVEDA, 2006).

El-Hani e Sepulveda (2006) destacam, ainda, a possibilidade de combinar o pluralismo epistemológico com o modelo de mudança de perfis conceituais, proposto por Eduardo Fleury Mortimer (1993, 1994, 1995, 2000). Esse modelo foi proposto por Mortimer para a análise da evolução conceitual em sala de aula, com base na idéia de que um indivíduo pode apresentar diferentes visões sobre um mesmo conceito, podendo utilizar diferentes formas de pensar e modos de falar em diferentes domínios de conhecimento. Assim, a construção de novas idéias no contexto da sala de aula poderia ocorrer sem uma substituição das idéias prévias dos estudantes. Dessa forma, esse modelo se mostra potencialmente importante para tratar situações nas quais são prováveis conflitos entre idéias científicas e idéias prévias dos estudantes, fortemente vinculadas ao seu modo de ver o mundo. No ensino de Biologia, essas situações são freqüentes na abordagem de idéias científicas sobre a origem da vida e a evolução das espécies, tal como vivenciei em sala de aula.

El-Hani e Sepulveda (2006) também salientam que, para aprender Ciências no contexto multicultural[2] das salas de aula de Ciências, os estudantes precisam transitar de sua cultura primeira para a cultura científica, a qual é, para a maioria dos estudantes, uma segunda cultura. Esse processo tem sido chamado, por autores vinculados às perspectivas antropológicas e sócio-culturais sobre o Ensino de Ciências, de "cruzamento de fronteiras culturais" (OGAWA, 1986; COBERN, 1995; JACKSON et al., 1995; AIKENHEAD, 1997; SNIVELY; CORSIGLIA, 2001) ou "enculturação" (COSTA, 1995; AIKENHEAD, 1996; COBERN e AIKENHEAD, 1998; MORTIMER, 2000). Então, diante de possíveis conflitos em sala de aula que possam surgir entre as várias culturas e crenças que os alunos possuem, é essencial que a mediação dos professores no processo de construção do conhecimento científico leve em conta a heterogeneidade dos modos de pensar e falar em sala de aula, sem

[2] Consideramos o contexto das aulas de Ciências multicultural em vista da grande probabilidade de encontrarmos ali estudantes com uma diversidade de visões de mundo.

perder de vista, contudo, os objetivos do Ensino de Ciências, que, seguindo a El-Hani e Mortimer (2007), entendemos como sendo a compreensão das teorias, dos modelos e dos conceitos científicos (EL-HANI; MORTIMER, 2007).

Em busca de referenciais teórico-metodológicos que me permitissem enfrentar de modo mais seguro e produtivo situações de conflitos entre visões de mundo distintas em minha sala de aula, procurei o Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas, do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia. Minha entrada no grupo possibilitou não somente uma atualização da minha prática pedagógica, como também a oportunidade de participar do projeto "Educação Científica no Contexto Multicultural do Estado da Bahia: Desenvolvimento e Avaliação de Estratégias de Ensino para Alfabetização Científica com Respeito à Diversidade Cultural", apoiado pela FAPESB e coordenado pelo Prof. Dr. Charbel El-Hani. Essa participação foi o ponto de partida para que esta pesquisa de mestrado tomasse forma, além de um grande incentivo para participar da seleção de ingresso no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS).

Esse projeto de pesquisa teve como um dos principais objetivos elaborar e testar uma seqüência de ensino que possibilitasse criar condições para a promoção de uma compreensão pelos estudantes das explicações evolucionistas para a origem da diversidade biológica, dentro de uma perspectiva multicultural. Durante essa investigação, foi possível perceber a importância da análise das interações discursivas que se estabelecem nas salas de aula de Ciências, ao longo do processo de construção de uma compreensão do conhecimento científico escolar pelos estudantes (MORTIMER; e MACHADO, 1997; MORTIMER e SCOTT, 2002; SILVA e MORTIMER, 2005). Essa percepção nos levou, então, a decidir pelo foco do presente trabalho, que busca investigar a natureza das interações discursivas entre alunos e professores, bem como a construção dos significados, em episódios de ensino de evolução.

Estudos baseados em variadas tendências da análise do discurso emergiram, nos últimos anos, como uma nova corrente e agenda de pesquisa na área de Ensino de Ciências, como podemos ver em um estudo realizado por Mortimer e Scott (2002), que consideram as interações discursivas constituintes da produção de significados na sala de aula. Os autores evidenciam a importância da análise das interações discursivas estabelecidas na sala de aula de ciências para o processo da construção de uma compreensão do conhecimento científico pelos estudantes.

Para Martins (2006), esse novo foco de pesquisa é sustentado por quadros teóricos que valorizam as relações da ciência, bem como de seu ensino e de sua aprendizagem, com a cultura e seus processos de mediação simbólica. Nesse campo, os resultados das investigações vão além de descrições da natureza e do conteúdo das idéias que os sujeitos possuem, passando a discutir os processos pelos quais essas idéias são propostas, negociadas, defendidas e questionadas no discurso, incluindo as próprias interações discursivas por meio das quais os dados da pesquisa são produzidos. Nessa perspectiva, as interações sociais são consideradas essenciais para a aprendizagem, para a constituição dos sujeitos e para a construção de sentidos em termos gerais. Além disso, essas interações devem ser entendidas em escala tanto global quanto local, na sua relação com contextos histórico-sociais e com as ferramentas culturais disponíveis para uma determinada comunidade, como a linguagem e outros sistemas simbólicos de representação.

Para Lemke (1998), as investigações sobre as interações discursivas conduzem a uma visão do ensino e da aprendizagem de Ciências como processos que envolvem uma segunda socialização ou "enculturação" dos estudantes. Assim, as interações discursivas recebem maior atenção, na medida em que é considerada a dimensão sociocultural nos processos de construção de significados que ocorrem na sala de aula de Ciências. Essa é uma visão bastante diferente das concepções que tratam o ensino como transmissão de conhecimentos ou a aprendizagem como um processo de desenvolvimento cognitivo autônomo.

As contribuições das teorias de Vigotski e Bakhtin são consideradas, por muitos autores (FREITAS, 1994; REGO, 1995; WERTSCH, 1998; EMERSON, 2002) fundamentais para a investigação do papel da linguagem e das interações discursivas na sala de aula. De fato, percebendo a necessidade de melhor compreender como as interações discursivas e a dinâmica social da linguagem no espaço da sala de aula se relacionam com a elaboração conceitual pelo estudante, vários grupos de investigação vêm buscando novas interpretações para os construtos de Vigotski e um aprofundamento de seus conceitos de "interação", "internalização" e "zona de desenvolvimento proximal", por meio das teorias enunciativas da linguagem do ciclo de Bakhtin (WERTSCH; SMOLKA, 2001; ROJO, 2000, 2001).

Rego (1995) aponta que, na perspectiva de Vigotski, construir conhecimentos implica uma ação partilhada, já que é através do outro que as relações entre sujeito e objeto do conhecimento são estabelecidas. De acordo com a autora, a abordagem vigotskiana sugere um redimensionamento do valor das interações sociais no contexto escolar (em particular, entre estudantes e professores). Estas interações passam a ser entendidas como condição necessária

para a construção de conhecimentos por parte dos estudantes. São destacados, sobretudo, os padrões de interação que permitem o diálogo, a cooperação e a troca de informações mútuas, bem como o confronto de pontos de vistas divergentes, implicando uma divisão de tarefas, na qual cada um tem sua responsabilidade pelo percurso das interações. Dessas interações, poderá resultar o alcance de um objetivo comum (no caso do Ensino de Ciências, a compreensão das idéias científicas), cabendo ao professor o papel de não somente permitir que tais interações ocorram, como também de ativamente promovê-las no cotidiano das salas de aula.

Dentro da perspectiva multicultural das salas de aula é necessário que as interações discursivas contemplem o diálogo entre diferentes visões de mundo presentes no contexto de cada sala, enriquecendo, assim, o processo educacional e permitindo que a busca do objetivo comum do ensino de ciências, a saber, a compreensão das idéias científicas, possa ocorrer sem que conflitos de visão de mundo possam vir a constituir obstáculos intransponíveis. A abordagem construída pelo professor Arlindo Costa (2004), diante dos conflitos em sua sala de aula, pode ser interpretada como uma tentativa bem sucedida de estabelecer tal diálogo, logrando sucesso na aprendizagem dos estudantes sobre as idéias científicas. Para que o processo de compreensão do conhecimento se torne possível na sala de aula, Macedo e Mortimer (2000) destacam, que é fundamental que o professor permita que os estudantes coloquem contra-palavras às suas palavras, dialogando com eles, possibilitando a inter-animação das vozes e, conseqüentemente, a geração de novos significados a partir das interações. Para existir esse compartilhamento de idéias, deve existir um espaço para que os estudantes expressem as suas idéias, o seu posicionamento em relação ao conhecimento que está por ser construído. Torna-se importante, ainda, discutir como deve ter lugar a avaliação do sucesso ou insucesso da aprendizagem dos estudantes, enfrentando a questão de como avaliar a compatibilidade entre os novos significados, que emergem nas interações em sala de aula, e o conhecimento que deve ser construído, de acordo com os objetivos do ensino.

1.1 OBJETIVOS

A partir dos referenciais expostos na seção anterior, o projeto de pesquisa do qual esta dissertação resultou teve como propósito mais geral compreender como diferentes dinâmicas de interações discursivas podem auxiliar na construção de significados em sala de aula, no contexto do ensino de evolução. Assim, buscamos investigar a dinâmica discursiva ocorrida em aulas de evolução biológica do Ensino Médio, realizadas com base em uma seqüência de ensino (Anexo I) elaborada no percurso do projeto e testada no contexto multicultural de uma sala de aula de uma escola pública do estado da Bahia. Procuramos, ainda, trabalhar as implicações da dinâmica discursiva estabelecida para a construção, pelos estudantes, de uma compreensão do conhecimento científico escolar sobre evolução. A análise das interações discursivas em sala de aula foi conduzida mediante a utilização de ferramenta analítica construída por Mortimer e Scott (2002). Demos especial atenção a possíveis conflitos entre visões de mundo ocorridas na sala de aula, tendo como pano de fundo a controvérsia evolução-criação, que tem nutrido, em diversos países, inclusive no Brasil, preocupações de educadores e pesquisadores comprometidos com perspectivas multiculturalistas.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação foi estruturada em sete capítulos, cujos conteúdos sumariamos abaixo, de modo a permitir que o leitor tenha, desde o início, uma visão geral do conjunto dos argumentos.

No Capítulo II, tratamos das dificuldades relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem da evolução biológica e de suas peculiaridades, conjuntamente com algumas concepções sobre evolução biológica de professores e estudantes, de acordo com estudos disponíveis na literatura.

No Capítulo III, discutimos o papel da linguagem e das interações discursivas no Ensino de Ciências, destacando as contribuições das teorias de Vigotski e Bakhtin para o entendimento da construção de conhecimento pelos estudantes na sala de aula a partir da perspectiva histórico-cultural.

No Capítulo IV, apresentamos a ferramenta de análise e planejamento de Mortimer e Scott (2002), tal como idealizada pelos respectivos autores. Essa ferramenta constituiu a base da análise das interações discursivas e do planejamento da seqüência didática das aulas analisadas. Pela sua relevância na estrutura do trabalho decidimos colocá-la num capítulo a parte.

No Capítulo V, abordamos o percurso metodológicos do estudo, apresentando o contexto da pesquisa, os sujeitos e os procedimentos relativos à coleta e à análise dos dados.

No capítulo VI, apresentamos os resultados obtidos no presente estudo através das análises de episódios de ensino de evolução biológica à luz da ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002).

Por fim, no Capítulo VII, expomos as considerações finais a respeito das conclusões que o estudo realizado possibilitou estabelecer.

II

O ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

A Evolução biológica afeta [...] *quase todos os outros campos do conhecimento e deve ser considerado um dos conceitos mais influentes do pensamento ocidental*.

Futuyma (1992, p. 16)

O ensino da evolução biológica tem como objeto a compreensão das teorias e dos conceitos construídos pela biologia evolutiva. De acordo com Futuyma (1992), a evolução biológica é definida como o processo responsável pela mudança das características hereditárias de grupos de organismos, populações e espécies, ao longo das gerações.

A razão pela qual escolhemos a evolução biológica como foco desse trabalho de dissertação reside no fato de ela ser um dos conteúdos mais controversos e mal compreendidos no Ensino de Ciências (BIZZO, 1991; PACHECO; OLIVEIRA, 1997; SANTOS; BIZZO, 2000; ALTERS; NELSON, 2002; SANTOS, 2002; PIOLLI; DIAS, 2004). Além disso, a evolução biológica é considerada o eixo central da Biologia, Theodosius Dobzhansky (1973) deixou registrado: "*Nada na Biologia faz sentido exceto à luz da evolução*." Tidon e Lewontin (2004) destacam que o estudo da Evolução biológica possibilita a integração da Biologia com outras áreas do conhecimento, como Sociologia, Geologia, Filosofia, Matemática e Ciências da Computação, entre outras. Como destacam Meyer e El-Hani (2005), não é apropriado tratar a evolução como somente mais um conteúdo a ser ensinado, lado a lado com outros conteúdos quaisquer abordados nas salas de aula de Biologia. A razão reside precisamente em que as idéias evolutivas têm um papel central, organizador do pensamento biológico, e se mostram, pois, indispensáveis para a compreensão apropriada da grande maioria dos conceitos e das teorias encontradas nas Ciências Biológicas.

Um exemplo que podemos dar e que justifica essa razão, de acordo com os autores, é o surgimento da resistência de bactérias a antibióticos. Os autores explicam que para

compreender esse fenômeno é necessário entender que ele surgiu a partir da evolução por seleção natural das populações bacterianas. Nesse caso, para entendermos, tentarmos diminuir ou impedir a proliferação de bactérias resistentes dependemos de um entendimento de como o processo evolutivo ocorre.

A evolução biológica também é eleita como eixo integrador do currículo de Biologia pelas Diretrizes Curriculares para o curso de Ciências Biológicas, que consideram: “Os conteúdos básicos deverão englobar os conhecimentos biológicos e das áreas das ciências exatas, da terra e humanas, tendo a evolução como eixo integrador.” (BRASIL, 2001, p. 5).

De acordo com Cicilline (1997), a abordagem da teoria da evolução biológica como eixo norteador do ensino de Biologia possibilitaria articulações de conhecimentos biológicos que são trabalhados de modo desconexo, mostrando coerência nas relações entre os organismos vivos e integrando os distintos conhecimentos produzidos por outros ramos da Biologia, como a Sistemática e a Morfologia, entre outros. Além do mais, segundo a autora, essa abordagem unificadora evitaria um tratamento reducionista dos sistemas vivos, em termos puramente físico-químicos e matemáticos.

Apesar de este caráter unificador da evolução biológica ser destacado nas Diretrizes Curriculares, Pacheco e Oliveira (1997) assinalam que, nas salas de aula de Biologia, esse status é pouco ou nada levado em conta. Acreditamos ser relevante traçar, no ensino de Biologia, estratégias pedagógicas que considerem esse caráter integrador do tema evolução biológica, visando a uma melhor compreensão não somente desse tema, mas da biologia como um todo.

Outros fatores apontam para problemas no processo do ensino e aprendizagem da evolução biológica, tais como concepções inadequadas sobre a natureza da ciência, influências religiosas, natureza controversa do tema, o que faz com que professores o evitem, além de outros. O resultado global é que a evolução é mal compreendida tanto por professores, quanto por alunos de Biologia.

Entre os problemas envolvendo o ensino da evolução biológica, destaca-se o conflito gerado no confronto com a visão de mundo religiosa dos estudantes, quando o professor apresenta a visão científica sobre evolução. Como no caso da experiência pessoal que relatei acima, esta é uma ocorrência muito usual, que os professores têm grande dificuldade para enfrentar na sala de aula. A complexidade do tema exige um preparo do professor para mediar tais conflitos.

De acordo com Alters e Nelson (2002), na década passada, a comunidade de pesquisadores em ensino de ciencias aumentou consideravelmente sua atividade de investigação sobre o ensino e a aprendizagem da evolução. Muitas investigações sobre o ensino da evolução têm considerado a limitada compreensão pública sobre o assunto um problema, mostrando que há ainda muito a avançar nas práticas de ensino e na investigação sobre a aprendizagem neste campo do conhecimento (DAGHER; BOUJAOUDE, 1997; ABD-EL-KHALICK; BELL; LEDERMAN, 1998; BIANCHINI; COLBURN, 2000; RAZERA; NARDI, 2001; ALTERS; NELSON, 2002).

Nos Estados Unidos, as discussões sobre o ensino da evolução nas salas de aula geralmente giram em torno das relações com as religiões cristas. Organizações anti-evolucionistas, que buscam solapar o ensino da evolução, como o Creation Science Research Center (CSRC, Centro de Pesquisa da Ciência da Criação), tomou a linha de frente das organizações criacionistas, já tendo conseguido aprovar em alguns estados norte-americanos leis proibindo o ensino de evolução ou exigindo que os livros escolares incluíssem a advertência de que “a origem e criação do homem e seu mundo não é um fato científico.” Vale ressaltar que uma série destas leis já foram revogadas (NUMBERS, 1992). Outra estratégia criacionista tem sido a de propor uma abordagem do criacionismo e do evolucionismo com tempos e ênfases iguais, com base na idéia de que o criacionismo seria uma teoria alternativa ao evolucionismo e, assim, deveria ser estudado nas escolas com o mesmo estatuto científico deste último.

Os movimentos anti-evolucionistas estão presentes não só em países protestantes, como é o caso dos Estados Unidos. Segundo Cunha (2004), em fevereiro de 2004, o Ministério da Educação da Itália, um país predominantemente católico, excluiu dos currículos escolares o ensino da teoria da evolução. Isso pode ser surpreendente, já que o Papa João Paulo II acatou validade a evolução biológica como uma teoria cientifica.

Nos Estados Unidos os problemas, no ensino de evolução, relacionados à religião estão fortemente presentes. Aqui no Brasil, esses problemas vêm ganhando um relevante espaço. O enraizamento das idéias criacionistas científicas em nosso país, bem como o intercâmbio de brasileiros protestantes com instituições norte-americanas, como aquela mencionada anteriormente, levou à fundação da Sociedade Criacionista Brasileira (SCB), em 1972, e da Associação Brasileira de Pesquisas da Criação (ABPC), em 1979. Essas associações fomentam o debate sobre o criacionismo científico no nosso país, realizando eventos e conferências, bem como publicando jornais e materiais educativos criacionistas.

A SBC fornece no seu *site*[3] informações para as escolas da educação básica implantarem centros escolares de estudos criacionistas. Elas incluem roteiros para a instalação de bibliotecas e museus, títulos de livros, apostilas, artigos de jornais e revistas, DVDs etc. Além dessas informações, a SCB disponibiliza kits temáticos, – que de acordo com o *site* estão relacionados à controvérsia Criacionista/evolucionista e podem integrar acervos dos Centros Escolares de Estudos Criacionistas, tanto pelo seu caráter didático quanto pelo seu valor ilustrativo e que chamam a atenção para importantes princípios da Ciência e seu inter-relacionamento e confronto com as teses evolucionistas.

Segundo o *site* da ABPC[4], os criacionistas têm sido confrontados nas escolas e universidades pelo pensamento evolucionista, isso gera um conflito interno nos estudantes, uma vez que, como se destaca no *site*, criação e evolução são modelos incompatíveis, que transitam em sentidos opostos. Mas, segundo as informações do *site*, os criacionistas devem se preparar para verificar que tal conflito não existe e que, de fato, só o modelo criacionista explica a realidade acerca das nossas origens. Além disso, a teoria da evolução darwinista é colocada como pseudociência para os criacionistas.

Acreditamos que a disponibilidade de tais informações na internet, um veículo de amplo acesso e divulgação, traz mais preocupação para o professor ao abordar a teoria da evolução darwinista nas suas aulas de Biologia. Trabalhar o que realmente é a ciência e descrever o campo do conhecimento científico, explicando a natureza desse conhecimento, se faz necessário para que os estudantes possam distinguir as diferentes formas de pensar o mundo que os cerca.

Mortimer (1995) alerta para o fato de que os estudantes devem ter a oportunidade de ampliar seu universo cultural, sendo levados a refletir sobre as interações entre as duas culturas[5]: a cultura cotidiana e a científica. Contudo, essa ampliação deve ser efetivada, segundo este autor, de maneira a não subestimar o status dos conceitos cotidianos, em detrimento dos conceitos científicos em construção, devendo, portanto, haver uma análise consciente das suas relações. Acreditamos que desenvolver essa análise consciente é um processo longo e árduo, que passa primeiro pela ampliação do universo cultural do professor e

[3] http://www.scb.org.br/.
[4] http://abpc.impacto.org/intro1.htm/.
[5] Cultura aqui estabelecida como crenças, comportamentos, valores, instituições, regras morais que permeiam e identificam uma sociedade.

pela conscientização da negociação entre diferentes visões de mundo que freqüentemente tem lugar nas salas de aula de Ciências.

A disputa entre criacionistas e evolucionistas é um cabo de guerra em que ora um ganha terreno, ora o outro. Nós, educadores científicos, não podemos subestimar esse crescente fenômeno que paira sobre o ensino da evolução. Religião e Ciência têm grande importância na educação, mas ocupam status diferentes. Ensinar a reconhecer, compreender e respeitar esses *status* é uma das missões do atual Ensino de Ciências.

Diante dos problemas envolvidos no ensino da evolução biológica, percebe-se que as investigações nessa área que objetivam auxiliar a superação das dificuldades enfrentadas para a compreensão dessa temática devem estar pautadas numa visão integradora do processo de ensino e aprendizagem. Essa visão mais abrangente envolve as interações entre os atores sociais professores e estudantes na sala de aula de Biologia. Desta perspectiva, entendemos ser relevante a análise de algumas concepções sobre evolução biológica de professores e estudantes, de acordo com estudos disponíveis na literatura.

2.1 CONCEPÇÕES DE PROFESSORES E ESTUDANTES SOBRE A TEORIA DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA DARWINISTA

Durante as últimas décadas, as pesquisas sobre concepções de estudantes têm constituído uma das principais linhas de pesquisa sobre o Ensino de Ciências. Nesta seção, apresentaremos algumas das contribuições das pesquisas sobre concepções de estudantes acerca da evolução, bem como de pesquisas que mapearam as concepções de professores de Biologia a respeito deste mesmo assunto.

Algumas pesquisas focalizaram a compreensão dos estudantes sobre evolução (HALLDÉN, 1988; BLOOM, 1989; BIZZO, 1991; ANDERSON et al., 2002; BISHOP; ANDERSON, 1990; DEMASTES, 1995, CARNEIRO, 2004; TIDON; LEWONTIN, 2004; MELLO, 2008), enquanto outras investigaram fatores que influenciam a compreensão dos estudantes, tal como as suas crenças pessoais e religiosas (DAGHER; BOUJAOUDE, 1997; FYSH; LUCAS, 1998; ROTH; LUCAS, 1997).

Halldén (1988) analisou as concepções dos estudantes sobre os mecanismos evolutivos e a evolução dos seres vivos, encontrando um grande distanciamento entre as concepções dos estudantes e as idéias aceitas cientificamente. Mesmo após o ensino sobre o tema, os estudantes continuavam a explicar as modificações dos seres vivos, de acordo com este autor, com base na herança de características adquiridas. Para a autora, entre os fatores que interferem na compreensão dos estudantes sobre evolução, temos: a ausência de questionamentos feitos pelos estudantes durante as aulas, o entendimento superficial dos processos biológicos, a ambigüidade das palavras nas explicações do processo evolutivo e a abordagem fragmentada e descontextualizada do tema.

Bloom (1989) pesquisou concepções de professores sobre o processo evolutivo e sua compreensão da natureza da Ciência. O mapeamento foi feito através da aplicação de um questionário com perguntas relacionadas à compreensão da natureza da Ciência, contendo questões relativas aos métodos científicos, das teorias e da evolução. Os resultados também apontaram para um distanciamento entre as idéias aceitas cientificamente e as concepções dos professores. Apareceram idéias de evolução como progresso e como um processo gradual e finalista que gira em torno do homem. Os professores apresentaram definições vagas sobre teorias científicas e, quando a evolução era introduzida, a má compreensão da teoria evolutiva darwiniana e a noção antropocêntrica da evolução ficavam mais evidentes. O autor atribuiu os resultados à incompreensão da natureza da Ciência por parte dos professores

No Brasil, importantes pesquisas têm sido realizadas com o intuito de mapear as concepções de professores e estudantes de Biologia sobre a teoria evolutiva. Bizzo (1991) investigou concepções de estudantes do Ensino Médio sobre evolução biológica em escolas públicas de São Paulo e constatou que os alunos tinham pouca compreensão sobre o tema. Os estudantes compreendiam evolução como um processo de aprimoramento da espécie humana, ou seja, tinham nossa espécie como referência central da evolução. Além disso, para os estudantes, evolução significava progresso. O autor atribui essas concepções, que conflitam com as idéias científicas aceitas, às dificuldades encontradas pelos professores no processo do ensino e aprendizagem da evolução biológica. Ele enfatiza, então, a necessidade de traçar novas estratégias de ensino para o tema. Este mesmo autor também atribui aos livros didáticos certa influência sobre as concepções dos estudantes. A linguagem metafórica utilizada nos livros leva aos estudantes a confundirem significados encontrados na linguagem cotidiana com os significados atribuídos aos termos no contexto da biologia evolutiva.

Em uma pesquisa com estudantes de Biologia do Ensino Médio, Santos e Bizzo (2000) identificaram que os estudantes tendem a acreditar que as modificações nos organismos decorrem sempre de uma resposta a alguma necessidade, concebendo essas mudanças ao nível do organismo individual, e não no nível populacional. Outra concepção também encontrada foi a visão da evolução biológica como sinônimo de aperfeiçoamento, de progresso. Os autores destacam estas concepções como importantes obstáculos epistemológicos para o entendimento da evolução.

Tidon e Lewontin (2004) analisaram o perfil do ensino de evolução no Brasil, relatando algumas das dificuldades encontradas por professores de ciências e Biologia ao ensinarem a teoria evolutiva darwiniana.

Os autores investigaram alguns aspectos do ensino da Biologia evolutiva com base em questionários e entrevistas realizadas com professores do Ensino Médio. O objetivo era mapear as dificuldades enfrentadas pelos professores no ensino da evolução biológica. As seguintes dificuldades foram citadas com maior freqüência pelos professores: deficiências na formação acadêmica, insuficiência de base teórica dos estudantes para a compreensão da biologia evolutiva, deficiências do material didático, falta de tempo para inserir o conteúdo no currículo. A autora discute como o conteúdo de evolução é ministrado no final da última série do Ensino Médio, ou seja, com uma carga horária mínima, em contraste com as recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM, 2002), que sugerem que Ecologia e Evolução forneçam um eixo central em torno do qual seja organizado o Ensino da Biologia, sendo, além disso, tratados por meio de uma abordagem histórica e filosófica, com o objetivo de propiciar uma melhor compreensão do seu caráter científico. Além disso, os autores apontam que ao avaliar o grau de complexidade no ensino de alguns tópicos da Biologia evolutiva, os professores elegeram como mais difícil o ensino de genética através da freqüência gênica e modelo de Hardy-Weinberg. Para surpresa dos autores, os professores consideraram fácil ensinar as teorias de Lamarck e Darwin; contudo, em algumas respostas, eles confundiram explicações lamarckistas e darwinistas.

Em relação às deficiências no material didático, Tidon e Lewontin relatam que em diversas partes do mundo, foram realizadas investigações sobre os livros didáticos de Biologia e foram encontradas falhas nos tópicos relativos à Biologia evolutiva (ALEIXANDRE, 1994; SWARTS et al., 1994; JEFFERY; ROACH, 1994). No Brasil, os autores destacam o PNLD (Programa Nacional do Livro Didático), conduzido pelo Ministério da Educação, que, ao avaliar os livros didáticos de Ciências, conduzem a uma melhoria

significativa na qualidade dos livros. Os autores assinalam que seria relevante fazer análises dos Livros didáticos de Biologia, desde que o conhecimento das qualidades e das falhas dos livros usados auxiliassem as editoras na re-elaboração dos materiais. Vale ressaltar que em 2005 e 2006, o MEC realizou uma análise dos livros didáticos de Biologia por meio do PNLEM (Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio), visando à escolha dos livros pelos professores em 2007 (ROCHA et al., 2006). A avaliação realizada no contexto do programa contemplou aspectos gerais na análise dos livros didáticos de Biologia imposta pela própria natureza do tipo de processo avaliativo (EL-HANI; ROQUE; ROCHA, 2006, 2007).

Tidon e Lewontin (2004) sugerem algumas ações que poderiam contribuir para solucionar alguns dos problemas relatados, de modo a melhorar o ensino de evolução: a formação contínua dos professores, possibilitando seu desenvolvimento profissional; a revisão dos currículos de ciências, em geral, e de Biologia, em particular, no caso do Brasil, visando melhorar o programa curricular proposto pelo Ministério da Educação; e a continuidade do programa nacional de avaliação e distribuição de livros didáticos para as escolas públicas, com a inclusão da análise dos livros usados no Ensino Médio. A última ação, como citado acima, já foi realizada.

Carneiro (2004) realizou um estudo com o objetivo de mapear as concepções que professores do Ensino Médio de Biologia possuem a respeito da evolução biológica. A autora utilizou como objeto de análise textos sobre o tema produzidos por professores não licenciados de Biologia, ao cursarem a disciplina de genética e evolução de um curso de complementação para licenciatura em Biologia. Nesses textos, foi identificada uma série de equívocos conceituais relacionados ao domínio do conhecimento científico e às dificuldades de abordagem do tema ‘evolução biológica’, no contexto do ensino de Biologia. Uma das concepções encontrada pela autora refere-se à abordagem docente do tema. Os professores tenderam a iniciar o ensino da evolução biológica com a teoria da evolução proposta por Lamarck e finalizar com a teoria da evolução proposta por Darwin. O que prevaleceu nos discursos dos professores e estudantes foi a idéia de que a teoria Lamarckista não tinha fundamento e que é completamente refutada a partir dos postulados de Darwin.

Além disso, foi averiguada uma falta de clareza dos professores em relação ao objeto de estudo da biologia evolutiva. Os textos produzidos por eles freqüentemente se referiam a uma teoria que tenta explicar a origem da vida, reportando-se sempre às questões postas pelo Criacionismo, como se estas estivessem em conflito com a Evolução biológica.

Segundo a autora, o fato de a maioria dos livros didáticos e paradidáticos iniciarem a abordagem da evolução biológica tratando de modelos propostos para explicar a origem da vida na Terra pode ser um dos fatores que contribuem para tal entendimento por parte dos professores.

Tais resultados nos levam a concluir que a abordagem histórica do pensamento evolutivo vem sendo mal trabalhada nas aulas de evolução. As contribuições de Lamarck para a Ciência foram relevantes, mas, infelizmente, nas aulas de Biologia, Lamarck é lembrado apenas como um cientista que teve as idéias refutadas.

Meglhioratti, Bortolozzi e Caldeira (2005) analisaram quais concepções professores de Biologia possuem sobre ciência, evolução e história do pensamento evolutivo.

Estes autores concluíram que a polissemia da linguagem utilizada pelo professor pode contribuir para distorcer o conhecimento da evolução. Isso pode acontecer devido ao uso de palavras como “adaptar” e “evolução” com conotações diferentes da científica na linguagem cotidiana. A aproximação da linguagem utilizada no senso comum produz uma conotação progressivista para o conceito de evolução, dificultando a compreensão deste. Assim, faz-se necessária a discussão dos usos de um mesmo termo em diferentes contextos, apontando a dificuldade da construção do discurso no ensino de evolução.

Outro aspecto ressaltado pelos autores relacionado com uma utilização inadequada da linguagem é a falta de conceitos científicos bem estruturados por parte dos professores. Afinal, o conceito de evolução biológica é complexo e depende de uma série de outros conceitos para sua formulação adequada, tais como: gene, variabilidade populacional, genética de populações, relações ecológicas, tempo geológico, processos de especiação, entre outros. E os professores podem ter dificuldade de colocar estes vários conceitos em relação uns com os outros, de modo a construir uma compreensão adequada sobre evolução.

A história da ciência pode contribuir para explicitar os obstáculos epistemológicos na formulação de um conceito e na compreensão do professor. Dessa maneira, a explicitação das convergências entre idéias históricas e concepções dos professores pode subsidiar uma formação biológica que enfoque os pontos de dificuldades encontrados na compreensão da evolução biológica.

Nesse sentido, para Meglhioratti, Bortolozzi e Caldeira (2005), tanto na construção histórica do conceito de evolução biológica, quanto nas concepções apresentadas pelos professores de Biologia, a evolução concebida como progresso está enraizada em valores

sociais tidos como “bons” ou na visão de crescente especialização e complexidade dos seres vivos. Algumas das concepções apresentadas pelos professores são semelhantes a idéias que apareceram ao longo da construção histórica do pensamento evolutivo, embora seja difícil sustentar um paralelismo simples entre desenvolvimento histórico dos conceitos científicos e construção de conceitos na cognição individual (MATTHEWS, 1994). Não obstante, uma análise de textos históricos poderia permitir uma reflexão dos professores sobre as suas próprias idéias a respeito da evolução. O uso da história da biologia no contexto da formação de professores poderia ajudar a desvelar, entre outras coisas, as idéias que permeiam o conhecimento científico, propiciando uma visão dinâmica e social da ciência. Os exemplos históricos de construção do conhecimento científico poderiam destacar, por exemplo, a não neutralidade da ciência e as diversas formas de re-contextualização de uma teoria científica.

Mello (2008) entrevistou estudantes de uma turma de 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública brasileira, a fim de analisar possíveis problemas relacionados às concepções de estudantes que pudessem estar criando dificuldades para a construção do conhecimento sobre evolução. Para isso foi realizado um estudo de caso, sendo solicitado aos estudantes que respondessem um questionário contendo perguntas sobre a importância da Biologia e do estudo da evolução biológica.

As questões versavam sobre vários tópicos, incluindo: importância dos conhecimentos de Ciências e de Biologia para a vida, idéias sobre o surgimento dos seres vivos e causas da diversidade dos seres vivos, e importância do estudo da evolução para o entendimento da Biologia. As questões respondidas pelos estudantes foram analisadas e categorizadas segundo o método de Análise Textual Discursiva, conforme Moraes e Galiazzi (2007), que apresenta uma perspectiva de constante reconstrução dos significados e dos discursos que são objetos de investigação. A autora verificou que, para os estudantes, a origem da vida comumente é confundida com a origem do universo. Para ela, o surgimento desta confusão pode estar relacionado com fatores tais como a falta de uma visão mais clara sobre o tempo e o espaço.

Em relação à adaptação dos seres vivos ao ambiente, os estudantes deram respostas nas quais manifestavam uma compreensão deste processo como se ele fosse responsável pelo aumento da diversidade dos organismos, fazendo com que surjam novos indivíduos capazes de sobreviver em determinados ambientes. Entretanto, outras respostas desvinculam o processo de adaptação da evolução biológica.

Nas respostas dos estudantes o conflito entre religião e ciência também apareceu como uma fonte de dificuldades para a aprendizagem de evolução. Para a autora, o papel do

professor é fundamental para esclarecer que a ciência e a religião são instituições que possuem características distintas e constroem discursos distintos sobre a natureza.

Os alunos precisam ser preparados para diferenciar estes dois campos de forma a diminuir a ocorrência de conflitos desnecessários entre os dois. É igualmente importante deixar claro aos estudantes que eles podem ter crenças religiosas, independente de opiniões científicas.

Como podemos ver, a evolução biológica é um tema bastante complexo a ser trabalhado na sala de aula. Os problemas relatados no contexto do processo de ensino e aprendizagem desse tema, tais como confusões conceituais e concepções religiosas, são fatores relevantes que interferem na construção do conhecimento científico.

É de grande importância propiciar espaços de interações verbais por meio dos quais os estudantes tenham a possibilidade de evidenciar a sua visão de mundo acerca dos temas trabalhados na sala de aula de ciências. No capítulo seguinte discutiremos a importância das interações discursivas na construção de significados.

III

A LINGUAGEM E OS ASPECTOS SOCIOCULTURAIS DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

A análise do discurso como um meio de compreender a produção de significado no contexto da sala de aula de Ciências emergiu como uma nova tendência nas pesquisas educacionais nos últimos anos (SOLOMON, 1987; SCOTT, 1997; MORTIMER; MACHADO, 1997; CANDELA, 1998; WELSS, 1998), em particular, entre pesquisadores comprometidos com perspectivas socioculturais sobre a construção do conhecimento.

Para Mercer (1997), há necessariamente uma relação entre pensar e comunicar idéias. A linguagem teria um papel fundamental no desenvolvimento intelectual do indivíduo. Dessa forma, se considerarmos que cada domínio do conhecimento tem seu discurso específico, as diversas maneiras de construir conhecimentos na escola deverão estar associadas com práticas específicas de produção de linguagem, que são definidas culturalmente.

A construção de significados no contexto discursivo é realizada, como destaca Candela (1998), por meio de situações de interação e, também, das versões diversas sobre o tema em discussão, que são confrontadas, negociadas e reconstruídas nesse processo pelos atores sociais da interação:

> A repetição da mesma solicitação pela professora a vários alunos não faz somente com que as respostas se modifiquem procurando a "certa"; abre também a possibilidade de que se expressem diferentes interpretações do fenômeno e de que estas sejam comparadas ou complementem as outras, contribuindo para a construção de significados. (CANDELA, 1998, p. 154).

De acordo com Mortimer e Scott (2002) os significados propostos pelo professor vão sendo apropriados pelos estudantes através de interações discursivas. Os significados são vistos como polissêmicos e polifônicos criados na interação social e depois internalizados pelos indivíduos. Além disso, o processo de aprendizagem dos conceitos científicos é

concebido como a negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais, num mútuo processo de crescimento.

De acordo com Kuschnir (2001), os diversos estudos realizados em salas de aula têm salientado a necessidade da criação de contextos interacionais em que estudantes e professores possam construir conjuntamente significados sobre o mundo no qual estão inseridos, seja ele interno ou externo à sala de aula. A construção desse mundo se faz por meio da interação com o outro por meio da linguagem, a qual é considerada como característica fundamental do homem enquanto ser social.

Vários autores destacam a importância de investigar o discurso da sala de aula e outros dispositivos retóricos no ensino de Ciências (KELLY; BROWN, 2003; LEMKE, 1990; MORTIMER, 1998; MORTIMER; SCOTT, 2003; OGBORN et al., 1996; ROYCHOUDHURY; ROTH, 1996; SUTTON, 1992).

Mortimer e Scott (2002), afirmam que, durante as intervenções pedagógicas realizadas pelos professores nas salas de aula, as interações discursivas que emergem podem ser caracterizadas a partir de dois extremos: abordagem dialógica e abordagem de autoridade.

Na abordagem dialógica, o professor considera o que o estudante tem a dizer do ponto de vista do próprio estudante e há uma interanimação de idéias, há uma alternância nos autores do discurso. Na abordagem de autoridade, o professor considera o que o estudante tem a dizer apenas do ponto de vista do discurso científico escolar que está sendo construído, apenas uma "voz" [6] é ouvida e não há interanimação de idéias (MORTIMER; SCOTT, 2002, 2003).

Muitos estudos que enfocam interações discursivas em sala de aula evidenciam o discurso dialógico como sendo o ideal (ROYCHOUDHURY; ROTH, 1996; RITCHIE; TOBIN, 2001; DUSCHL; OSBORNE, 2002; KELLY; BROWN, 2003). Apesar do interesse difundido nesse tipo de discurso, as interações dialógicas estão geralmente ausentes nas salas de aula de Ciências (WELLS, 1999; ALEXANDER, 2001; FISCHER et al., 2002).

Para Scott, Mortimer e Aguiar (2006), a tensão entre os discursos dialógicos e de autoridade é uma característica inevitável à dinâmica discursiva das salas de aula de ciências.

[6] "A noção de 'voz', de acordo com Bakhtin, é mais que um sinal audível, pois envolve o fenômeno muito mais geral da perspectiva individual do falante, que está relacionada à sua visão de mundo, ao seu horizonte conceitual." (MORTIMER, 2000, p. 166).

Em todas as aulas que têm como objetivo a compreensão do conhecimento científico, os discursos dialógicos e de autoridade devem estar envolvidos.

Os autores consideram que as duas formas de discurso não são dicotômicas, entre elas há uma relação dialética em que discurso dialógico e de autoridade geram uma à outra na sala de aula no suporte a compreensão do conhecimento cientifico. Ao introduzir uma nova aula de ciências o professor pode utilizar o discurso dialógico para que os estudantes coloquem suas idéias em relação ao tema científico em estudo. No desenrolar da seqüência de ensino, o professor pode incentivar os estudantes a discutirem aplicações das idéias científicas recentemente trabalhadas em um novo contexto. Nesse tipo de discurso sempre há a tentativa de reconhecer o ponto de vista do outro. Com o discurso dialógico o professor atende os pontos de vista dos estudantes assim como o ponto de vista da ciência escolar.

Já o discurso de autoridade não permite reunir e explorar os vários pontos de vista em relação ao tema científico em estudo. O professor foca apenas o ponto de vista da ciência escolar. Se a idéia do estudante for considerada pelo professor como útil ao desenvolvimento da estória científica, essa será considerada, porém se os estudantes colocam idéias que não contribuem ao desenvolvimento da história da ciência da escola o professor ou as remodela ou as ignora (SCOTT; MORTIMER; AGUIAR, 2006).

É importante reconhecer na prática o enlace dinâmico íntimo entre os discursos dialógicos e de autoridade. De acordo com as finalidades de ensino as transições entre as interações dialógicas e de autoridade são fundamentais para construção de significados (AGUIAR; MORTIMER, 2003). O discurso dialógico é consistente quando a finalidade do ensino é explorar as idéias dos estudantes sobre algum tema científico e como essas idéias se relacionam com a perspectiva da ciência. Quando a finalidade do ensino é introduzir o ponto de vista científico, torna-se necessário que o professor adote o discurso de autoridade. Segundo Mortimer e Scott (2002):

> Os estudantes podem discutir por uma eternidade as formas pelas quais carrinhos descem um plano inclinado e nunca chegarem às grandes idéias contidas nas Leis de Newton para o movimento. Faz parte do trabalho do professor intervir, introduzir novos termos e novas idéias, para fazer a estória científica avançar. Intervenções de autoridade são igualmente importantes e parte fundamental do ensino de ciências. Afinal, a linguagem social da ciência é essencialmente de autoridade. (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 302).

Nas tentativas de compreender a dinâmica discursiva na sala de aula como uma ferramenta para a construção do conhecimento em sala de aula, autores como O'Loughlin (1992), Mortimer e Machado (1997), Scott (1997), Wells (1998), Candela (1998), entre outros têm argumentado a favor da necessidade de aplicar a abordagem sócio-histórico-cultural no ensino e na aprendizagem, bem como de empreender uma análise do discurso que tenha lugar nos contextos de ensino.

Neste trabalho, empregamos para mapear a dinâmica discursiva na sala de aula uma ferramenta desenvolvida por Mortimer e Scott (2002) para investigar abordagens comunicativas na sala de aula. Esta ferramenta é baseada numa abordagem sociocultural do Ensino de Ciências, elaborada a partir das contribuições de Vigotski e Bakhtin.

Vigotski e Bakhtin eram russos e compartilharam o mesmo ambiente teórico-ideológico, mas não há evidências de que se conheciam. Esse ambiente influenciou visões de mundo e dos seres humanos semelhantes nestes dois autores. Os seus estudos apresentavam objetivos diferentes, mas não excludentes. Vigotski buscava elaborar uma psicologia que assumisse a complexidade do homem, enquanto um ser histórico. Já Bakhtin priorizava a construção de uma concepção histórica e social da linguagem. Ambos trabalharam o fenômeno da linguagem (FREITAS, 1997).

Segundo Fontana (1993), Vigotski, no seu estudo da elaboração conceitual como prática social imersa nos contextos institucionais, explicita o papel da mediação pedagógica e dialógica como fator contributivo no processo educacional.

A autora explica que Vigotski, ao analisar a escola, a distinguiu da educação em sentido amplo, porém, não abordou as marcas ideológicas que correspondem a uma dimensão dessa prática social. Fontana aponta que quem possibilita essa dimensão ideológica é Bakhtin, numa abordagem epistemologicamente próxima da de Vigotski.

Freitas (1996), por sua vez, argumenta que a linguagem constitui um interessante elo epistemológico entre Vigotski e Bakhtin:

> Assim como o trabalho se fragmenta na sociedade, também a linguagem se fragmenta, se instrumentaliza. Opondo-se à utilização da língua como instrumento e opondo-se à sua coisificação e transformação em mercadoria, conceberam a linguagem como produção. Contra a função reprodutora da linguagem, Bakhtin enfatizou a língua como produção, propondo a **polifonia** – composição de diversas vozes, sons; a **polissemia** – diversidade de sentido que uma palavra pode adquirir; o **dialogismo**. Vigotski compreendeu a

> expansão e o aprofundamento da experiência individual como uma decorrência da apropriação da experiência social pela mediação da linguagem. (FREITAS, 1996, p. 160, grifo nosso).

Vigotski e Bakhtin rejeitaram posições dicotômicas em relação à psicologia e à linguagem, buscando uma síntese dialética, uma relação entre interno e externo como constituição do sujeito da e na sociedade (FREITAS, 1996).

A partir da necessidade de um melhor entendimento dos processos de ensino e aprendizagem na educação científica, pautados na dinâmica discursiva que emerge na sala de aula, é relevante analisar a contribuição da abordagem histórico-cultural de Vigotski e da teoria da linguagem de Bakhtin, como fundamentos teóricos da ferramenta de análise de interações discursivas que usaremos no presente estudo.

3.1 VIGOTSKI E A FORMAÇÃO DE CONCEITOS

A compreensão do processo de formação de conceitos pelo sujeito é um dos pontos centrais dos quais se ocupa Vigotski. Suas considerações a este respeito constituem uma grande contribuição de seu pensamento para a educação.

De acordo com Vigotski (2000), todas as funções psíquicas superiores são processos mediados por signos. Na formação de conceitos o signo mediador é a palavra:

> Todas as funções psíquicas superiores são processos mediados, e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las. O signo mediador é incorporado à sua estrutura como uma parte indispensável, na verdade a parte central do processo como um todo. Na formação de conceitos, esse signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se seu símbolo. (VIGOTSKI, 2000, p. 161).

Segundo o autor, a chave para o estudo da formação de conceitos estaria no estudo do emprego funcional da palavra e do seu desenvolvimento, das suas múltiplas formas de aplicação qualitativamente diversas em cada faixa etária, mas geneticamente inter-relacionadas.

O desenvolvimento dos processos que resultam na formação de conceitos se inicia na infância, mas as funções intelectuais básicas para a formação dos conceitos científicos só surgem na puberdade. Dessa maneira, é relevante para a reflexão sobre o ensino, considerar que os conceitos começam a ser formados desde a infância, mas somente entre os 11 e 12 anos a criança é capaz de realizar abstrações que vão além dos significados ligados às suas práticas imediatas (VIGOTSKI, 2000).

Somente quando a palavra é um meio descontextualizado para a formação dos conceitos, ou seja, um meio de generalização e de abstração, o processo terá atingido o estágio dos conceitos propriamente ditos. Essa trajetória de desenvolvimento pode ser descrita em três estágios básicos: do sincretismo ou dos amontoados sincréticos; da formação de complexos ou pensamento por complexos; e a formação dos conceitos propriamente ditos.

a) o estágio de sincretismo:

É o primeiro estágio no desenvolvimento da formação dos conceitos. Nessa fase, a criança agrupa objetos formando amontoados sincréticos, nos quais os objetos são colocados juntos ao acaso e de modo assistemático. A criança escolhe os objetos que deverão ficar juntos com base em várias impressões subjetivas. O significado atribuído a alguma palavra pela criança que se encontra nesse estágio de desenvolvimento dos conceitos pode lembrar, pela aparência, o significado dado à palavra pelo adulto.

b) o estágio de pensamentos por complexos:

É caracterizado por um tipo de pensamento coerente e objetivo, porém, as relações entre os objetos agrupados são baseadas em características factualmente presentes neles. O indivíduo, nesta fase, classifica os objetos de uma maneira muito semelhante aos nomes de famílias, unificados em complexos ou grupos de objetos. Assim a criança pode, por exemplo, agrupar por qualquer relação percebida entre os objetos, ou por características complementares entre si.

c) o pensamento por conceitos:

Segundo Vigotski (2000), o conceito propriamente dito pressupõe combinação e generalização de determinados elementos concretos, como também a discriminação, a abstração e o isolamento de determinados elementos e a habilidade de examinar estes elementos discriminados e abstraídos fora do vínculo concreto e factual em que são dados na experiência.

Os conceitos emergem quando uma série de atributos abstraídos torna a sintetizar-se. Essa síntese abstrata torna-se forma basilar do pensamento da criança, a qual percebe e toma conhecimento da realidade que a cerca. Segundo Vigotski (2000):

> O papel decisivo na formação do verdadeiro conceito cabe à palavra. É precisamente com ela que a criança orienta arbitrariamente a sua atenção para determinados atributos, com a palavra ela os sintetiza, simboliza o conceito abstrato e opera com ele como lei suprema entre todas aquelas criadas pelo pensamento humano. (VIGOTSKI, 2000, p. 226).

Nessa fase, o uso do conceito é realizado de forma desvinculada de situações concretas, ou seja, no plano abstrato, o que Vigotski denomina ‘descontextualização’ (Vigotski, 2000). O conceito construído por meio de abstração pode ser então aplicado em diversos contextos.

3.1.1 Conceitos Científicos e Conceitos Espontâneos

Dando continuidade aos seus estudos de formação de conceitos, Vigotski buscou entender como ocorria o processo de desenvolvimento dos conceitos científicos, ou não espontâneos, bem como o processo de desenvolvimento dos conceitos cotidianos, ou espontâneos, e quais as possíveis relações entre ambos.

No contexto do presente trabalho, é relevante considerar as relações existentes entre esses conceitos, de acordo com Vigotski, para um melhor entendimento da influência da dinâmica discursiva entre alunos e professores sobre a elaboração conceitual na sala de aula.

Por conceitos espontâneos, entendem-se aqueles que a criança aprende no seu dia-a-dia, por meio de sua relação direta com os objetos concretos e com o contexto no qual está inserida. Já por científico, entende-se, nos estudos de Vigotski, o conceito construído por meio de um conhecimento sistemático, originário da aprendizagem em sala de aula.

Vigotski (2000) teve especial interesse em estudar especificamente o desenvolvimento dos conceitos científicos na criança e compará-lo ao desenvolvimento dos conceitos espontâneos, principalmente pelas implicações para a aprendizagem e a educação. No caso dos conceitos espontâneos, os indivíduos focalizam a atenção no objeto, enquanto que, no caso dos científicos, a atenção está focalizada no próprio ato de pensar. Para Vigotski, no desenvolvimento dos conceitos espontâneos, os indivíduos estão diretamente ligados aos objetos concretos do mundo: generalizam coisas, percorrendo um caminho ascendente do concreto ao abstrato. O desenvolvimento dos conceitos científicos envolve uma atitude mediada em relação aos objetos, no sentido de que sua compreensão é mediada por outros conceitos. Os conceitos científicos são, pois, generalizações de generalizações, ocupando um lugar dentro de um sistema organizado de conceitos. O caminho percorrido é o descendente, do abstrato ao concreto.

Os conceitos se desenvolvem a partir de uma série de funções psíquicas superiores, como a atenção arbitrária, a memória lógica, a abstração, a comparação e a discriminação. No processo de seu desenvolvimento, em primeiro lugar, a criança memoriza a palavra, mas a compreensão de seu significado somente ocorre gradualmente. O estudante, ainda que domine na prática o conceito cotidiano, demora para tomar consciência dele.

Existe uma relação dinâmica entre os dois tipos de desenvolvimento dos conceitos, o que sugere que, para aprender um conceito científico, o indivíduo necessita de processos dinâmicos de “descida” ao cotidiano e de “subida” em direção à abstração, de modo a mudar a sua estrutura psicológica.

3.1.2 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

O conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), também oriundo da obra de Vigotski, contribui para esclarecer a importância da influência do outro sobre a aprendizagem e desenvolvimento de um determinado sujeito. A ZDP corresponde à distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento proximal de um indivíduo. O nível de desenvolvimento real é determinado pela capacidade de resolver problemas independentemente com base em experiências anteriores, enquanto que o nível de desenvolvimento proximal é demarcado pela capacidade de solucionar problemas com a ajuda de um parceiro mais experiente (VYGOTSKI, 1996).

O nível de desenvolvimento proximal pode vir a se tornar real por meio de novas interações sociais, tornando-se um ponto de partida para processos posteriores de desenvolvimento do sujeito. Isso está relacionado a uma idéia central na obra de Vigotski, a de uma dupla gênese das funções mentais superiores em seres humanos. É na interação entre as pessoas (no plano intermental ou social) que são construídas, primeiro, funções que, uma vez internalizadas, se tornam intramentais (VYGOTSKI, 1991).

Nessa interação entre os sujeitos, o conhecimento é construído socialmente e, depois, é internalizado. Esta internalização consiste na reconstrução interna (intramental) de uma operação externa (intermental). Segundo Vigotski (1998), esta não é uma operação simples, na medida em que envolve várias transformações psicológicas.

Como destaca Fontana (1996), a sala de aula é composta por estudantes em diferentes níveis de desenvolvimento, tanto real quanto potencial, o que torna possível que, por meio de interações dotadas de significado, cada um seja agente da aprendizagem do outro. Se em um momento um estudante aprende, em outro, ele ensina. Os padrões de interação estabelecidos em sala de aula, por meio dos quais estudantes respondem a questionamentos, ouvem as idéias dos colegas, trocam experiências em diversos contextos, geram conhecimentos novos, reflexões sobre esses conhecimentos e criação de novos significados. O professor, por sua vez, deve estar atento, de modo a criar condições para que todos se apropriem do conhecimento e, conseqüentemente, logrem desenvolver as funções psicológicas superiores.

Na análise dos episódios de sala de aula, usaremos o conceito de ZDP para auxiliar na compreensão da relação da dinâmica discursiva na sala de aula e a construção de significados dos estudantes.

3.2 A ABORDAGEM BAKHTINIANA

> *A significação não está na palavra, nem na alma do falante, nem na do interlocutor. Ela é o efeito da interação locutor-receptor. Só a corrente da comunicação verbal fornece à palavra a luz da significação.*
>
> Bakhtin (1988, p. 138)

A teoria da linguagem produzida pelo círculo de Bakhtin se mostra heuristicamente poderosa na tentativa de compreender o processo de produção de enunciados pelo professor, em particular, no que diz respeito ao entendimento de como ele reflete sua intencionalidade, i.e., a busca de certo tipo de resposta por parte dos estudantes.

No contexto do presente trabalho, mostram-se especialmente importantes as noções bakhtinianas de enunciação, gêneros do discurso, polifonia e dialogismo. Nas próximas seções, trataremos brevemente destas noções.

3.2.1 Enunciação

Conforme Bakhtin (1992), o enunciado é produto do ato de fala, sendo as mesmas processadas dialógica e socialmente. Toda enunciação é de natureza social, logo, para estudar as enunciações, considera-se a situação comunicativa envolvendo dois ou mais falantes em um contexto social.

O enunciado é um “elo” entre vários enunciados, ou seja, os enunciados formam uma cadeia de enunciação. Esse encadeamento revela que existe um cruzamento de vozes discursivas, onde há encontros e desencontros de visões sobre um dado objeto do discurso (BAKHTIN, 1992). Esses encontros e desencontros estão marcadamente presentes no ensino da evolução, tema que geralmente faz emergir uma diversidade de vozes na sala de aula de Biologia.

A abordagem bakhtiniana do enunciado permite compreender de modo mais aprofundado a dinâmica discursiva nas salas de aula de Ciências, principalmente se combinada às noções de dialogismo e gêneros do discurso.

Para Bakhtin, o diálogo tem um caráter bem mais amplo do que costumamos considerar, não se restringindo apenas à comunicação em voz alta entre pessoas colocadas face a face, mas abrangendo toda a comunicação verbal, seja de qual tipo for.

Segundo esse autor, o diálogo é a forma clássica de comunicação discursiva, na qual cada réplica (alternância das enunciações dos interlocutores), por mais breve que seja, possui uma conclusibilidade[7] específica, quando exprime certa posição do falante que suscita uma resposta. Essa conclusibilidade, nas palavras do autor, “é uma espécie de aspecto interno da alternância dos sujeitos do discurso que pode ocorrer precisamente ou porque o falante disse (ou escreveu) tudo o que quis dizer em dado momento ou sob dadas condições.” (BAKHTIN, 2003, p. 280).

O primeiro e mais importante critério de conclusibilidade do enunciado é a possibilidade de “responder a ele”, em outros termos, de ocupar em relação a ele uma posição responsiva. O ouvinte, por meio dessa atitude responsiva ativa, concorda ou discorda com o enunciado que lhe foi colocado. Para Bakhtin (2003), essa posição responsiva do ouvinte se forma ao longo de todo o processo de audição e compreensão, desde o seu início, a partir da primeira palavra do falante: “Toda compreensão é prenhe de resposta, e nessa, ou naquela forma a gera obrigatoriamente: o ouvinte se torna falante.” (Ibid, p. 271).

Toda compreensão do enunciado proferido é de natureza ativa responsiva. Bakhtin (2003) afirma que a compreensão passiva do significado do discurso ouvido é apenas um momento abstrato da compreensão ativamente responsiva. Ele ressalta que nem sempre a resposta segue de imediato ao enunciado. Algumas respostas permanecem como compreensão

[7] Por ‘conclusibilidade’, entende-se aqui a capacidade de definir uma resposta. Estética da criação verbal. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2003

responsiva silenciosa, mas, mais cedo ou mais tarde, o ouvinte deverá revelar em discursos ou comportamentos o que foi ouvido e ativamente entendido.

3.2.2 Bakhtin e os Gêneros do Discurso

De acordo com Bakhtin (2003), a diversidade dos significados das palavras vai sendo estabelecida pela união de vozes que emanam das enunciações produzidas nos diferentes contextos sociais. Os enunciados, frutos desse contexto, revelam os diferentes gêneros discursivos, "tipos relativamente estáveis de enunciados em uma dada esfera da atividade humana." (BAKHTIN, 2003, p. 284).

A diversidade e riqueza dos gêneros do discurso são ilimitadas e vão ampliando-se por modificações construídas nas suas próprias interações. Segundo Bakhtin (2003), falamos entre nós apenas por meio de determinados gêneros do discurso, ou seja, os nossos enunciados possuem formas relativamente estáveis e típicas. Nós temos acesso aos diferentes gêneros do discurso por meio da comunicação discursiva que permeia a nossa vida cotidiana.

Bakhtin (2003) chama a atenção para o fato de que, apesar de dispormos de uma imensa variedade de gêneros do discurso, na prática nós os empregamos de forma segura e habilidosa, ainda que possamos desconhecer a sua existência. Isso ocorre justamente por incorporarmos os gêneros do discurso das práticas discursivas do nosso dia-a-dia. A esse respeito, Bakhtin (2003) cita o exemplo de Jourdain Molière, que falava em prosa sem que suspeitasse dessa prática.

Na sala de aula de ciências, espaço por onde perpassam várias linguagens sociais e vários gêneros do discurso, a linguagem social da ciência está em constante interação com outras idéias que não a científica, há, portanto, distintas linguagens sociais em cruzamento.

Nessas interações, os padrões de discurso que prevalecem nas salas de aula de ciências são muito distintos constituindo o gênero de discurso da sala de aula de Ciências (MORTIMER; SCOTT, 2002). Como professores engajados numa perspectiva sócio-histórica-cultural de elaboração conceitual, devemos identificar tais gêneros e analisar as suas interações.

Mortimer e Scott (2002) desenvolveram uma ferramenta para analisar a forma como os professores podem agir para guiar as interações que resultam na construção de significados em salas de aula de ciências. Essa ferramenta, de acordo com Mortimer e Scott (2002) é o produto de uma tentativa de desenvolver uma linguagem para descrever o gênero de discurso (BAKHTIN, 1986) das salas de aula de ciências.

Após as considerações neste capítulo a respeito da linguagem e os aspectos socioculturais do ensino e da aprendizagem de ciências, passaremos, no próximo capítulo, a descrever a ferramenta desenvolvida por Mortimer e Scott (2002).

IV

UMA FERRAMENTA SOCIOCULTURAL PARA ANALISAR E PLANEJAR O ENSINO

> [...] *a complexidade da sala de aula e a singularidade das ações práticas dos professores demandam ferramentas analíticas que tornem visíveis aspectos importantes dessas ações, de modo a possibilitar a reflexão sobre um repertório de ações bem-sucedidas do ponto de vista da aprendizagem dos estudantes.*
>
> Mortimer (2004, p. 69)

Neste capítulo, apresentaremos uma ferramenta desenvolvida por Mortimer e Scott (2002) para a análise de interações discursivas na sala de aula desde uma perspectiva sociocultural. Essa ferramenta tem os seus alicerces nas teorias de Bakhtin e Vigotski. Utilizamos essa ferramenta em nosso trabalho em virtude das possibilidades que ela traz quanto à caracterização das formas como o professor interage com os estudantes nas intervenções pedagógicas, bem como no que respeita à investigação de como determinadas abordagens comunicativas são produzidas por meio dessas intervenções e por meio de diferentes padrões de interação.

Mortimer e Scott (2002) argumentam que, apesar da ênfase nas interações discursivas nas investigações mais recentes sobre o ensino de ciências, ainda existe pouco conhecimento sobre: (1) como os professores dão suporte ao processo pelo qual os estudantes constroem significados em salas de aula de Ciências; (2) como as interações discursivas são produzidas na sala de aula; e (3) como diferentes tipos de discurso podem auxiliar a aprendizagem dos estudantes.

A ferramenta que desenvolveram tem como objetivo tanto planejar quanto analisar o ensino, oferecendo subsídios à forma como os professores podem agir e/ou agem para, com isso, guiar as interações que resultam na construção de significados em salas de aula de

Ciências (MORTIMER; SCOTT, 2002). No presente trabalho, ela foi usada também para o planejamento da seqüência didática desenvolvida.

Outra contribuição importante trazida pela ferramenta desenvolvida por Mortimer e Scott para nosso estudo é que ela permite a análise de situações em que diversas vozes dialogam, o que torna possível dar conta de um aspecto central no ensino de assunto tão controverso como a evolução biológica: a elucidação de como diferentes modos de pensar e de falar interagem na sala de aula.

Nas salas de aula de Ciências, são observadas diversas formas de interação entre estudantes e professores. Há salas em que constantemente os professores estão instigando os estudantes a apresentarem suas idéias, a compartilharem conhecimentos com a classe, enfim, onde as palavras circulam livremente pelo ambiente. No entanto, em outras salas, apenas o professor fala e os estudantes são, por assim dizer, convidados a ficarem calados durante a explanação, limitando-se a responder a algumas questões guiadas pelo discurso do professor e completando aquelas lacunas intencionais com respostas pré-fabricadas.

Como professores, fomos geralmente treinados, em nossa formação, a guiar os estudantes para a aceitação das afirmações que explanamos na sala de aula, sem estimular questionamentos, e acabamos por perpetuar em nossa *práxis* pedagógica essa atitude cômoda. Nesse sentido, faz-se necessária uma reflexão quanto à importância de oferecer aos estudantes a oportunidade de falar sobre as suas idéias, sobre o que estão compreendendo nas aulas de Ciências, bem como de atentarmos para como as idéias científicas apresentadas se relacionam com suas visões de mundo, que podem favorecer ou não sua aprendizagem. Também devemos reconhecer a importância de os professores se questionarem sobre a sua forma de ensinar, refletirem sobre o discurso em sala de aula e como ele influencia na construção dos significados e na organização das suas atividades. A ferramenta analítica proposta por Mortimer e Scott também se mostra um instrumento relevante para tais reflexões sobre a prática docente.

A ferramenta usada no presente trabalho enfoca o papel do professor e é constituída por cinco aspectos que se relacionam entre si, agrupados da seguinte maneira (Quadro 1):

QUADRO 1 – A ferramenta analítica construída por Mortimer e Scott (2002).

ASPECTOS DA ANÁLISE	
I - FOCO DO ENSINO	1. Intenções do professor 2. Conteúdo
II - ABORDAGEM	3. Abordagem comunicativa
III - AÇÕES	4. Padrões de interação 5. Intervenções do professor

Na dimensão do foco do ensino, são contemplados as intenções do professor e o conteúdo do discurso da sala de aula. Com base nas idéias de Vigotski, os autores consideram que o ensino de Ciências produz um tipo de "performance pública" no plano social da sala de aula, sendo que o professor dirige essa performance com base no seu planejamento das atividades de ensino. Para Mortimer e Scott, o desenvolvimento da "estória científica" [8] no plano social da sala de aula é central na performance do professor. Contudo, outras intenções também devem ser consideradas durante a execução de seu planejamento. Eles apresentam algumas intenções com base na teoria sociocultural e em sua própria experiência como pesquisadores em sala de aula (MORTIMER; SCOTT, 2002), ver Quadro 2.

QUADRO 2 – Intenções do professor numa seqüência de ensino.

INTENÇÕES DO PROFESSOR	
Criando um problema.	Envolver os estudantes no início do desenvolvimento da estória científica.
Explorando a visão dos estudantes.	Fazer um levantamento e explorar das idéias dos estudantes em relação ao tema em estudo.
Introduzindo e desenvolvendo a "estória científica".	Tornar disponível aos estudantes as idéias científicas no contexto social da sala de aula.
Guiando os estudantes no trabalho com as idéias científicas e dando suporte ao processo de internalização.	Proporcionar aos estudantes trabalhar as novas idéias e dar suporte para que eles se apropriem dessas idéias, tornando-as suas próprias idéias.

[8] Estória científica entendida como disponibilidade das idéias científicas no plano social da sala de aula considerando a relação entre os conceitos cotidianos e científicos.

INTENÇÕES DO PROFESSOR	
Guiando os estudantes na aplicação das idéias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e a responsabilidade por esse uso.	Promover espaços para os estudantes em conjunto trabalhem e tenham controle sobre as aplicações das idéias cientificas em contextos diferentes.
Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da "estória científica".	Rever o progresso no desenvolvimento da estória científica até o corrente estágio de entendimento.

FONTE: Mortimer e Scott (2002).

Como destacam Mortimer e Scott (2002), o discurso da sala de aula pode se ocupar de uma ampla variedade de conteúdos, cada qual com sua relevância. Entre os conteúdos de tal discurso, podemos considerar os seguintes: a "estória científica", aspectos procedimentais, questões organizacionais e de disciplina e manejo da classe. Na apresentação da sua ferramenta, eles se restringem aos conteúdos relacionados à "estória científica". Aqui, nós seguiremos o mesmo caminho.

Os autores estruturam a análise do conteúdo do discurso da sala de aula em termos de categorias baseadas na "linguagem social"[9] da Ciência escolar. As categorias que consideram são as seguintes: descrição, explicação e generalização (MORTIMER; SCOTT, 2002). A descrição envolve enunciados que se referem a um sistema, objeto ou fenômeno em termos de seus constituintes ou dos deslocamentos espaços-temporais desses constituintes. A explicação, por sua vez, envolve a referência a algum modelo teórico ou mecanismo para dar conta de um fenômeno ou sistema específico. E a generalização, por fim, envolve a elaboração de descrições ou explicações que são independentes de um contexto específico.

Essas categorias podem ser caracterizadas como empíricas, quando dizem respeito a constituintes ou propriedades de um sistema ou objeto que são diretamente observáveis, ou teóricas, quando utilizam referentes que não são diretamente observáveis, mas são, antes, construídos por meio do discurso teórico das Ciências.[10]

[9] A concepção de linguagem social, de acordo com Bakhtin, constitui um processo de evolução ininterrupto, que se realiza através da interação verbal social dos locutores. As enunciações produtos desta interação têm uma estrutura puramente social, dada pela situação histórica mais imediata em que se encontram os interlocutores (BAKHTIN, 1986, p. 127).

[10] Certamente, é possível apontar problemas epistemológicos a resolver nesta distinção entre o que é empírico e o que é teórico com base na possibilidade da observação direta (ver, por exemplo, HACKING, 1983), mas este não é o espaço para tratarmos deste ponto, de modo que preferimos, por ora, apenas seguir as distinções propostas pelos autores.

O terceiro aspecto da análise é a abordagem comunicativa que segundo os autores, tem um papel central na ferramenta analítica, na medida em que procura expressar como o professor interage discursivamente com os estudantes. Eles identificam duas dimensões da abordagem comunicativa: o discurso “dialógico” e o discurso “interativo”. A caracterização do discurso do professor como dialógico ou de autoridade significa determinar qual característica se mostra predominante neste discurso em algum momento específico do processo de ensino.

As duas dimensões da abordagem comunicativa não são dicotômicas. Como já foi visto no capítulo III, há uma tensão entre esses dois pólos, uma relação dialética em que discurso dialógico e de autoridade geram uma à outra na sala de aula no suporte a compreensão do conhecimento cientifico, não existindo um discurso de autoridade ou dialógico puro. Um pólo gera o outro, existindo, portanto em alguns momentos predominância de um desses pólos nos discursos (SCOTT; MORTIMER; AGUIAR, 2006).

Antes de passar a descrever cada uma destas classes de abordagem comunicativa, é importante enfatizar que não se trata de defender uma delas como mais apropriada em relação às demais, mas sim, de compreender as funções que cada uma pode cumprir na dinâmica discursiva em sala de aula.

Na abordagem comunicativa dialógica, o professor considera as idéias próprias dos estudantes expressas verbalmente, ou seja, mais de uma voz é considerada, havendo uma interanimação de idéias. Por sua vez, na abordagem comunicativa de autoridade, o professor considera o que o estudante tem a dizer apenas do ponto de vista do discurso científico escolar. Nesse tipo de interação, apenas uma voz é ouvida, não havendo, pois, interanimação de idéias (MORTIMER e SCOTT, 2002).

O discurso dialógico pode ter níveis diferentes de interanimação de idéias. Quando o professor somente contempla os pontos de vista dos estudantes, envolve um baixo nível de interanimação de idéias. Mas se o professor levanta as idéias dos estudantes e depois compara, contrasta essas idéias com o ponto de vista da ciência escolar, o nível de interanimação aí é elevado (SCOTT; MORTIMER; AGUIAR, 2006).

A segunda dimensão da abordagem comunicativa está relacionada ao número de indivíduos em interação. Isto é, se uma única pessoa fala, temos um discurso não-interativo, e se o discurso envolve mais de uma pessoa havendo trocas de turno de falas entre elas, é

considerado interativo. A partir dessas dimensões, desdobram quatro classes de abordagem comunicativa, como demonstrado no Quadro 3.

QUADRO 3 – Classes de abordagem comunicativa.

	INTERATIVO	**NÃO-INTERATIVO**
DIALÓGICO	Professor e estudantes exploram idéias, formulam perguntas autênticas e oferecem, consideram e trabalham diferentes pontos de vista.	Professor reconsidera na sua fala vários pontos de vista dos estudantes, destacando similaridades e diferenças.
DE AUTORIDADE	Professor geralmente conduz os estudantes por meio de uma seqüência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico.	Professor apresenta um ponto de vista específico, sem interação com os estudantes.

FONTE: Mortimer e Scott (2002).

De acordo com Mortimer (2000), o discurso persuasivo e o discurso de autoridade cumprem duas funções distintas: a função de transmitir significados e a segunda de gerar novos significados. Wertsch (1991) as denomina respectivamente como função dialógica e função unívoca. Essas funções estão relacionadas com as idéias de Lotman (1988) sobre dualismo funcional de textos na perspectiva sócio-cultural e nas idéias de Bakhtin (1981) sobre a distinção entre discurso de autoridade e discurso internamente persuasivo, sendo que, o discurso de autoridade não se modifica quando em contato com outras e novas vozes, já o discurso internamente persuasivo admite a interação com mais de uma voz, é dialógico e gera novos significados. O Quadro 4 ilustra essas características.

QUADRO 4 – Funções dos textos.

TRANSFERIR SIGNIFICADOS	**GERAR NOVOS SIGNIFICADOS**
Unívoco	Dialógico
de autoridade	internamente / persuasivo
Códigos do transmissor e do receptor coincidem	Texto é um instrumento de pensamento e não apenas um elo passivo entre transmissor e receptor

TRANSFERIR SIGNIFICADOS	GERAR NOVOS SIGNIFICADOS
Demanda fidelidade e não a apropriação livre das palavras	Procura as contra-palavras; é compartilhado
Uma única voz	Múltiplas vozes

FONTE: Mortimer (2000).

Na prática, qualquer interação contém as duas funções discutidas por Wertsch (1991) e, portanto, uma seqüência discursiva pode ser tanto dialógica como de autoridade independentemente de ter sido enunciada por um único indivíduo ou numa interação entre dois ou mais indivíduos. Dessa maneira, a distinção entre função dialógica e interatividade se encontra pautada no fato de que a primeira é expressa sempre que mais de um ponto de vista for considerado, enquanto que a segunda diz respeito ao número de indivíduos em interação. Isto é, se uma única pessoa fala, temos um discurso não-interativo, e se o discurso envolve mais de uma pessoa havendo trocas de turno de falas entre elas, é considerado interativo.

O padrão de interações, o quarto aspecto da estrutura analítica, emerge nas interações discursivas estabelecidas na classe, quando se alternam as falas do professor e dos estudantes. Mortimer e Scott (2002) apresentam os padrões mais comuns, representados pelas cadeias triádicas I-R-A (Iniciação do professor, Resposta do estudante, Avaliação do professor) e pelas cadeias não triádicas do tipo I-R-P-R-P..., onde P representa intervenção do professor de modo a estimular os estudantes a darem prosseguimento às suas falas, ou I-R-F-R-F, em que o professor solicita, a partir da resposta do estudante, uma reelaboração da sua fala, o chamado *feedback*. As cadeias podem ser abertas, quando não há avaliação no final, e podem ser fechadas, quando apresentam avaliação ao seu final.

Por último, no quinto aspecto da estrutura analítica, as intervenções do professor, os autores tomam como base um esquema de Scott (1998) e identificam seis formas de intervenções pedagógicas (Quadro 5).

QUADRO 5 – Intervenções do professor no contexto da sala de aula.

INTERVENÇÃO DO PROFESSOR	FOCO	AÇÃO – O PROFESSOR
1. DANDO FORMA AOS SIGNIFICADOS	Explorar as idéias dos estudantes.	Introduz um termo novo; parafraseia uma resposta do estudante; mostra diferença entre dois significados.
2. SELECIONANDO SIGNIFICADOS	Trabalhar os significados no desenvolvimento da "estória científica".	Considera a resposta do estudante na sua fala; ignora a resposta de um estudante.
3. MARCANDO SIGNIFICADOS CHAVES		Repete um enunciado; pede ao estudante que repita um enunciado; estabelece uma seqüência I-R-A com um estudante para confirmar uma idéia; usa um tom de voz particular para realçar certas partes do enunciado.
4. COMPARTILHANDO SIGNIFICADOS	Tornar os significados disponíveis para todos os estudantes da classe.	Repete a idéia de um estudante para toda a classe; pede a um estudante que repita um enunciado para a classe; compartilha resultados dos diferentes grupos com toda a classe; pede aos estudantes que organizem suas idéias ou dados de experimentos para relatarem para toda a classe.
5. VERIFICANDO O ENTENDIMENTO DOS ESTUDANTES	Verificar que significados os estudantes estão atribuindo a situações específicas.	Pede a um estudante que explique melhor sua idéia; solicita aos estudantes que escrevam suas explicações; verifica se há consenso da classe sobre determinados significados.
6. REVENDO O PROGRESSO DA "ESTÓRIA CIENTÍFICA"	Recapitular e antecipar significados.	Sintetiza os resultados de um experimento particular; recapitula as atividades de uma aula anterior; revê o progresso no desenvolvimento da estória científica até então.

FONTE: Mortimer e Scott (2002).

Apesar de o foco da ferramenta analítica recair sobre as ações do professor, a movimentação discursiva entre estudantes, professores e o conteúdo apresentado, fica bastante explícita por meio das interações sociais que emergem (Figura 1). Nessa roda-viva discursiva, a construção de significados vai sendo estabelecida por meio da natureza do discurso ali presente. Isso nos remete ao cuidado de considerar todo o processo de interação

ao discutir nossos resultados, mesmo trabalhando com um instrumento que prioriza a mediação do professor.

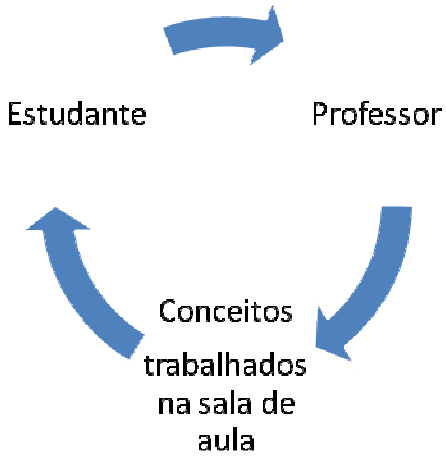


FIGURA 1 – Movimentação discursiva no contexto da sala de aula.
FONTE: Elaborada pelo autor com base no estudo realizado.

De acordo com Mortimer e Scott (2002), numa seqüência de ensino, a abordagem comunicativa do professor pode passar por repetidos ciclos de atividade, tais como: quando a professora e os estudantes (ou os estudantes em grupos) interagem para ***discutir*** idéias relevantes para o desenvolvimento da estória científica (I/D); quando a professora intervém junto aos estudantes para ***trabalhar*** alguns aspectos do conteúdo, com o objetivo de desenvolver a "estória científica" (*dando forma/selecionando/marcando idéias chave*) (I/A); e quando a professora intervém para ***rever*** o progresso no desenvolvimento da estória científica, sintetizando os pontos chave e antecipando os próximos passos (NI/A). Esse ritmo de ensino, discutir/trabalhar/rever, é considerado pelos autores como um ritmo fundamental para desenvolver a estória científica, ainda que, segundo sua própria experiência como pesquisadores em ensino de Ciências, exemplos desse ritmo não são comuns nas salas de aula. Seja como for, para a compreensão do conteúdo que estão estudando, os aprendizes devem participar de atividades dialógicas, tanto de natureza interativa, quanto não-interativa:

> Seja de que forma isso se concretize, cada estudante precisa ter a oportunidade de trabalhar as novas idéias, 'especificando um conjunto de suas próprias palavras' em resposta a essas idéias, para que possa apropriar-

> se dessas idéias, torná-las suas próprias idéias. (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 302).

Proporcionar aos estudantes um espaço para trabalhar novas idéias propicia o processo de compreensão e de significação na sala de aula. Para Bakhtin (2003), o processo de compreensão e de significação só ocorre por meio da produção de contra-palavras vinculadas às palavras do interlocutor.

Mortimer e Scott (2002) chamam a atenção para o fato de que são os professores que têm a responsabilidade de conduzir o desenvolvimento da estória científica e isso torna as intervenções de autoridade tão importantes e fundamentais quanto às intervenções dialógicas no Ensino de Ciências. Por esta razão, a dimensão dialógica - de autoridade no bojo da ferramenta analítica não deve ser interpretada em termos dicotômicos, mas como uma dimensão dialética, na qual tanto o dialogismo quanto as intervenções de autoridade contêm dentro de si o germe de seu pólo oposto, ou seja, produzem-se uma à outra (SCOTT; MORTIMER; AGUIAR, 2006).

V

PERCURSO METODOLÓGICO

A intenção deste capítulo é apresentar o percurso metodológico seguido na investigação da dinâmica discursiva em aulas de evolução biológica ministradas pela própria mestranda numa escola do Ensino Médio. É importante considerar que a pesquisadora foi a professora da turma investigada. De um lado, a condição de pesquisadora da própria prática, aliando investigação e ensino, traz vantagens no que respeita à imersão na realidade da escola e da sala de aula. Além disso, na medida em que as ações como docente são submetidas a um processo de reflexão, outros benefícios se materializam através dos vínculos estabelecidos entre a dimensão do conhecimento técnico, tanto em termos educacionais, quanto da disciplina em foco, a Biologia, à obrigação moral e ao compromisso com a comunidade (CONTRERAS, 2002). De outro lado, este duplo papel, de professora e pesquisadora, torna necessário que sejam redobrados os esforços quanto à qualidade das interpretações produzidas a partir dos dados coletados, de modo a garantir a validade interna do estudo. Esta é, aliás, a dimensão de validade que se pretende neste estudo, não se almejando que o mesmo tenha validade externa, ou seja, não há pretensão de generalizar os resultados obtidos para além das situações efetivamente investigadas.

De acordo com as metas pretendidas, a pesquisa teve abordagem qualitativa. Segundo Liebscher (1998), os métodos qualitativos são apropriados quando o fenômeno em estudo é complexo, de natureza social e não tende à quantificação. Normalmente, são usados quando o entendimento do contexto social e cultural é um elemento importante para a pesquisa. Na abordagem qualitativa, os objetivos da pesquisa não são estabelecidos a partir da operacionalização de variáveis, mas se orientam para a compreensão dos fenômenos em toda a sua complexidade e em seu acontecer histórico.

A participação no estudo foi voluntária. Os estudantes e os pais, no caso de menores de idade, assinaram um termo de consentimento (Anexo II), por meio do qual foram colocados a par da natureza do estudo O projeto de pesquisa cumpriu as recomendações da Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

Foi informado aos participantes voluntários que sua confidencialidade seria mantida, utilizando-se nomes fictícios nos relatórios e trabalhos decorrentes do projeto, e restringindo-se o acesso aos dados gravados aos pesquisadores diretamente envolvidos no projeto.

Ao estruturar a metodologia da pesquisa, buscamos a forma mais apropriada de registro, de maneira a tornar possível o mapeamento da dinâmica discursiva da turma em estudo. O registro em vídeo foi escolhido por ser considerado apropriado para o estudo da dinâmica discursiva em sala de aula na literatura especializada (SANTOS, 2001; MARTINS, 2006; CARVALHO, 2006). Esse modo de registro permite, entre outras vantagens, uma relativa facilidade na identificação dos interlocutores e a possibilidade de documentar elementos de comunicação não-verbal. Um aspecto relevante nas vídeo-gravações, ressaltado por Carvalho (2006), é a possibilidade de se ver e rever as aulas quantas vezes forem necessárias, o que gera continuamente novos dados, que não teriam como ser registrados por observadores, por melhores que sejam.

Utilizamos alguns episódios de ensino registrados por meio de vídeo-gravação realizadas no âmbito do projeto "Educação Científica no Contexto Multicultural do Estado da Bahia: Desenvolvimento e Avaliação de Estratégias de Ensino para Alfabetização Científica com Respeito à Diversidade Cultural", apoiado pela FAPESB e coordenado pelo prof. Dr. Charbel El-Hani, do qual a mestranda participou como integrante da equipe de pesquisa e como ministrante das aulas analisadas no presente trabalho. Estas gravações possibilitaram a realização do presente trabalho e de outros trabalhos que compartilham o mesmo percurso metodológico. Essa experiência de compartilhar a mesma base de dados é bastante rica no âmbito da problemática que pesquisamos. De acordo com Martins (2006), o fato de se compartilhar interesses de pesquisa e pontos de vista teóricos e metodológicos possibilita que as primeiras fases de construção dos dados, relativas à gravação das aulas, e até mesmo as transcrições das interações gravadas sejam feitas em conjunto. Esse compartilhamento não compromete a diferenciação e originalidade das pesquisas, porque, como argumenta Martins (2006), os dados são construídos na interação entre pesquisador e material empírico, nas escolhas e interpretações, frutos do diálogo entre os elementos presentes nos contextos de cada pesquisa.

As aulas observadas foram gravadas em câmera digital mini DVD SONY HANDYCAM, modelo DCR-DVD203, NTSC. No total foram gravadas 10 horas em vídeo. Para filmar as aulas foram utilizadas duas posições da filmadora na sala de aula. Na primeira posição (Figura 2), a filmadora foi fixada sobre um tripé localizado na frente da sala de aula,

longitudinal a lousa e direcionada sempre para a professora. Essa posição foi escolhida com o objetivo de captar as interações entre professor e alunos.

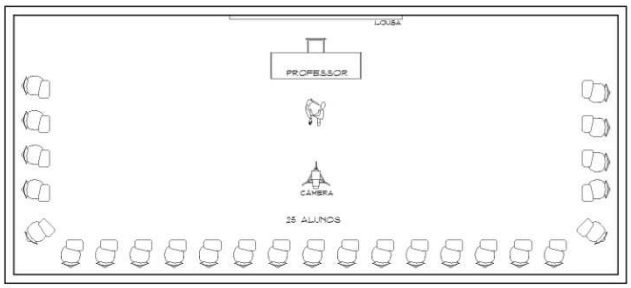


FIGURA 2 – Posição da filmadora na sala de aula focalizando a professora

Na segunda posição (Figura 3), a filmadora foi fixada sobre um tripé localizado na frente da sala de aula, voltada para alguns estudantes. Vale ressaltar que essa posição foi pouco utilizada, sendo a primeira posição dominante.

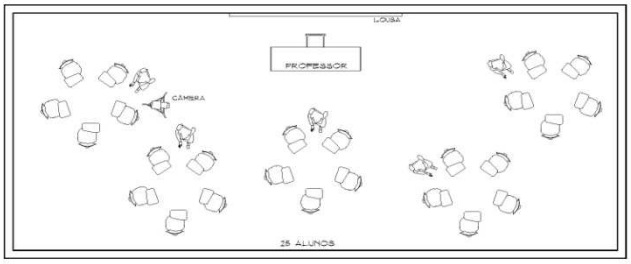


FIGURA 3 – Posição da filmadora na sala focalizando os estudantes.

Descreveremos na próxima seção o espaço da sala de aula e os atores sociais que interagiram nesse espaço, professores e estudantes.

Na mesma seção será apresentada a seqüência didática construída no percurso do projeto mencionado acima, ao qual está vinculada a presente dissertação. Por último, apresentaremos os mapas de eventos, que, como ressaltam Amaral e Mortimer (2006), trazem uma grande contribuição para a contextualização dos enunciados produzidos na classe e

servem de orientação para a escolha dos episódios relevantes para a análise da dinâmica discursiva, conforme os objetivos da pesquisa.

5.1 A ESCOLA, OS ESTUDANTES E A PROFESSORA

O colégio onde foram realizados os registros da pesquisa está localizado na região suburbana do município de Salvador-BA e integra a Rede Pública Estadual de Ensino. Essa unidade escolar apresenta algumas características que a diferenciam substancialmente de outras unidades. Estas características se iniciam pela sua localização geográfica: distando 30 km do centro da cidade, a escola se encontra dentro da Base Naval Militar de Aratu, tendo como vizinha, a Ilha de Maré. Muitos estudantes são oriundos desta ilha, que, apesar de certo apelo turístico existente, não possui itens fundamentais para a qualidade de vida da população, como saneamento básico e posto de saúde. Outra comunidade vizinha à escola é a do Alto do Tororó, que vem lutando para ser reconhecida como comunidade tradicional, na medida em que consiste num remanescente de quilombolas pescadores. Uma boa parcela dos estudantes é desta comunidade, a qual não conta com nenhuma ajuda do poder público e as únicas intervenções feitas foram de empresas que conseguiram licença para instalar um moinho, o que terminou por acarretar a degradação de um manguezal do qual a comunidade retirava seu sustento.

Desse entorno e, conseqüentemente, de suas problemáticas, derivam 90% dos estudantes que compõem o quadro discente da unidade escolar, muitos dos seus funcionários e também grande parte do corpo docente. O contingente de estudantes e funcionários que reside na Ilha de Maré faz uso de transporte marítimo para chegar à escola. Nas temporadas de chuvas e/ou ventos fortes, a escola não funciona de maneira normal, devido à ausência de boa parte dos estudantes. Apesar das propostas apresentadas pela comunidade, nunca foram realizadas alterações no calendário escolar que permitissem uma melhor adequação à realidade específica dos estudantes oriundos desta ilha. Um calendário que contemplasse as aulas nos períodos de estiagem e férias escolares nos períodos de chuva ajudaria a superar o problema de ausência dos estudantes no período escolar. Em conseqüência dessa dificuldade,

a freqüência dos estudantes no período entre março e junho de 2006, quando foi realizada a investigação, foi muito baixa, uma vez que fortes chuvas levaram à suspensão do transporte marítimo por diversos dias. Essas adversidades relativas ao funcionamento da rotina normal da comunidade escolar pesquisada tiveram implicações para a pesquisa relatada no presente trabalho, porque atrasaram a realização do teste da proposta de ensino elaborada com base nos resultados da primeira etapa do projeto. Com esse atraso não houve tempo hábil para aplicar e registrar toda a seqüência de ensino planejada.

Outras dificuldades foram decorrentes do fato de que, no período de realização da pesquisa, a escola também passou por duas reformas: uma de menor monta, envolvendo a troca de fiação e pintura, e outra mais estrutural, na qual foram feitas uma reforma da escola como um todo e a construção de mais salas de aula, bem como intervenções na infra-estrutura em geral. No período de tais reformas, foram modificados os horários das aulas regulares, trazendo certa dificuldade à coleta de dados, por ter ocasionado um espaçamento entre as aulas que não existiria, não fosse esta situação excepcional. Consideramos, no entanto, que a importância de se desenvolver e avaliar estratégias de ensino em contextos próximos da realidade do sistema escolar brasileiro ultrapassa em muito as dificuldades enfrentadas na realização da pesquisa em tais circunstâncias.

A sala de aula da turma investigada tinha carteiras com apoio lateral para os estudantes, mesa retangular e cadeira para a professora, e uma lousa de tamanho médio na parede situada à frente da turma. Normalmente, a sala era organizada com as cadeiras em semicírculo (Figura 4).

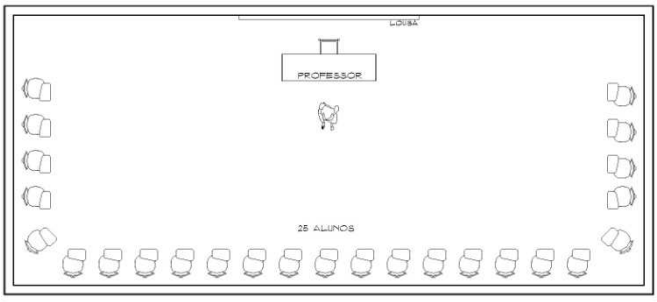


FIGURA 4 – Arrumação normal da sala de aula.

As carteiras dos estudantes eram organizadas em círculos, quando havia trabalhos em grupo (Figura 5), o que ocorreu constantemente na intervenção feita, por conta da natureza da seqüência didática proposta. A professora normalmente se situava à frente da turma, em pé, para os diálogos envolvendo toda a classe, e circulava observando os grupos e atendendo solicitações dos estudantes, no momento em que os trabalhos em grupo estavam sendo realizados. Eventualmente, ela sentava-se junto aos grupos quando algum estudante a solicitava.

É importante relembrar que os estudantes não permaneceram no mesmo ambiente durante toda a intervenção, porque a escola estava em reforma, acarretando diversas mudanças de salas de aulas. Essas alterações foram negativas para a coleta de dados, pois perdemos tempo para reajustar posição da câmera e readaptação dos estudantes em relação a nova sala de aula.

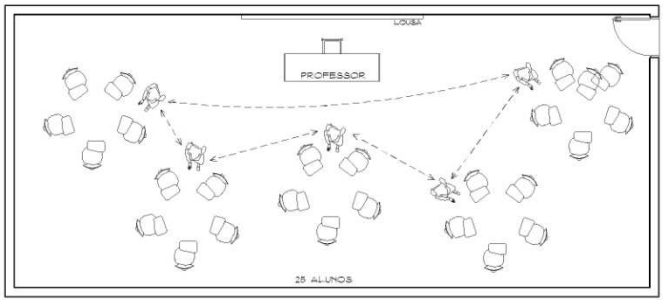


FIGURA 5 – Arrumação da sala de aula durante a intervenção.

A escolha da turma para o estudo foi feita pela própria professora, levando em conta o número de estudantes na sala e o fato de as aulas serem geminadas, ou seja, duas aulas seguidas de 50 minutos. Esta distribuição da carga horária em aulas duplas pareceu bastante favorável à utilização de uma abordagem de ensino sócio-interacionista, na medida em que era possível dispor de maior tempo para o desenvolvimento das atividades programadas, sem o risco de fragmentação do processo, como seria o caso se a seqüência fosse aplicada em aulas não-geminadas.

A turma na qual ocorreu a intervenção era composta por 25 estudantes, na maioria com idade entre 15 e 20 anos. Era uma turma do 1° ano do Ensino Médio. Os estudantes apresentavam uma grande defasagem de idade e seriação e haviam passado por múltiplos episódios de fracasso escolar, além de apresentarem dificuldades de aprendizagem provocadas

por esses fatores. Todos os estudantes da classe eram oriundos de um processo de aceleração, no qual cursaram o terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental em um período de dois anos, no lugar dos quatro anos que compõem regularmente esse período da escolaridade. A aceleração sempre foi adotada por esta unidade escolar em decorrência da maioria dos estudantes não terem cursado a educação básica em idade apropriada. Quando muito os estudantes, completam apenas o Ensino Fundamental e voltavam-se, então, para o exercício da pesca e do artesanato típico da região. Essa aceleração escolar tem por finalidade fazer com que os estudantes também completassem o Ensino Médio.

Os estudantes, oriundos da Ilha de Maré e do alto do Tororó eram, na sua maioria, filhos de pais pescadores e/ou cesteiros e de mães marisqueiras, rendeiras e/ou doceiras, que obtinham seu sustento das vendas realizadas pelos filhos nos finais de semana, principalmente nos meses de verão. Outras fontes de sustento da comunidade da qual os estudantes eram oriundos estão relacionadas à proximidade da vila residencial militar, que se localiza na Base Militar de Aratu, onde os estudantes se empregavam como jardineiros e babás, no turno oposto à escola.

Para os professores desta unidade escolar, era sempre um grande desafio realizar sua prática pedagógica, em decorrência do contexto apresentado acima. À época da intervenção, a professora/pesquisadora tinha aproximadamente dez anos de experiência no ensino de Biologia e Ciências Naturais, três dos quais nesta escola.

Antes mesmo da intervenção realizada no percurso desta pesquisa, a professora já tinha como uma de suas características uma abordagem do ensino e da aprendizagem de maneira interativa. Isso facilitou a realização da intervenção na sala de aula conforme planejado, visto que a seqüência didática construída enfatizava a interação entre estudantes e professora. O fato de a escola ser pública permitiu à professora certa autonomia para conduzir o processo de ensino, no que se refere à seqüência dos conteúdos aplicados, à forma de trabalhá-los e ao tempo utilizado para o desenvolvimento das tarefas. A negociação do tempo utilizado também foi facilitada pela professora lecionar duas disciplinas, Biologia e Química, nesta mesma turma.

Ao colocar em prática a seqüência didática, construída pela equipe do projeto, algumas dúvidas surgiram, apesar de eu também ter feito parte da equipe na elaboração da mesma. E se eu não correspondesse às expectativas do projeto? E se, durante as intervenções, surgissem situações não previstas e eu fizesse uso da minha rotineira prática pedagógica, colocando em risco os resultados da pesquisa? Com o registro das aulas em vídeo, torna-se fácil constatar

alguns momentos nos quais estas preocupações se tornavam patentes. Muitas vezes, apesar da larga experiência com a sala de aula e com os conteúdos trabalhados, eu expressava nitidamente dúvidas quanto aos procedimentos e às atitudes que sempre fizeram parte da minha maneira de lecionar. Eram ações naturais. Contudo, em determinadas situações, pareciam fora do contexto da seqüência didática que estava sendo testada.

Durante o tratamento dos dados, uma das minhas preocupações estava relacionada à validade interna do estudo, em virtude da dupla situação de professora e pesquisadora. Na realização da coleta de dados propriamente dita, não houve uma angústia nesse sentido, uma vez que ela foi realizada dentro de um projeto de pesquisa que não era primariamente direcionado ao presente estudo. A decisão de trabalhar na dissertação a mesma base de dados do projeto mais amplo foi tomada após os registros dos episódios de ensino. Dessa maneira, no momento da coleta de dados, as angústias foram de outra natureza. Como professora, que estava abrindo o espaço da sua classe para uma atividade de pesquisa, tive sentimentos antagônicos. Por um lado, sentia-me orgulhosa por poder contribuir para uma pesquisa na área da educação, expondo situações de ensino reais, por mim vivenciadas, à análise de especialistas. Por outro lado, nutria a preocupação de que, em alguns momentos durante as intervenções, pudesse tomar alguma atitude que viesse a prejudicar os resultados do projeto.

Tendo em vista que a análise dos dados e as interpretações feitas resultam de uma interação entre os elementos presentes nos contextos teóricos e empíricos da pesquisa (MARTINS, 2006), confesso não ter sido fácil distanciar-me do papel da professora que mediou as interações na classe para assumir o papel de investigadora que se propõe a interpretar os registros do que ocorreu. Este foi, contudo, um processo rico, que me possibilitou refletir sobre minha própria prática.

Considero que os cuidados tomados na análise dos dados tornam o presente estudo confiável. Neste sentido, o reconhecimento dos vieses que poderiam ser introduzidos nas análises pelo fato de a pesquisadora ter também cumprido o papel de professora constituiu a base para que os mesmos fossem submetidos à crítica constante no processo de investigação. A principal medida adotada para conferir ao estudo validade interna foi a de que a análise da dinâmica discursiva seria realizada pela professora-pesquisadora e, em seguida, uma segunda análise seria feita por dois pesquisadores participantes do projeto, incluindo o orientador e a pesquisadora que realizou os registros na classe analisada e, assim, acompanhou de perto todo o processo de coleta dos dados. Esta segunda análise buscou, sobretudo, cotejar os registros de sala de aula com as interpretações feitas pela mestranda. Também foi de grande valia, nesta

fase da pesquisa, a orientação fornecida à professora-investigadora pela ferramenta analítica desenvolvida por Mortimer e Scott (2002).

5.2 A SEQÜÊNCIA DIDÁTICA

A seqüência didática foi aplicada nas aulas de Biologia da turma em estudo no período de julho a setembro de 2006, respeitando-se os períodos em que a escola esteve em recesso. Embora as atividades tenham ocorrido em aulas geminadas, cada uma perfazendo 50 minutos, Foi eventualmente utilizada parte do horário de outra aula, quando eram feitas atividades de natureza mais interativa, como a realização de jogos. Nestes casos, as aulas duraram 135 minutos.

O objetivo da seqüência didática com base na qual foi realizada a intervenção era contribuir para que os estudantes compreendessem a teoria da evolução por seleção natural como modelo explicativo para mudanças evolutivas, tendo como base a abordagem de adaptações. Na elaboração da seqüência didática, foram usados resultados de entrevistas semi-estruturadas realizadas com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio da própria escola onde foi realizada posteriormente a intervenção, ainda no âmbito do projeto "Educação Científica no Contexto Multicultural do Estado da Bahia: Desenvolvimento e Avaliação de Estratégias de Ensino para Alfabetização Científica com Respeito à Diversidade Cultural". Essas entrevistas tiveram como intuito obter evidências sobre concepções prévias dos estudantes em relação aos conteúdos que seriam trabalhados na seqüência, bem como mapear possíveis fontes de dificuldades para a aprendizagem daqueles conteúdos.

As entrevistas foram realizadas por outra pesquisadora integrante do projeto. Inicialmente foi feito um contato com a direção da escola para solicitação da autorização e com os estudantes do Ensino Médio, onde foram expostos o tema e os objetivos da pesquisa e solicitação da participação voluntária dos entrevistados. A entrevista foi registrada em áudio, foram gravados 270 minutos com aparelho de fita cassete modelo SONY TCM-150, e posteriormente transcrita verbatim. A realização da entrevista criou um vínculo de confiança

entre a pesquisadora e os estudantes da unidade escolar onde a intervenção foi realizada, o que facilitou posteriormente a filmagem nas salas de aula.

Estas entrevistas semi-estruturadas mencionadas acima foram baseadas num roteiro composto de cenários (Anexo III) que se referiam a fenômenos de adaptação evolutiva e diversificação das espécies efetivamente derivados de estudos sobre evolução publicados na literatura específica. A entrevistadora ao longo da entrevista foi descrevendo algumas características apresentadas por seres vivos ou eventos que aconteceram e acontecem na natureza, apresentando na maioria pranchas que continham os cenários.

Os cenários tratavam dos seguintes temas: a diversificação da forma e do tamanho dos bicos dos tentilhões das Ilhas Galápagos; a resistência de bactérias a antibióticos ou de pragas a inseticidas; a co-evolução de plantas e seus polinizadores; e o mimetismo críptico. Na construção deste roteiro de entrevista, seguimos as diretrizes propostas por Anderson, Fisher e Norman (2002), que discutem problemas advindos do emprego de situações hipotéticas nos instrumentos utilizados até então para investigar as concepções dos estudantes acerca da seleção natural. Estes autores propõem que entrevistas e questionários construídos com esta intenção sejam baseados em casos reais de evolução, tal como fizemos no presente trabalho.

A partir dos dados coletados na realidade escolar na qual a intervenção teve lugar, bem como de referenciais oriundos da literatura sobre história, filosofia e ensino de evolução biológica e sobre a linguagem no Ensino de Ciências, identificamos algumas dificuldades que os alunos poderiam enfrentar e deveriam ser considerados na elaboração da seqüência didática. Assim, procuramos traçar estratégias que auxiliassem na superação de tais dificuldades.

A seleção de conteúdos a serem ensinados e dos objetivos de aprendizagem da referida proposta pedagógica foi orientada pela análise de conceitos estruturais[11] para a aprendizagem da teoria da seleção natural, das freqüentes concepções alternativas acerca de conceitos da Biologia evolutiva e das fontes de dificuldades para a compreensão dos mesmos. A apresentação da teoria da seleção natural, por meio da abordagem do conceito darwinista de adaptação, foi escolhida para iniciar o ensino de evolução.

Ao construir a seqüência pedagógica que foi aplicada nas aulas analisadas do presente trabalho, tivemos todo o cuidado de descrever o contexto histórico em que foi construída a

[11] Um conceito estrutural é um conceito que, ao ser construído, transforma o sistema cognitivo, permitindo a aquisição de novos conhecimentos e a organização os dados de outra maneira, transformando, inclusive, os conhecimentos anteriores (GAGLIARDI, 1986).

Teoria da Seleção natural contemplando a necessidade vista no capítulo II da utilização da história da ciência no ensino de ciências. Essa abordagem histórica pode contribuir na compreensão da coerência interna das idéias e os aspectos externos que estão associados ao desenvolvimento da Ciência.

Ao trabalharmos nas diretrizes para a intervenção, foi constatada nos estudantes uma acentuada deficiência na compreensão dos conceitos de hereditariedade. Consideramos que isso não poderia ser ignorado ao se estruturar uma seqüência didática para o ensino de evolução. A seqüência didática foi ampliada, então, para dar conta dessa deficiência.

Na versão usada na intervenção que foi parte deste trabalho, a seqüência foi organizada em dois blocos. Bloco I: Conteúdos de genética, enfocando conceitos de genética de populações e genética mendeliana que consideramos cumprir um papel estrutural no ensino e na aprendizagem da Teoria de Evolução por Seleção natural; Bloco II: Conteúdos de evolução, abordando-se a teoria da seleção natural como modelo explicativo para mudanças evolutivas, em especial, para explicar as adaptações biológicas.

A seqüência didática referente ao Bloco I teve como ponto da partida a constatação da variabilidade intra-específica, promovendo-se reflexões acerca de como tal variação é produzida, de modo a iniciar o estudo da herança biológica. O Bloco II se iniciou com a problematização da adaptação biológica, como fenômeno que solicita uma explicação causal de natureza etiológica, ou seja, que busca as causas que lhe deram origem, de maneira a propiciar a introdução da teoria da seleção natural como modelo explicativo. Além de considerar o papel desta teoria na explicação das adaptações, foi feita também uma breve discussão de seu poder explicativo face a outros fenômenos evolutivos, como a origem de novas espécies.

Os Quadros 6 e 7 apresentam os seguintes itens dos planos de aula que estruturam a proposta pedagógica: **Conteúdos**, **Dificuldades de aprendizagem enfocadas** e **Objetivos.** Os demais itens que compunham estes planos de aula – **Estratégias Metodológicas**, **Recursos**, **Discussão com o grupo**, **Exemplo de abordagem** e **Recomendações Metodológicas –** podem ser examinados no Anexo I.

QUADRO 6 – BLOCO I: Variabilidade genética e herança biológica.

UNIDADE DIDÁTICA	CONTEÚDOS	DIFICULDADES	OBJETIVOS
I: INTRODUÇÃO - VARIABILIDADE INTRAESPECÍFICA E HERANÇA	Variabilidade intraespecífica; Características hereditárias e adquiridas; Conceito de Herança.	- Não se reconhece variação intraespecífica; - As características dos organismos dependem mais do ambiente do que fatores hereditários; - Noções de herança de caracteres adquiridos.	- Fornecer organizadores prévios e mobilizar os alunos para estudo do conceito de herança biológica e do conceito biológico de espécie, e para a construção ou o amadurecimento do pensamento populacional.
II: CÉLULAS, CROMOSSOMOS E HERANÇA BIOLÓGICA	- Desenvolvimento histórico do conhecimento acerca da herança biológica; - Cromossomos, DNA e informação genética; - Células sexuais e herança biológica; - Meiose, manutenção da dotação cromossômica e variabilidade genética.	- A concepção de que a informação hereditária do zigoto se reparte entre as células, ou seja, a idéia de que cada célula somática contém apenas a informação de que necessita para realizar suas funções; - É comum a concepção alternativa de que os progenitores não contribuem com a mesma quantidade de informação genética para o zigoto; - Noções de herança de caracteres adquiridos.	- Conhecer como os processos de herança biológica foram explicados ao longo da História da Ciência; - Distinguir células somáticas e células germinativas; - Conhecer a estrutura do cariótipo humano; - Reconhecer que a informação genética é a mesma em todas as células somáticas de um mesmo organismo, independente das funções que estas desempenham nos diferentes tecidos; - Compreender a natureza da informação genética (relacionar cromossomos, DNA, gene e hereditar.); - Compreender como a informação genética é transmitida de célula a célula e de pais para filhos.
III: REPRODUÇÃO SEXUADA E RECOMBINAÇÃO GÊNICA, MUTAÇÃO E VARIABILIDADE INTRAESPECÍFICA	- Dotação cromossômica; - Cromossomos Homólogos; - Meiose e gametogênese; - Meiose e variabilidade genética.	- Os alunos não relacionam meiose com recombinação gênica, considerando que todos os espermatozóides ou óvulos produzidos por um indivíduo trazem a mesma informação genética.	- Conhecer a estrutura e distribuição dos cromossomos nas células e sua relação com os caracteres hereditár.; - Relacionar meiose, formação de gametas e recombinação gênica: ter clareza acerca do processo de redução e segregação aleatória dos cromossomos homólogos que ocorre na meiose, de modo a compreenderem que são produzidos gametas haplóides e geneticamente diferentes uns dos outros; - Compreender o papel da segregação aleatória dos cromossomos homólogos e da permuta ou *crossing-over* que ocorrem na meiose para o aumento da variabilidade genética dos indivíduos da mesma espécie; - Analisar processo de fecundação e variabilidade genética.

QUADRO 7 – BLOCO II: Conceito darwinista de adaptação, seleção natural e mudanças evolutivas.

UNIDADE DIDÁTICA	CONTEÚDOS	DIFICULDADES	OBJETIVOS
I: PROBLEMATIZAÇÃO DO FENÔMENO DA ADAPTAÇÃO E LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS	- Descrição empírica do fenômeno da adaptação biológica	- Ausência de explicação etiológica: a adaptação não é concebida como um fenômeno que demande explicação causal.	- Problematizar o fenômeno da adaptação: chamar atenção para o fenômeno, de modo a apresentá-lo como um fenômeno freqüente no mundo vivo e intrigante, e, mais do que isso, que demanda explicação causal que dê conta de sua origem; - Elicitar e explorar as visões dos estudantes sobre o fenômeno da adaptação biológica; - Engajar os estudantes na busca de uma explicação causal para a adaptação biológica.
II: DESENVOLVENDO A ESTÓRIA CIENTÍFICA - APRESENTAÇÃO DO MODELO EXPLICATIVO DA SELEÇÃO NATURAL	- Variação intraespecífica; - Conceito de freqüência gênica e fenotípica; - Dinâmica de populações; - Seleção natural.	- Visão tipológica e essencialista de espécie. - Confusão entre ajuste fisiológico e adaptação evolutiva.	- Apresentar a seleção natural como mecanismo causal plausível para explicar a origem das adaptações biológicas; - Conceituar adaptação como característica que se fixou numa população, como resultado da seleção natural; - Caracterizar a adaptação como um processo filogenético, e não ontogenético.
III: DESENVOLVENDO A COMPREENSÃO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA – DARWIN, SELEÇÃO NATURAL, ADAPTAÇÃO E DIVERSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES	- Desenvolvimento de uma visão da natureza da construção do conhecimento científico que consideramos mais adequada, ao apresentá-la como atividade humana, social e historicamente situada. Pretende-se, assim, discutir a natureza naturalista da explicação científica e a possibilidade de que isso leva a uma reação negativa ao discurso das Ciências. Ao se discutir como novas concepções de causalidade foram surgindo na História da Ciência, sendo a formulação da Teoria da Seleção natural um episódio emblemático neste processo.	- Dificuldades enfrentadas na compreensão da natureza da ciência e do conhecimento científico.	- Apresentação da seleção natural como modelo teórico para explicação da adaptação e diversificação das espécies considerado, até os dias de hoje, mais plausível pela comunidade científica; - Apresentar a Ciência como uma das formas de produção humana de conhecimento sobre a natureza, sua origem histórica e modo de investigação e explicação dos fenômenos naturais; - Descrever o contexto histórico em que foi construída a Teoria da Seleção natural, mostrando as questões que estavam postas aos naturalistas do século XVIII e XIX sobre a diversidade de vida, as adaptações e a história da vida na terra, bem como a diversidades de perspectivas assumidas na explicação de tais fenômenos; - Analisar as idéias e observações que contribuíram para que Darwin desenvolvesse a Teoria da Seleção natural.

VI

ENTRANDO NA SALA DE AULA ATRAVÉS DE EPISÓDIOS DE ENSINO: O CONTEXTO DA DINÂMICA DISCURSIVA

Para a apresentação dos dados analisados foram construídos mapas de eventos. O mapa de eventos é um importante instrumento utilizado na pesquisa etnográfica interacional (GREEN; MEYER, 1991), possibilitando, de acordo com Martins e colaboradores (2004), a interpretação dos movimentos de re-contextualização realizados durante a aula. Desse modo, ele facilita o estabelecimento de unidades de análise, em função de critérios como as ênfases temáticas e os padrões discursivos típicos de determinada seqüência discursiva.

Segundo Collins e Green (1992), a sala de aula é um espaço no qual um grupo constrói e reconstrói uma cultura de sala a partir de uma cultura escolar. As interações dos sujeitos sociais e os papéis que ocupam na sala de aula se refletem no processo de ensino e aprendizagem. De acordo com Amaral e Mortimer (2006), na abordagem etnografica interacional, os processos de ensino e aprendizagem são compreendidos como socialmente construídos, fazendo com que haja uma ruptura em relação a visões dicotômicas das relações entre indivíduos e a sociedade. As interações entre sujeitos sociais na sala de aula constituem, então, a base para a compreensão do fenômeno da aprendizagem.

A apresentação dos dados por meio dos mapas de eventos, adaptados da etnografia interacional permite visualizar as atividades realizadas pelos professores e estudantes no desenrolar das aulas. Por meio dele, podemos identificar e extrair episódios de ensino para a análise da dinâmica discursiva.

Os episódios analisados foram extraídos de uma seqüência de três aulas da unidade didática da que versava sobre o conceito darwinista de adaptação, seleção natural e mudanças evolutivas. A primeira aula foi ministrada no dia 13/09/2006. A professora teve como objetivos: problematizar o fenômeno da adaptação chamando atenção, de modo a apresentá-lo como um fenômeno freqüente no mundo vivo e intrigante, e, mais do que isso, que demanda explicação causal que dê conta de sua origem, elicitar e explorar as visões dos estudantes sobre o fenômeno da adaptação biológica e engajar os estudantes na busca de uma explicação

causal para a adaptação biológica. O episodio 1- “explorando idéias a respeito da adaptação”- foi retirado do momento em que a professora indaga os estudantes em relação à causalidade do mecanismo de camuflagem dos siris que observaram no ambiente em que viviam neste caso uma ilha. A segunda aula foi ministrada no dia 14/09/2006. Nesta aula, a professora teve como objetivos: apresentar a seleção natural como mecanismo causal plausível para explicar a origem das adaptações biológicas, conceituar adaptação como característica que se fixou numa população como resultado da seleção natural, Caracterizar a adaptação como um processo filogenético, e não ontogenético. Foi escolhido o exemplo da camuflagem de uma espécie de louva-a-deus, para que a partir de algumas suposições acerca de mudanças ambientais e padrão de herança, fosse possível reconstruir a estrutura lógica em que se encontra estruturada a Teoria da Seleção Natural. O episódio 2 “questionando a adaptação biológica – foi extraído do momento no qual a professora explorava as idéias dos estudantes a respeito da característica do louva-a-deus que estava relacionada com a sua sobrevivência , para chegarem a um mecanismo que explicasse o aparecimento desta característica,considerada uma adaptação biológica.

O último episódio foi selecionado da aula ministrada no dia 15/09/2006, onde a professora tinha como objetivos: descrever o contexto histórico em que foi construída a Teoria da Seleção Natural, mostrando as questões que estavam postas aos naturalistas do século XVII e XVIII sobre a diversidade de vida, adaptações e história da vida na terra, e a diversidades de perspectivas explicativas para tais fenômenos e analisar as idéias e observações que contribuíram para que Darwin desenvolvesse a Teoria por Seleção Natural. O episódio – “questionando a seleção natural” ocorre no final da aula, quando uma estudante se posiciona contrariamente ao ponto de vista científico desenvolvido pela professora das explicações para adaptação e origem das espécies propostas por Darwin.

Para a apresentação dos dados e posterior análise dos episódios selecionados serão apresentados na seção seguinte os mapas de eventos construídos a partir das aulas gravadas em sala de aula durante a intervenção.

6.1 MAPA DE EVENTOS

Apresentamos nos quadros 8, 9 e 10 os mapas de eventos das aulas nas quais a seqüência didática foi aplicada na classe investigada.

QUADRO 8 – Mapa de eventos da aula ministrada no dia 13/09/2006*

TEMPO (MINUTOS)	ATIVIDADE DESENVOLVIDA	PRINCIPAIS TEMAS	AÇÕES DOS PARTICIPANTES	COMENTÁRIOS
05	A professora inicia a aula.		A professora explica aos estudantes que irão trabalhar mecanismos de alguns organismos que o auxiliam na sobrevivência em determinados ambientes através de pranchas coloridas.	
17	Explorar as idéias dos alunos a respeito dos diferentes mecanismos de alguns organismos que o auxiliam na sobrevivência em determinados ambientes EPISÓDIO 1 **"explorando idéias a respeito da adaptação"**	Adaptação biológica	A professora indaga aos estudantes em relação à causalidade dos mecanismos que observaram nas pranchas de alguns organismos que o auxiliam na sobrevivência em determinados ambientes. A professora insistentemente pede que os estudantes pensem em relação a causalidades e vai questionando os estudantes que colocam as suas idéias em relação ao que está sendo pedido. Professora retoma aulas anteriores de hereditariedade, reprodução sexual quando vai discutindo alguns posicionamentos. Professora vai registrando as idéias dos alunos no quadro e indagando-os em relação às colocações. Com o auxílio de pranchas coloridas e alguns exemplos de adaptação biológica a professora discute sem aprofundamento esses mecanismos, e retoma a indagação em relação às causas de tais fenômenos.	((Bastante barulho nos corredores da escola. Péssima acústica. (Luminosidade excessiva na sala prejudicando a visualização das pranchas.)) ((Professora pede que os alunos pensem e respondam em relação às causas, muitos respondem exemplificando os fenômenos, mas sem conseguir atribuir nenhuma causalidade)). ((Professora reclama com alunos que estão discutindo entre si, pede que discutam com toda a classe)).
05			Professora finaliza a aula dizendo na aula seguinte irão ver através de uma simulação, de um jogo como as variantes de organismos vivos se mantêm na natureza. Explica como irão reproduzir o ambiente na sala explicando como será o jogo. também fala aos estudantes que eles irão ver que naturalistas antigos se faziam essas perguntas,muitas bem parecidas com as idéias de algumas colocações e foram em respostas as causas desses fenômenos,que irão estudar a história da ciência e a sua contribuição para a compreensão de tais mecanismos.	

QUADRO 9 – Mapa de eventos da aula ministrada no dia 14/09/2006.*

TEMPO (MINUTOS)	ATIVIDADE DESENVOLVIDA	PRINCIPAIS TEMAS	AÇÃO DOS PARTICIPANTES	COMENTÁRIOS
04	A professora inicia a aula.		A professora faz um retrospecto da aula anterior, relembrando que a finalizaram problematizando o surgimento da camuflagem.	
22	Explorar as idéias dos estudantes a respeito dos diferentes mecanismos que auxiliam na sobrevivência de certos organismos em determinados ambientes. **EPISÓDIO 2** **"questionando a adaptação biológica"**	Adaptação evolutiva	A professora indaga aos estudantes em relação às causas envolvidas nos características que observaram em pranchas mostrando alguns organismos que o auxiliam na sobrevivência em determinados ambientes. A professora insistentemente pede que os estudantes pensem em relação às causas dos fenômenos observados e vai colocando questões de modo a incentivar os estudantes a apresentarem suas idéias em relação ao que está sendo pedido. A professora retoma as aulas anteriores sobre herança e reprodução sexuada, na medida em que vai discutindo alguns posicionamentos. A professora vai registrando as idéias dos estudantes em relação à camuflagem no quadro e perguntando-lhes sobre as suas colocações. Com o auxílio de pranchas coloridas, com alguns exemplos de adaptação, a professora discute, sem aprofundamento, mecanismos para explicar a origem das adaptações evolutivas, e retoma a indagação em relação às causas de tais fenômenos.	((Bastante barulho nos corredores da escola)). ((Péssima acústica)). ((Luminosidade excessiva na sala prejudica a visualização das pranchas)).
5	Conclusão da aula e indicação do que será abordado na próxima.		A professora finaliza a aula, dizendo que, na aula seguinte, vivenciarão através de um jogo uma simulação da seleção natural como mecanismo causal plausível para explicar a origem das adaptações. Explica como reproduzirão um ambiente na sala, explicando como será o jogo. Também fala aos estudantes que eles verão na próxima aula que, ao longo da história da ciência, foram pensados alguns possíveis mecanismos para explicar a adaptação. A professora cita Charles Darwin e Wallace como proponentes da teoria da seleção natural e fala que na aula seguinte irão estudar sobre esses cientistas e suas contribuições para o estudo da evolução das espécies.	((Professora reclama com estudantes que estão discutindo entre si, pedindo que discutam com toda a classe)).

* No mapa, é indicado episódio selecionado para análise.

QUADRO 10 – Mapa de atividades da aula ministrada no dia 15/09/2006.*

TEMPO (MIN.)	ATIVIDADE DESENVOLVIDA	PRINCIPAIS TEMAS	AÇÃO DOS PARTICIPANTES	COMENTÁRIOS
6	A professora inicia aula, revisando a aula anterior		Anuncia que irão trabalhar com a apostila "Darwin e a seleção natural". Relembra o que falou na aula anterior sobre os naturalistas Darwin e Wallace. A professora indaga os estudantes em relação aos pontos trabalhados na aula anterior.	((Estudantes atrasados ainda estão entrando na sala, muito barulho no corredor. Professora leva bastante tempo dando aos estudantes *feedback* em relação às aulas anteriores)).
23	Leitura e explicação da apostila "Darwin e a seleção natural".	História da ciência Darwin e a seleção natural explicação das adaptações na teoria de Darwin.	A professora começa a leitura da apostila, interrompendo periodicamente para esclarecimentos e explicações do texto. Contextualização da descoberta do novo mundo com a descoberta do nosso país; interage com os estudantes contextualizando os acontecimentos históricos. Colocação de outras formas de produção de conhecimento por outras culturas que não a Ciência ocidental moderna. Destaque aos estudantes para a importância do conhecimento que eles adquirem no cotidiano.	
PAUSA PARA A TROCA DA MÍDIA NA FILMADORA				
+ 35 *	Continuação da leitura e explicação		Indaga aos estudantes a respeito dos processos sobre os quais estão lendo. Utiliza pranchas para explicar os fenômenos trabalhados na apostila. Interage com os estudantes, contextualizando os acontecimentos históricos.	((Interrupções na aula por estudantes de outras turmas e coordenadores da escola. Professora chama a atenção para que os estudantes coloquem as suas idéias ao longo das explicações)).
6	Finaliza a aula e aplica um questionário.		A professora finaliza a aula colocando as fotos de Darwin e Wallace já idosos e brinca com os estudantes, relembrando as fotos dos cientistas jovens no inicio da aula, e diz que o envelhecimento é um processo natural que não tem como escapar. Pede para os estudantes que releiam a apostila em casa e, após a exposição a esses "novos" conhecimentos, observem o ambiente à sua volta	((O tempo da aula acaba antes de a professora acabar a apostila. A professora tem que ir para outra turma e pede à outra pesquisadora, responsável pela filmagem, para ficar com os estudantes enquanto respondem ao questionário)).
20	Aplicação do questionário. Nova explicação em relação às correntes fixistas e evolucionistas. A professora se despede dos estudantes. **EPISÓDIO 3 "questionado a seleção natural"**		A professora lê as questões com os estudantes, explicando-as. Uma estudante chama a atenção da professora em relação a uma indagação que a mesma prometera fazer aos estudantes ao término da aula, em relação ao fixismo e evolucionismo. Após intervenção da aluna, a professora volta a explicar as correntes evolucionistas e fixistas e perguntam com qual delas eles se identificam. Aluna apresenta a sua posição contrária à da Ciência, se posicionando na corrente fixista e a professora reforça a idéia científica.	((Estudantes conversam entre si durante a realização da atividade. Entregam a atividade e vão saindo gradativamente)).

* No mapa, é indicado episódio selecionado para análise.

A partir dos mapas de eventos apresentados acima, identificamos eventos discursivos em forma de episódios de ensino para serem analisados à luz da ferramenta metodológica desenvolvida por Mortimer e Scott (2002). De acordo com Silva e Mortimer (2005), a construção de unidades de significado ou episódios deve levar em conta a perspectiva dos participantes, bem como levar em consideração a idéia de que o Ensino de Ciências, por estar situado em um ambiente institucional específico, tem suas próprias regras quanto à dinâmica da sala de aula. Essas regras envolvem, em particular, a divisão do tempo das aulas em termos de uma seqüência de atividades colocadas em prática. Nesse sentido, as unidades de significado, em geral, são predeterminadas pelo plano do professor. Ao se efetivarem, tais unidades originam os episódios da vida da sala de aula. Estes são constituídos pelas interações entre os sujeitos (estudantes e professor), como também entre os sujeitos e os recursos disponíveis (livro-texto, aparatos usados em atividades práticas etc.). Os autores observam, porém, que os episódios nem sempre coincidem com as fases das atividades previstas, uma vez que estas não se concretizam necessariamente de acordo com o plano proposto pelo professor. Em sua visão, um episódio tem um início nítido quando um novo conteúdo temático é introduzido ou uma nova tarefa é iniciada e possui um fim claro quando o professor ou um estudante introduz outro tema ou outra tarefa.

Nas interações discursivas realizadas na classe em estudo, há uma carência de elicitações por parte dos estudantes, apesar de as atividades terem sido planejadas para que apresentassem um caráter bem interativo. Por esse motivo, houve certa dificuldade na escolha dos episódios a serem analisados.

Uma das interpretações para essa baixa interatividade da turma seria o receio de enunciar respostas “erradas”, principalmente por estarem sendo filmados. Outra interpretação seria a questão de que na maioria das disciplinas ministradas na escola, as aulas careciam desse espaço de interação fazendo com que os estudantes mantivessem uma postura passiva.

Além da baixa interatividade da turma, outros problemas determinaram a escolha dos episódios para a análise. As dificuldades encontradas para identificar estudantes que produziam determinadas falas, durante a análise das aulas gravadas, bem como para compreender algumas enunciações dos estudantes, sugere que seria importante utilizar mais de uma câmera de vídeo e associá-las a outros recursos de áudio tal como microfones nos grupos. O que proporcionaria, assim, um melhor procedimento metodológico para o estudo dos processos discursivos e da construção dos significados em sala de aula.

6.2 ANALISANDO EPISÓDIOS DE ENSINO À LUZ DA ESTRUTURA ANALÍTICA DE MORTIMER E SCOTT

Os episódios de ensino que analisaremos neste capítulo foram selecionados por apresentar, no contexto de suas interações, ao longo do desenvolvimento da "estória científica" pela professora, indícios de aspectos discursivos importantes previstos no planejamento da seqüência didática. Entre estes aspectos, encontramos: a exploração das idéias dos estudantes, a seleção de significados por meio das idéias que os estudantes apresentaram e a marcação dos conceitos científicos chave dentro da temática em estudo, assim como o compartilhamento de significados com os atores sociais da classe. Além disso, estes episódios parecem mostrar indícios dos ciclos de atividades da abordagem comunicativa do professor do tipo *discutir/trabalhar/rever*, considerados fundamentais para desenvolver a estória científica.

Foram escolhidos três episódios para serem analisados: "explorando idéias a respeito da adaptação", "questionando a adaptação biológica" e "questionando a seleção natural".

Na apresentação dos episódios, procuramos em primeiro lugar descrever de quais aulas foram extraídos. Logo após, apresentamos as transcrições feitas para os trechos selecionados dos referidos episódios, assim como o quadro com a síntese dos cinco aspectos chave dos episódios levando em consideração a ferramenta de análise de Mortimer e Scott (2002).

Na transcrição dos dados foi utilizada uma adaptação da convenção de Marcuschi (2001), optando-se pela pontuação da escrita formal com o objetivo de facilitar a leitura dos dados transcritos.

6.2.1 Episódio 1 – “explorando idéias a respeito da adaptação”

Os episódios foram extraídos das aulas da seqüência pedagógica que desenvolvemos. Nestas aulas, foram trabalhados os conceitos de adaptação, seleção natural e evolução, com os objetivos iniciais de levantar e discutir as concepções prévias dos estudantes, bem como de problematizar o fenômeno da adaptação, chamando a atenção para sua freqüência no mundo vivo e sua natureza intrigante.

O primeiro episódio ocorreu na etapa de levantamento dos conhecimentos prévios, na unidade didática: **Problematização do fenômeno da adaptação e levantamento de conhecimentos prévios,** integrante do Bloco II da seqüência pedagógica. A aula foi ministrada no dia 13/09/2006. O ensino foi planejado de forma que os estudantes pudessem colocar as suas idéias a respeito do fenômeno da adaptação e, posteriormente, reelaborar as suas idéias a partir da exploração feita pelo professor.

A professora inicia a aula convidando os estudantes a analisarem a relação dos seres vivos com o ambiente em que eles vivem. Na seqüência pedagógica que estava sendo aplicada, eram descritos exemplos de adaptação biológicas bem intrigantes, como as adaptações da língua, pata e penas do pica-pau e a camuflagem de insetos (Anexo IV). Contudo, ao dar início ao desenvolvimento da estória científica, a professora também procurou colocar exemplos de adaptação biológica que tivessem relação com o contexto em que viviam os estudantes, considerando-se o fato de eles morarem em uma pequena ilha e viverem do pescado. Foram então mencionados casos de adaptações biológicas presentes no dia-a-dia dos estudantes, como a camuflagem dos siris. A professora trabalhou exemplos em relação à semelhança da coloração dos siris e aos ambientes em que eles habitam.

A intenção da professora neste episódio foi explorar as idéias dos estudantes em relação à existência da diversidade biológica existente e guiá-los para o estudo do conceito de adaptação biológica.

O Quadro 11 apresenta a transcrição do episódio “explorando idéias a respeito da adaptação biológica”. O Quadro 12 contém uma síntese dos aspectos discursivos da professora nos segmentos submetidos à análise, levando em conta os cincos aspectos que focalizam o papel do professor em: focos de ensino, abordagem e ação.

QUADRO 11 – Episódio de ensino: explorando idéias a respeito da adaptação[12].

TURNOS	TRANSCRIÇÕES
1	P: Agora nós vamos analisar, assim, a interação... A relação das espécies de seres vivos, e dos seres vivos com o meio ambiente, com o ambiente em que vivem. (...) Na ilha vocês devem observar todos os dias, coisas maravilhosas, no ambiente marinho (+) Então, assim, existem, assim nos parece, que os seres vivos de alguma forma eles estão... (+) não posso dizer em harmonia, mas... A forma de vida de alguns seres vivos está BEM ligada ao ambiente em que eles vivem, eu poderia dizer isso? Eu poderia pensar nisso? Eu estaria falando alguma bobagem se... (+) Lá no ambiente de vocês, aquele sirizinho, que eu não sei dizer o nome, quando a gente vai tentar pegar ele, ele ((faz gesto com as mãos, imitando o siri submergindo na areia)), entra na areia e fica parecendo da cor da areia...
2	A1: É o siri branco.
3	P: Sim?
4	A1: Siri Branco.
5	P; Aí! Eu tenho que aprender isso com vocês. Será que tem alguma... Vamos começar a pensar, relacionar estes mecanismos destes organismos, será que tem alguma função, alguma lógica, que ocorra isso? (+) Quer dizer, quando a gente vai se aproximando deste tipo de siri, o que é que ocorre?
6	A1: Ele se esconde para a gente não pegar ele.
7	P: Ele se esconde. Eu vejo ele, assim, eu vejo ele se esconder na areia ((repete gesto com as mãos, imitando siri se enterrando na areia)), quando ele vai para dentro, é fácil de olhar assim?
8	A1: Fácil não é não, professora!
9	P: Por quê?
10	A (?) Porque ele cava um buraco na areia.
11	P: Mas aí não daria para enxergar não, pela coloração?
12	A2: Ele está procurando se esconder. (+) Porque ta acamuflado.
13	P: Como? E a coloração dele assim...
14	A3: É da cor da areia.
15	P: Puxa que coisa, né! (+++) Não parece que existe alguma relação entre essa forma de viver, esse correr e se esconder, ser da mesma cor do ambiente... Será que isso tem alguma finalidade para aquele organismo, ou para o ambiente?
16	Silêncio
17	P: Por que será que ele se esconde? Vocês me disseram que ele se esconde. Eu já observei isso. Não tanto quanto vocês, porque eu não tenho tempo, né? De ficar na praia. Mas vocês estão lá... Vocês estão me dizendo que não é fácil de enxergar, porque ele é da cor da areia. E o siri azul? Não tem o siri azul? Não tem?

[12] Os sinais utilizados na transcrição do episódio são baseados em Marcuschi (2001): [+] representando as pausas, uma maior quantidade de sinais indica pausa longa; [( )] transcrições sobre as quais há dúvidas sobre o que foi transcrito; [(( ))] comentários do analista em parênteses duplos; [/-] truncamentos bruscos da fala; ênfases importantes marcadas com letras maiúsculas, assim como diferentes entonações na fala; reticência utilizada para representar hesitação ou fala não concluída; e [...] omissões de trechos das transcrições. Utilizamos (?) quando há dúvidas de quem proferiu o enunciado e (??) quando o registro é inaudível.

No turno 1, a professora procura chamar a atenção dos estudantes para o fenômeno da adaptação, que é tanto freqüente no mundo vivo quanto intrigante. Isso demanda, por sua vez, uma explicação acerca de sua origem. Ao buscar exemplos mais próximos do contexto dos estudantes, a intenção da professora é fazer com que haja um maior engajamento deles no desenvolvimento inicial da estória científica.

No turno 5, a professora dá prosseguimento à resposta do estudante, ao questionar se haveria alguma funcionalidade da cor do siri em relação ao ambiente em que ele vive. Ao fazer isso, a professora objetiva levar os estudantes a elaborarem suas idéias sobre o comportamento do animal naquelas condições ambientais, quais as vantagens e desvantagens da cor do organismo que estava sob análise.

No turno 6 o aluno A1 em resposta à pergunta da professora, promove um enunciado demonstrando a sua idéia em relação ao comportamento do animal.

No turno 7, a professora repete a resposta do estudante e acrescenta uma pergunta visando fazer com que ele perceba uma importante característica do organismo para o desenvolvimento do conceito de adaptação biológica que iria ser desenvolvido mais à frente e compartilhar as idéias com toda a turma.

Entre os turnos 8 e 17, a professora oferece prosseguimento para que os estudantes desenvolvam e explicitem as suas idéias em relação às vantagens de alguns organismos terem estruturas semelhantes ao ambiente em que vivem, dificultando assim a sua detecção. No turno 15, a professora questiona se o comportamento do siri “branco” ao se esconder no ambiente de coloração semelhante a sua no caso a areia, teria alguma finalidade para o organismo ou para o ambiente. Essa intervenção teve a finalidade de estimular os estudantes para que explicassem melhor suas idéias em relação ao fenômeno científico que estava sendo abordado.

A professora conduz um padrão de interação com cadeias não triádicas do tipo do tipo IRPIRP... Numa tentativa de uma abordagem comunicativa do tipo interativa/dialógica, oferecendo oportunidades para os estudantes explicitassem e elaborassem suas idéias a respeito da diversidade dos organismos vivos e de como eles se relacionam com o meio ambiente.

A professora nesse segmento busca garantir uma compreensão compartilhada que possibilite a continuidade da elaboração do conhecimento pelos alunos, sendo a exploração das idéias deles fundamental para tal objetivo.

O Quadro 12 apresenta uma análise dos aspectos discursivos da professora do segmento 1 a 17 do episódio de ensino em análise, levando em consideração os cinco aspectos da ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002).

QUADRO 12 – Análise dos aspectos discursivos da professora baseada na ferramenta de Mortimer e Scott (2002).

SEGMENTOS	1- 17
INTENÇÃO DA PROFESSORA	Explorar a visão dos estudantes sobre o fenômeno da adaptação biológica. Oferecer oportunidades para que elaborem suas idéias a este respeito.
CONTEÚDO	Descrição do fenômeno da adaptação biológica
ABORDAGEM COMUNICATIVA	Interativa/dialógica (I/A)
PADRÃO DE INTERAÇÃO	I-R-P-I-R-P... Cadeias não triádicas
INTERVENÇÃO DA PROFESSORA	Explorar as idéias dos estudantes

6.2.2 Episódio 2 – "questionando a adaptação biológica"

Esse episódio foi extraído da unidade didática II: "Desenvolvendo a estória científica" – Apresentação do modelo explicativo da seleção natural –, integrante do Bloco II da seqüência pedagógica. Esta aula foi ministrada no dia 14/09/2006.

Para o desenvolvimento dessa aula, a professora arrumou a sala em semicírculo, para que os estudantes pudessem assistir à sua exposição, bem como examinar, juntos, pranchas com ilustrações coloridas mostrando um caso específico de camuflagem do inseto louva-a-deus.

A professora relembrou a aula anterior, na qual havia descrito o fenômeno da adaptação biológica, ou seja, de que os seres vivos apresentam características, tanto

estruturais como comportamentais, que favorecem a obtenção de recursos nas condições ambientais em que vivem o que aumenta suas chances de sobrevivência. Ela recapitulou, ainda, algumas explicações que a turma tinha apresentado para possíveis origens dessas características.

A professora convidou os estudantes para analisarem um caso específico de camuflagem, a do louva-a-deus. Ela explicou que os louva-a-deus são insetos que vivem entre a folhagem ou em galhos de árvores; que posicionam suas patas de uma maneira que lembra a posição de alguém rezando, sendo esta a origem de seu nome vulgar; que ficam nessa posição, espreitando, para capturar outros insetos, dos quais se alimentam, mas, por outro lado, são eles próprios predados por determinadas espécies de pássaros.

Após esse procedimento, a professora mostrou aos estudantes uma prancha (Figura 6), analisando-a junto com os estudantes. Em seguida, convidou-os para fazerem algumas suposições a respeito do louva-a-deus em relação as suas, características físicas e de sua relação com a sobrevivência, de modo que pudessem iniciar a construção da compreensão de um mecanismo que explicasse o aparecimento desta característica, considerada uma adaptação biológica.

FIGURA 6 – Prancha usada para ilustrar a camuflagem do louva-a-deus.

O Quadro 13 mostra a transcrição feita do episódio “questionando a adaptação biológica”.

QUADRO 13 – Episódio de ensino: questionando a adaptação biológica.

TURNOS	TRANSCRIÇÕES
1	P: Hoje nós vamos ver como surgiram essas variações na natureza. Como era o nome daquele mecanismo que eu disse ontem que aqueles organismos, hã? ((levantas as mãos imitando o organismo)) Hã? É isso aqui ((aponta para o quadro, lembrando a figura estivera ali anteriormente)) e TAL coisa, dessa forma, ele está no ambiente, pode passar despercebido, tanto para aqueles animais que podem se alimentar dele, como ele se alimentar de outros animais, passar despercebido, como foi o nome disso? Esse passar despercebido? Hã? Como é o nome desse processo?
2	A (?): (??)
3	P: Hã? ((Faz gesto que não está ouvindo)) fala, fala, eu tô ouvindo!
4	Estudante (?): Camuflagem
5	P: Camuflagem! Gente! ((abre os braços)) Abra a boca e fale! Então, nós vimos à camuflagem não foi / Nós vimos aqui um exemplo super interessante e nós vamos trabalhar hoje com esse exemplo: o louva-a-deus ((pega a prancha)). O louva-a-deus, será que aqui alguém assim, imagina por que chamamos o louva-a-deus de louva-a-deus? ((entonação jocosa)) Hã? Por que será / Hã? Fala, ontem mesmo vi gente aqui falando.
6	A (?): (??)
7	P: Sim, o louva-a-deus é chamado assim por quê? Quem já viu um louva-a-deus aqui, me diga mais ou menos como ele fica?
8	A9: Nos galhos secos
9	P: Sim, por que chama louva-a-deus, como é que ele fica assim?
10	A: Parece que ele fica...
11	P: Parece que ele fica o quê? ((Faz gestos de que está rezando))
12	A9: Rezando
13	P: Parece que ele ta rezando né? ((Faz o gesto imitando o louva-a-deus)) Por isso que chamamos de louva-a-deus. Ontem, alguns de vocês disseram assim, que o louva-a-deus, ele adquire essa aparência né? Parecia com a folha, se camuflava como A7 falou aí, Hã, por alguns motivos. Quem lembra as coisas que vocês falaram? O A 9 não está aqui, mas ele disse que o louva-a-deus, ele... Essa espécie animal tinha né, esse mecanismo de camuflagem por conta da (+)? Quem lembra? A ALI? ((se dirige ao quadro para escrever))
14	A (?): Alimentação
15	P: Alimentação, não foi? ((Escreve no quadro)). A5 falou o quê? Por conta do? Ela não está aqui? Quem lembra? Por conta do AMB?
16	A (?): Ambiente
17	A7: eu escrevi
18	P: A10 falou que não. Não foi A10? A10 disse “não, eu acho que não é por conta do ambiente”. Não foi isso?

TURNOS	TRANSCRIÇÕES
19	A10: foi
20	P: O que levou você a pensar assim?
21	A? : Murmura
22	P: Hã?
23	A10: Inaudível
24	P: Você acha que foi por conta do quê? Fala aí
25	10: Deixa, deixa, ((fica hesitante))
26	P: Alguém Aqui Falou assim, eu acho que é por conta da **genética**, Falaram isso também, não foi? ((Escreve no quadro)) E o próprio A9, que falou de alimentação, ele até voltou atrás, ele disse que aquele **organismo já tinha sido programado para aquilo**, né? Ele achava que o organismo já tinha sido programado para isso. Pra ser assim. ((escreve no quadro, depois seleciona algumas idéias mais próximas da perspectiva científica e desconsidera as outras)) Através da alimentação! Todos os indivíduos, todos os organismos ((gesticula e se movimenta bastante)) / o louva-a-deus poderia obter a cor verde? Hein gente? Hein A7?
27	A7: Oi?
28	P: Poderia?
29	A: (...) por conta do **ambiente**.
30	P: Ontem mesmo você falou, e a gente chegou à conclusão que não, né? E derrubou a alimentação, como? Olha só, você falou, o louva-a-deus é verde (mostra a prancha com o louva-a-deus mimetizado) aí, nós tivemos a idéia de que essa espécie chegou a desenvolver, a ter esse **mecanismo de camuflagem**, de estar parecendo com o ambiente e aí fomos levantando questões, como? Como surgiu isso? ((Mostra as idéias dos estudantes no quadro)), as idéias de vocês. Foi através da alimentação, aí ((aponta para o estudante)) você disse uma coisa, o que foi que você disse?
31	A (?): (??)
32	P: O louva-a-deus se alimenta de quê?
33	Estudante (?): Folha
34	Estudante (?): Inseto
35	P: Então, poderia ser através da folha que ele ficou verde?
36	A3: Não
37	P: Não, né?

A professora iniciou as interações com a turma com a intenção de explorar as idéias dos estudantes em relação a diversidade biológica dos seres vivos, guiando-os para o estudo do conceito de adaptação biológica.

No Quadro 14, é apresentada uma análise dos cinco aspectos da estrutura analítica de Mortimer e Scott (2002) entre os turnos 1 e 13 deste segundo episódio. As intenções da professora eram explorar e verificar o entendimento que os estudantes tinham sobre idéias que já haviam sido por eles colocadas na aula anterior. A abordagem comunicativa nos turnos de 1 a 13 se caracteriza por uma dimensão interativa, havendo participação de estudantes e da professora no processo de comunicação dialógica. Os pontos de vista dos estudantes foram considerados na interação.

QUADRO 14 – Análise dos aspectos discursivos da professora baseada na ferramenta de Mortimer e Scott (2002).

SEGMENTOS	**1-13**
INTENÇÃO DA PROFESSORA	Explorar e verificar o entendimento dos estudantes.
CONTEÚDO	Descrição do mimetismo do louva-a-deus como adaptação.
ABORDAGEM COMUNICATIVA	Interativa/de autoridade
PADRÃO DE INTERAÇÃO	I-R-P-R-A-R-P-R-P-R-I-R-A-R-P-R Cadeias triádicas fechadas e cadeias não triádicas abertas e fechadas
INTERVENÇÃO DA PROFESSORA	Compartilhar o significado de camuflagem.

Entre os turnos 1 e 5, as intervenções da professora nos mostram o direcionamento para **o compartilhamento de significados**, conforme Mortimer e Scott (2002). No turno 5, a professora repetiu uma idéia enunciada por um dos estudantes no turno 4, compartilhando os resultados com toda a classe. No mesmo turno 5, solicitou aos estudantes que relembrassem a aula anterior, retomando idéias que surgiram no contexto da mesma. O foco da professora era tornar o significado de camuflagem disponível para os estudantes da classe.

Na seqüência iniciada no turno 1 e concluída no turno 5 estabeleceu-se uma cadeia de interação não-triádica fechada: I-R-P-R-A. No turno 7, a professora faz uma iniciação, seguida de respostas do estudante, solicitações de maior elaboração das respostas pela

professora, até que, no turno 13, a professora faz uma avaliação, que fecha o episódio. Este episódio se caracteriza, pois, por duas cadeias não triádicas fechadas.

No segmento de 1-13, predominou a abordagem comunicativa interativa de autoridade, porque um único ponto de vista foi considerado, na medida em que a professora conduziu os estudantes através do discurso com o objetivo de chegar às respostas pré-estabelecidas por ela, no caso, o ponto de vista científico sobre o fenômeno camuflagem.

Nesse segmento, a professora também buscou promover uma compreensão compartilhada entre os estudantes, que possibilitasse a continuidade da elaboração do conhecimento pelos estudantes, sendo a exploração de suas idéias fundamental para tal objetivo.

No Quadro 15, é apresentada uma análise dos aspectos discursivos da professora entre os turnos 13 e 37, nos quais a professora teve a intenção de guiar os estudantes por meio de interações discursivas que os colocassem diante da inconsistência de algumas idéias levantadas por eles com relação à causalidade do fenômeno da camuflagem. No turno 13, a professora deixou explícito que seriam analisadas idéias colocadas anteriormente. A partir do turno 15, a professora foi colocando as idéias dos estudantes no quadro para que pudessem ser analisadas e selecionadas de acordo com o discurso científico, com base na intenção da professora de desenvolver a estória científica.

QUADRO 15 – Análise dos aspectos discursivos da professora baseada na ferramenta de Mortimer e Scott (2002).

SEGMENTOS	**13 - 37**
INTENÇÃO DA PROFESSORA	Introduzir e desenvolver a ‘estória científica’, focalizando a atenção nas causas para que a camuflagem ocorra.
CONTEÚDO	Explicação empírica e teórica do mecanismo de camuflagem.
ABORDAGEM COMUNICATIVA	Interativa/de autoridade (I/A)
PADRÃO DE INTERAÇÃO	Cadeias abertas e fechadas não triádicas I-R-R-P-R-I-R-P-R-P-R-P-RP-R-I-R-P-R-A
INTERVENÇÃO DA PROFESSORA	Selecionando significados / Marcando conceitos chave

No segmento 13-37 os padrões de interação apresentados foi não triádico em cadeia aberta e fechada

A abordagem comunicativa nesse trecho do episódio se mostra interativa/de autoridade, com a professora conduzindo discursivamente os estudantes por meio de uma seqüência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico. Para tanto, vai descartando as idéias dos estudantes que não se aproximam do conhecimento científico. Apesar de a abordagem comunicativa ter caráter interativo, a professora está construindo um discurso de autoridade ao selecionar as idéias dos estudantes, trazendo para si o controle do discurso.

A intervenção da professora tem como objetivo selecionar significados entre as colocações feitas pelos estudantes, de modo que estes possam ser trabalhados visando ao desenvolvimento da estória científica. Assim, ela ora considerava as respostas de alguns estudantes na sua fala, ora descartava as respostas de outros estudantes. Padrões de interação do tipo cadeias não triádicas predominam nesse segmento. Entre os turnos 18 e 26, podemos ver expresso o prosseguimento (P) da professora caracterizando as cadeias não triádicas. Esse padrão de interação permite ao aluno prosseguir com sua fala e testar possibilidades.

Nos turnos 13, 26 e 30, a professora buscou marcar idéias científicas chave que estavam sendo trabalhadas ao longo da interação.

6.2.3 Episódio 3 – “questionando a seleção natural”

O episódio a seguir foi extraído da aula pertencente à unidade didática III: “Desenvolvendo a Estória científica – Darwin, seleção natural, adaptação e diversificação das espécies”, integrante do Bloco II da seqüência pedagógica. A aula foi ministrada no dia 15/09/2006.

No desenvolvimento dessa aula, foi trabalhada uma apostila (Anexo V) que versava sobre a história das teorias acerca da diversidade da vida na terra, tratando do fixismo e do pensamento evolutivo anterior ao darwinismo.

Utilizando-se de pranchas (Anexo VI) para ilustrar os acontecimentos presentes na apostila referentes a história do pensamento evolucionista, a professora buscou interagir com os estudantes, contextualizando os acontecimentos históricos. A professora fez a leitura dialogada da apostila, apontando que os naturalistas queriam responder a duas questões: Como explicar a adaptação de alguns seres vivos a certos ambientes e como se originaram as diferentes formas de seres vivos na natureza.

A professora chamou a atenção para o fato de que várias pessoas no século XIX já tinham idéias evolucionistas, mas não haviam proposto mecanismos convincentes para explicarem a evolução dos seres vivos. A professora disse que há diversas formas de explicar o mundo natural e que várias culturas produziram e produzem conhecimento acerca do mundo natural.

A professora procurou o tempo todo contextualizar o texto com relação à experiência de vida dos alunos, que, na sua maioria, são pescadores. Além de contextualizar o texto, a professora os instigou a refletirem sobre as idéias nele colocadas, bem como a exprimirem suas próprias idéias. A professora finalizou a leitura do texto no mesmo momento em que acaba o horário da aula, distribuindo então um questionário (Anexo VII) para avaliar as aulas ministradas.

Uma estudante relembrou a professora de perguntá-los qual a corrente de pensamento que eles estavam considerando mais, se a fixista ou a evolucionista. A professora fez a pergunta e a aluna que tinha feito a observação respondeu que achava a corrente fixista, balançando a cabeça de forma afirmativa. A professora insistiu e perguntou se mesmo depois da explicação dada em aula a aluna continuava com essa opinião e ela respondeu novamente que sim, afirmando ainda acreditar no que estava escrito na bíblia.

A professora indaga aos demais estudantes, que não respondem. Ela reforça que eles podem responder na questão que trata sobre o tema no questionário o que acham, o que acreditam em relação ao fixismo e ao evolucionismo.

O quadro 16 apresenta a transcrição do episódio “questionando a seleção natural”.

QUADRO 16 – Episódio “questionando a seleção natural”.

TURNOS	TRANSCRIÇÕES
1	P: Eu vou deixar vocês respondendo o questionário.
2	A1: Professora, a senhora disse que ia fazer uma pergunta...
3	P: Ah foi.
4	A1: A senhora falou que ia perguntar o que era fixismo sei lá
5	P: Não, eu expliquei o que era fixismo, que era (??) que eles achavam que essas diferenças de espécies eram explicadas pela criação divina. Que elas foram criadas daquela forma e que não havia modificação ao longo do tempo e os evolucionistas não, eles acreditavam que havia (??) transformação das espécies e que foram dando essa diversidade que nós temos. Aí eu ia perguntar se vocês (??), as suas idéias são mais para os fixistas daquela época ou para os evolucionistas?
6	A1: Sou mais para os fixistas
7	P: É? Você acha assim que, [+] hã, mesmo depois daquela apresentação de ontem a gente vendo a variação ((Jogo da seleção natural uma simulação da seleção natural para que eles entendessem como o processo ocorre na natureza realizado na aula anterior.))
8	A1: Eu acho que é coisa divina, professora
9	Pesquisadora: Fale mais sobre isso, A1
10	P: É, bote a sua colocação ((A aluna fica envergonhada)). Fala A1.
11	A1: O quê, professora?
12	P: O que você acha?
13	Pesquisadora: Inclusive vocês podem colocar aí ((Questionário que estão respondendo))
14	P: Quer escrever? Quer escrever o que você acha? ((Aluna abaixa a cabeça)) Quem ainda está respondendo?
15	A1: Levanta a mão
16	P: Hã, nessa última questão, quiser colocar o seu posicionamento,” Ah! eu acredito mais, [+] , do lado dos fixistas, Né? Aqueles que acreditam que essas diferenças, esses diferentes organismos, essas diferenças imensas que nós temos na natureza é fruto de uma criação divina e que [+] desde o início dos tempos, a formação do mundo elas foram criadas dessa forma da criação divina, essa coisa perfeita e se mantêm ao longo do tempo não havendo transformação”. E se você acha, “eu me posiciono mais para os evolucionistas, aqueles que acham que houve transformações ao longo do tempo, de uma espécie originando outras”.
17	A1: Porque quando Deus fez a natureza, fez completa com pássaros, com tudo. Eu acho mais a primeira.
18	P: E você estudante A9, quer escrever? Quem não se sentir à vontade de falar pode escrever. Viu A7? Coloque a sua posição em relação a essa questão dos fixistas e evolucionistas, e vocês? Escrevam ou falem.

No Quadro 17 é apresentada uma análise dos aspectos discursivos da professora baseada na ferramenta de Mortimer e Scott (2002) do episódio em análise.

QUADRO 17 – Análise dos aspectos discursivos da professora baseada na ferramenta de Mortimer e Scott (2002).

SEGMENTOS	1-18
INTENÇÃO DA PROFESSORA	Desenvolver a estória científica: guiar os estudantes no trabalho com as idéias científicas.
CONTEÚDO	Foco na explicação científica para a diversificação das espécies.
ABORDAGEM COMUNICATIVA	Interativa/dialógica (mas com uma intervenção de autoridade pela professora).
PADRÃO DE INTERAÇÃO	Cadeias não triádicas abertas . I-I-R-P-P-R-P-R-P-P-P-I-P-P-R-A-R-P
INTERVENÇÃO DA PROFESSORA	Verificar o entendimento dos estudantes – Solicita aos estudantes que escrevam as suas explicações no questionário a ser respondido. Rever o progresso da estória científica.

Um aspecto interessante nesse episódio reside no fato de um estudante realizar uma iniciação, visto que, no decorrer das aulas, mesmo instigados a falar, eles na maioria das vezes permaneceram calados. A estudante demonstra claramente a vontade de colocar o seu posicionamento quanto ao fixismo e ao evolucionismo, quando a professora já havia finalizado a leitura do texto.

O padrão de interação da seqüência apresentada são não-triádicos em cadeia aberta. . A abordagem comunicativa é do tipo interativa dialógica, mas com uma intervenção de autoridade considerando que a professora não faz uma avaliação ao final,porém deixa claro no turno 16 a sua posição em relação ao ponto de vista científico contrário ao posicionamento da anterior da estudante.

Entre os turnos 4 e 7 deste episódio, a professora interage com a estudante que colocou suas idéias sobre a origem das espécies, que divergiam do ponto de vista científico. No turno 7, a professora desafia a estudante a comparar suas idéias com o que foi trabalhado em sala através de um jogo que simulava a seleção natural. Trata-se de uma abordagem interativa de autoridade, na medida em que a professora tem a intenção de fazer prevalecer a idéia científica. A aluna continua, contudo, mantendo a sua posição, provavelmente em virtude do papel fortemente orientador que suas concepções religiosas têm em sua visão de mundo.

Nos turnos de 8 a 14, a professora – e também a pesquisadora que acompanhava o trabalho em classe – tentam fazer com que os outros estudantes também coloquem os seus posicionamentos, com o intuito de explicitar como eles se posicionavam quanto à relação entre suas visões de mundo e o pensamento evolutivo.

No turno 16, a estudante que deu início a este episódio reforça a defesa de seu posicionamento, distinto do ponto de vista científico, mas não há um prosseguimento da discussão. Apesar de o tempo da aula já ter terminado, a professora poderia, naquele momento, finalizar com uma breve explanação sobre como a visão da aluna podia ser considerada válida, mas não dentro do corpo de conhecimentos das ciências, discutindo a existência de várias formas de conhecimento que podem ser usadas para propósitos diferentes, sendo a ciência uma destas formas de compreender o mundo, poderosa para a resolução de determinadas classes de problemas, mas não para todos os tipos de questões que os seres humanos se colocam.

No turno 18, a professora solicita aos estudantes que escrevam, já que não querem se posicionar verbalmente em relação ao fixismo e ao evolucionismo. A professora estava se referindo a seguinte pergunta que constava no questionário aplicado no final da aula: “Você teria uma explicação diferente da que o cientista Darwin propôs para a adaptação biológica como os pés de pato adaptado ao ambiente aquático ou a forma do corpo do louva-a-deus?”

Com esse tipo de intervenção, a professora buscava verificar as concepções dos estudantes acerca do pensamento evolutivo adquiridas no seu contexto social e sua relação com a explicação científica realizada na sala de aula.

A professora acreditava que alguns estudantes ficassem mais à vontade em escrever do que falar em voz alta a sua opinião. Porém, a maioria dos estudantes respondeu simplesmente que não, sem apresentar justificativas. A estudante que se posicionou verbalmente em relação aos fixistas foi a única que, no questionário, contrariou a explicação de Darwin para a adaptação biológica: “*Eu fico com os fixistas que fala que já vem desde o começo do mundo.*”

Essa foi a última aula da seqüência a ser ministrada na classe, porque o colégio entrou em reforma, o que tornou impossível dar continuidade ao desenvolvimento dessa interessante discussão.

Nesse episódio emerge um conflito entre as interpretações para a origem da diversidade biológica. A estudante numa atitude responsiva fornece contra-palavras que

divergem do discurso da professora, fornecendo assim a sua interpretação ao enunciado que lhe foi apresentado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises apresentadas mostram a relevância da ferramenta teórico-metodológica desenvolvida por Mortimer e Scott (2002), para um entendimento do papel da linguagem na construção do conhecimento científico. Nas interações discursivas analisadas, foi possível perceber o desempenho do professor no espaço interacional da classe. Os cinco aspectos da ferramenta, quando utilizados no planejamento das aulas de ciências, podem gerar no professor um novo olhar sobre a sua prática pedagógica, uma tomada de consciência de que não basta apenas transmitir as informações científicas da temática em estudo para assegurar a aprendizagem.

Nesse sentido, é necessário, antes, criar um espaço interativo no qual diferentes visões de mundo acerca dos conteúdos que estão em pauta possam ser discutidos e, eventualmente, problematizadas, de modo a promover a elaboração conceitual pelos estudantes e a ampliação de seus modos de pensar e falar sobre os fenômenos em questão.

A idéia de uma superioridade do conhecimento científico perante outras formas de conhecimento é cultuada e mantida pelos professores (ABELL; SMITH, 1994; HARRES, 1999). Contudo, na maioria das vezes, eles não se encontram preparados para discutir essa questão.

Stanley e Brickhouse (2001) defendem que seria válido que os estudantes compreendessem a natureza dos debates a respeito das perspectivas multiculturais e universalistas sobre a ciência; como historicamente a ciência ocidental moderna se consolidou; e, principalmente, como outras formas de conhecimentos, como os religiosos, interagem com a ciência. Nós completaríamos que a necessidade dessa compreensão passa primeiramente pelos professores de Ciências, que, na sua maioria, não têm sequer o conhecimento da existência desse debate para que assim esta compreensão seja trabalhada posteriormente com os estudantes (CANEN, 1997; McLAREN, 2000; CANDAU e KOFF, 2006). Ou seja, essa discussão deve ocorrer primeiramente na própria formação de professores de ciências.

As propostas curriculares na formação de professores devem possibilitar que os formadores não se eximam de discutir esse importante dilema, além de considerar a

necessidade de haver um posicionamento sobre a diversidade cultural da sala de aula de Ciências.

Apesar das dificuldades encontradas pela pesquisadora ao tentar estabelecer um espaço mais dialógico para os estudantes, gerando algumas vezes angústia nos dois pólos da interação (docentes e discentes), os seus objetivos, de acordo com o suporte teórico que lhe serviu de base, foram ao menos em parte alcançados. A tentativa da professora-pesquisadora de compreender a dinâmica discursiva nas aulas de evolução biológica foi de grande relevância para a sua formação continuada e de grande valia para a abordagem de algumas interrogações da sua prática pedagógica, como, por exemplo, a seguinte: como criar e guiar sistematicamente espaços de interações das diferentes vozes que permeiam o espaço social da sala de aula?

Quando a intenção da professora era a de explorar e verificar o entendimento dos estudantes, a sua abordagem comunicativa foi do tipo interativo-dialógica isso porque possuía por objetivo possibilitar aos estudantes um espaço no qual as suas idéias pudessem ser elicitadas e, conseqüentemente, compartilhadas com os indivíduos ali presentes. Apesar de a abordagem comunicativa dialógica ser considerada por muitos autores como a ideal em uma sala de aula (ALEXANDER, 2001, RITCHIE; TOBIN, 2001; DUSCHL; OSBORNE, 2002) devemos levar em conta que o discurso de autoridade – entendido no sentido bakhtiniano – é necessário para o desenvolvimento da estória científica (SCOTT; MORTIMER; AGUIAR, 2006).

Em relação a abordagem docente da evolução biológica, apesar de ser reconhecida a importância da controvérsia no ensino da evolução, muitos docentes de Biologia ainda sofrem com as dificuldades encontradas na abordagem da temática. Este trabalho foi elaborado com o objetivo de ser mais um instrumento para auxiliar na prática daqueles que fazem uma reflexão sobre o ensino da evolução biológica e vêm convivendo com uma série de entraves em suas salas de aula. Além disso, ele também busca beneficiar aqueles que, intimidados com os problemas envolvidos na abordagem deste conteúdo e com as suas próprias dificuldades de compreender as teorias evolutivas, furtam-se de trabalhá-lo, deixando uma imensa lacuna na sua formação e no conhecimento biológico de seus estudantes. Esperamos, ainda, que este trabalho seja um possível ponto de partida para os professores de Biologia que nunca se questionaram sobre a complexidade do ensino da evolução biológica.

O planejamento e a execução da seqüência didática para o ensino da evolução biológica com base na ferramenta sociocultural de Mortimer e Scott (2002) foi de grande

relevância. Isso porque sinalizou que um dos caminhos para a compreensão da evolução biológica é a criação de um espaço para uma maior interação dos atores (professores, estudantes, material didático etc.) envolvidos no processo de construção de significados na sala de aula de Biologia.

A utilização da ferramenta desenvolvida por Mortimer e Scott (2002) no planejamento da ação pedagógica pode permitir ao professor estabelecer e mediar diferentes níveis de interação e dialogismo nas atividades realizadas na sala de aula. A inserção de tal ferramenta nos cursos de Licenciatura em Biologia em conjunto com a seqüência didática utilizada neste trabalho, pode proporcionar a ampliação do leque dos instrumentos pedagógicos disponíveis para os docentes na abordagem do tema ‘evolução biológica’, tanto na formação inicial como na continuada.

A análise das interações discursivas ocorridas nas aulas, à luz da ferramenta de Mortimer e Scott (2002), nos mostrou a relevância das intenções do professor, tais como: criar um problema; explorar a visão dos estudantes; introduzir e desenvolver a estória científica.. Fazer uso de tal ferramenta no planejamento do ensino da evolução seria um precioso caminho para a busca da tão desejada compreensão das teorias da evolução biológica.

Após a discussão dos resultados da análise da dinâmica discursiva ocorrida na sala de aula com base na perspectiva sócio-histórica-cultural sobre a elaboração conceitual, uma contribuição importante em relação aos estudos de gênero do discurso por Bakhtin é a reflexão sobre o gênero do discurso da sala de aula que permeia a prática pedagógica do professor. Percebemos que o gênero do discurso que precisamos investigar nesse processo não é o gênero secundário complexo do discurso cientifico, nem o gênero do discurso científico que circula na sala de aula, o chamado discurso científico escolar. O que temos que investigar é a interação entre esses gêneros, na medida em que são várias as linguagens sociais a circular na sala de aula de Ciências, o discurso cotidiano, o pedagógico, o da ciência escolar, apresentado pelo material didático de apoio ao trabalho do professor. Eles se entrelaçam nesse espaço e as suas interações geram a construção de significados, especialmente, no nosso contexto, a construção do conhecimento científico.

Seria desejável que as discussões presentes nesse trabalho não se encerrassem ao final desse capítulo e no repousar desse volume em alguma prateleira. Não que exista a pretensão de uma receita de bolo a ser reproduzida por docentes de Biologia, mesmo porque os atores

sociais das classes e suas estórias de vida serão totalmente diferentes daqueles presentes na nossa pesquisa, assim como distintas serão as interações discursivas que emergirão em futuros trabalhos. Espera-se, antes, apenas fornecer mais um subsídio para o efetivo desenvolvimento de estratégias a serem utilizadas na formação inicial e continuada de professores, de modo a preparar um contingente de professores-pesquisadores através de investigações da sua própria prática pedagógica.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G. The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education,* v. 82, p. 417-436. 1998.

ABELL, S. K.; SMITH, D. C. What is science? Preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, v. 16, n. 4, p. 475-487, 1994.

ACH, N. *Ueber die Begriffsbildung*. Bamberg: Buchner, 1921.

ADAS, M. *Machines as the measure of man: science, technology, and ideologies of western dominance*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1989.

AGUIAR JÚNIOR, O. G.; MORTIMER, E. F. Promovendo a tomada de consciência dos conflitos a superar: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. In: II Encontro Internacional Linguagem,Cultura e Cognição: Reflexões para o Ensino, 2003, Belo Horizonte. *Atas*... Belo Horizonte: Faculdade de Educação / UFMG, 2003. v. 1. p. 1-13.

AIKENHEAD, G. S. Science Education: border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, v. 27, p. 1-52, 1996.

_____. Towards a first nations cross-cultural science and techonology curriculum. *Science Education*, v. 81, p. 217-238, 1997.

ALEIXANDRE, M. P. J. Teaching evolution and natural-selection- a look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 31, p. 519-535, 1994.

ALEXANDER, R. Culture and pedagogy: *International comparisons in primary education*. Oxford: Blackwell, 2001.

ALMEIDA, M. J. P. M. e SOUZA, S. C.; Possibilidades, equívocos e limites no trabalho do professor/pesquisador - enfoque em Ciências; *Investigações em Ensino de Ciências*; V.1, n. 2, 1996.

ALTERS, B. J; ALTERS, S. *Defending evolution in the classroom:* A guide to the creation/evolution controversy. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 2001.

ALTERS, B. J.; NELSON, C. E. Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution*, n. 56, p. 1891-1901, 2002.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 3, p. 5-18, 2001.

_____. Uma metodologia para análise da dinâmica entre as zonas do perfil conceitual no discurso da sala de aula. In: Flávia Maria Teixeira dos Santos; Ileana Maria Grecca. (Orgs.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. 01 ed. Ijuí: Editora Unijuí, v. 01, p. 239-296, 2006.

AMUNDSON, R. Historical development of the concept of adaptation. In: ROSE, M. R.; LAUDER, G.V. (Ed.). *Adaptation*, San Diego: Academic Press, 1996.

ANDERSON, D. L.; FISHER, K. M.; NORMAN, G. J. Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 10, p. 952-978, 2002.

ANTOLIN, M. F.; HERBERS, J. M. Perspective: Evolution's struggle for existence in America's public schools. *Evolution*, v. 55, p. 2379-2388, 2001.

BAKHTIN, M. M. *The diamogic imagination*, ed. by Michael Holquist, trans. by Caryl Emerson and Michael Holquist. Austin: University of Texas Press, 1981.

_____. *Speech Genres & Other Late Essays*. Ed. by Caryl Emerson and Michael Holquist, trans. by Vern W. McGee. Austin: University of Texas Press, 1986.

_____. (1929). *Marxismo e filosofia da linguagem*. São Paulo: Hucitec, 1988.

_____. (1929). *Marxismo e filosofia da linguagem*. Tradução de Michael Laudud e Yara Frateschi Vieira. São Paulo: Hucitec, 1992.

_____. (1929). *Marxismo e filosofia da linguagem*. 7. ed. São Paulo: Hucitec, 1995.

_____. *Estética da criação verbal*. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

BASALLA, G. The spread of western science. *Science*, v. 156, p. 611-622, 1967.

BECKER, F. Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. *Paixão de aprender*, n. 5, p. 18-23, 1993.

BIANCHINI, J. A.; COLBURN, A. Teaching the nature of science through inquiry to prospective elementary teachers: A tale of two researchers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 2, p. 177-209, 2000.

BISHOP, B.; ANDERSON, C. W. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 27, n. 5, p. 415-427, 1990.

BIZZO, N. M. V. *Ensino de evolução e história do darwinismo*. 1991. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BIZZO, N. M. V.; KAWASAKI, C. S. Este artigo não contém colesterol: pelo fim das imposturas intelectuais no Ensino de Ciências. *Projeto-Revista de Educação: Ciências: Que temas eleger?* v. 1, n. 1, p. 25-34, 1999.

BLOOM, J. W. Preservice elementary teachers' conceptions of science: science, theories and evolution. *International Journal of Science Education*, n.10, p. 401-415, 1989.

BRAGA, S. A. M. *O texto do livro didático de Ciências*: um gênero discursivo. 2003. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte, 2003.

BRASIL. MEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio Parte III - ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria da Educação Média e Tecnológica,* Ministério da Educação, Brasília, 2001.

BREM, S. K.; RANNEY, M. R.; SCHINDEL, J. Perceived consequences of evolution: college students perceive negative personal and social impact in evolutionary theory. *Science Education*, v. 87, p. 181-206, 2003.

BRWON, A. J.; DOWLING, P. C. *Doing Research/Reading research*: a mode of interrogation for education. London: Falmer, 1998.

BUNGE, M. *Pseudociencia e ideología*. Madrid: Alianza Editorial, 1989.

CACHAPUZ, A. et al. A emergência da didáctica das Ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, Universidade do Minho, Braga, Portugal, v. 14, n. 1, p.155-195, 2001.

CANDAU, V. M.; KOFF, A. M. N. S. Conversas com... sobre a didática e a perspectiva multi/intercultural. *Educação e Sociedade*. Campinas, vol. 27, n. 95, p. 471-493,maio/ago. 2006.

CANDELA, A. A construção discursiva de contextos argumentativos no Ensino de Ciências. In: COLL, C.; EDWARDS, D. (Orgs.). *Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula:* Aproximações ao estudo do discurso educacional, Porto Alegre: Ed. Artes Médicas, 1998. p. 143-169.

CANEN, A. Formação de professores: diálogo das diferenças. *Ensaio*: Avaliação e Políticas Públicas em Educação. Rio de Janeiro, v. 5, n. 17, p. 477-94, out.-nov. 1997.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Investigações no Ensino de Ciências*, v. 5, n. 3, 2001.

CARNEIRO, A. P. N. A Evolução biológica aos olhos de professores não licenciados. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CARVALHO, A. M. P. de. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T. dos; GRECA, I. M. (Orgs.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí: UNIJUÍ, 2006.

CASSAB, M.; MARTINS, I. A escolha do livro didático em questão. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 25-29 de nov. 2003, Bauru, SP. *Atas...* Bauru, 2003. CD-ROM.

CASSIRER, E. *A Filosofia do Iluminismo*. Tradução de Álvaro Cabral. Campinas: Editora da Unicamp, 1992.

CASTAÑEDA, A. L. História natural e as idéias de geração e herança no século XVIII: Buffon e Bonnet. *Hist. cienc. saude-Manguinhos*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, jul./out., 1995.

CASTANHEIRA, M.L.; CRAWFORD, T.; DIXON, C.; GREEN, J. Interactional

Ethnography: an approach to studying the social construction of literate practices. *Linguistics and Education*, v.11, n.4, p.353-400,2001.

CHALMERS, A. F. *O que é Ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 2000.

CHEVALLARD, Y. *La Transposición Didáctica*: del saber sabio al saber enseñado. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.

CICILLINI, G. A. *Produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do ensino médio*: a teoria da evolução como exemplo. 1997. Tese (Doutorado) – UNICAMP, Campinas, São Paulo, 1997.

COBERN, W. W. Science education as an exercise in foreign affairs. *Science Education*, v. 80, p. 579-610,1995.

_____. Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*, v. 80, n. 5, p. 579-610, 1996.

COBERN, W. W.; AIKENHEAD, G. S. Cultural aspects of learning science. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. (Eds.). *International handbook of science education*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 39-52.

COBERN, W. W.; LOVING, C. C. Defining "science" in multicultural world: Implications for science education. *Science Education*, v. 85, p. 50-67, 2001.

COLLINS, E.; GREEN, J. Learning in classroom settings: making or breaking a culture. In: MARSHALL, H. (Ed.). *Redefining student learning*: roots of educational reestructuring. Norwood: Ablex, p. 59-85, 1992.

CONTRERAS, J. *A autonomia do professor*. São Paulo: Cortez, 2002.

COSTA, A. *Vivências pedagógicas em sala de aula*. Mafra: Ed. NOSDE, 2004.

COSTA, V. B. When science is "another world": Relationships between worlds of family, friends, school, and science. *Science Education*, v. 79, p. 313-333, 1995.

CRUZ, D. *Ciências e Educação Ambiental*: o corpo humano. 22. ed. São Paulo: Ática, 1999.

CUNHA, R. Criação versus evolução: uma disputa pelo controle da política educacional. *Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*, Campinas, 10 jul. 2004.

DAGHER, Z. R.; BOUJAOUDE, S. Scientific views and religious beliefs of college students: The case of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, p. 429-445, 1997.

DAGHER, Z. R. et al. How some college students represent their understandings of the nature of scientific theories. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 6, p. 735-755, 2004.

DEMASTES, S. S.; GOOD, R. G.; PEEBLES, P. Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, v. 79, p. 637-666, 1995.

DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *Biology Teacher*, v. 35, p. 125-129, 1973.

DRIVER, R. *The Representations of conceptual frameworks in young adolescents' science students*. 1974. Tese (Doutorado) – Urbana: Illinois university of Illinois, 1973.

DUSCHL, R. A.; GITOMER, D. H. Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, p. 839-858, 1991.

DUSCHL, R. A.; OSBORNE, J. Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, n. 38, p. 39-72, 2002.

ECKSTRAND, I. A. NABT and the Society for the Study of Evolution collaborate to improve quality of evolution education in schools. *American Biology Teacher*, v. 60, n. 482, 1998.

EDWARDS, D.; MERCER, N. *Common Knowledge:* the development of understanding in the classroom. Londres: Methuen, 1987.

EL-HANI, C. N.; BIZZO, N. M. V. Formas de construtivismo: teoria da mudança conceitual e construtivismo. In: II encontro nacional de Pesquisa em educação em Ciências, 1999, São Paulo. *Atas...* São Paulo, 1999.

_____. Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo conceitual. *Ensaios*: pesquisa em educação científica, v. 4, n. 1, 2002.

EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, EUA, v. 2, n. 4, 2007.

EL-HANI, C. N.; ROQUE, N.; ROCHA, P. L. B. Brazilian high school biology textbooks: results from a national program. In: *Proceedings of the IOSTE International Meeting on Critical Analysis of School Science Textbook,* University of Tunis, Tunis, 7-10 February 2007.

EL-HANI, C. N.; SEPULVEDA, C. Referenciais teóricos e subsídios metodológicos para a pesquisa sobre as relações entre educação científica e cultura. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. R. (Orgs.). *A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias*. 1. ed., Ijuí:UNIJUÍ, 2006.

ELLEGARD, A. *Darwin and the general reader*: the reception of Darwin's theory of evolution in the British Periodical Press, 1859-1872. Chicago: The University of Chicago Press, 1990.

EMERSON, C. O mundo exterior e o discurso interior, Bakhtin, Vygotisky e a internalização da língua. In: DANIELS, H. (Org.). *Uma introdução a Vygotsky*. São Paulo: Loyola, 2002.

FERREIRA, M. S.; SELLES, S. E. A produção acadêmica brasileira sobre livros didáticos em Ciências: uma análise em periódicos nacionais. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 25-29 nov. 2003, Bauru, SP. *Atas*... Bauru, 2003. CD-ROM.

FIORIN, J. L. *Elementos da análise do discurso*. Coleção Repensando a Língua Portuguesa São Paulo: Contexto, 1996.

FISCHER, H. E., REYER, T., WIRZ, T., BOS, W., & HOLLRICH,N. Unterrichtsgestaltung und lernerfolg im physikunterricht. Zeitschrift fur Padagogik, n. 45, p. 124-138, 2002.

FLAMER, L. The Evolution Solution: teaching evolution without conflict. *The American Biology Teacher*, v. 68, n. 3, p. 1-7, 2006.

FONTANA, R. A. C. A elaboração conceitual: a dinâmica das interlocuções na sala de aula. In: SMOLKA, A. B.; GÓES, M. C. R. (Orgs.). *A linguagem e o outro no espaço escolar*: Vigotski e a construção conhecimento. Campinas: Papirus, 1993.

_____. *Mediação pedagógica na sala de aula*. Campinas: Autores Associados, 1996.

FORQUIN, J. C. *O currículo entre o relativismo e o universalismo*. Tradução de Virgínia Castro Buarque. In: Seminário Internacional: A construção da educação Brasileira, comemorativo aos 25 anos da Pós-graduação em Educação, 1997, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: UFRJ, 1997.

FORREST, B.; GROSS, P. R. Creationism's Trojan horse: the wedge of intelligent design. Oxford University Press, 2004.

FRACALANZA, H. *O que sabemos sobre os livros didáticos para o Ensino de Ciências no Brasil*. 1993. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas, SP, 1993.

FREITAS, M. T. A. *O pensamento de Vygotsky e Bakhtin no Brasil.* Campinas: Papirus, 1994.

_____. *Vygotsky e Bakhtin – Psicologia e Educação*: um intertexto. São Paulo: Ática, 1996.

_____. Nos textos de Bakhtin e Vygotsky: um encontro possível. In: BRAIT, B. (Org.). *Bakhtin, dialogismo e construção do sentido*. Campinas: Editora da Unicamp, p. 311-330, 1997.

_____. *A abordagem sócio-histórica como orientadora da pesquisa qualitativa.* Caderno de Pesquisa, n. 116, São Paulo, jul. 2002.

FUTUYMA, D. J. *Biologia evolutiva*. 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de genética – SBG, 1992.

_____. *Evolution, science and society*: Evolutionary biology and the national research agenda. Office of University Publications, Rutgers, The State University of New Jersey, 1999.

FYSH, R.; LUCAS, K. Religious beliefs in science classrooms. *Research in Science Education*, v. 28, n. 4, p. 399-427, 1998.

GABEL, D. *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Simon & Schuster Macmillan, 1993.

GAGNÉ, R. M. *The conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc., 1965.

GAGLIARDI, R. Los conceptos estruturales en el aprendizaje por investigacion. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 1, p. 30-35, 1986.

GALAGOVSKY, L. R.; BÓNAN, L.; BRAVO, A. A. Problemas con el lenguaje científico en la escuela: Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 16, n. 2, p. 315-321, 1998.

GARCÍA CRUZ, C. M. El principio de uniformidad (II): un obstáculo epistemológico entre el pasado y el presente. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, v. 7, n. 1, p. 16-20, 1999.

_____. El actualismo-uniformitarismo como obstáculo epistemológico. *Cadernos IG/UNICAMP*, Campinas, v. 9, n. 1, p. 22-32, 2001.

GEE, J. P.; GREEN, J. L. Discourse analysis, learning, and social practice: a methodological study. *Review of Research in Education*, v. 23, p. 119-169, 1998.

GIL, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

GILCHRIST, G. W. The elusive scientific basis of intelligent design theory. Defending the teaching of evolution in the public schools. *National Center for Science Education.* Oakland, may 1997.

GINGER, R. *Six days or forever*: Tennessee v. John Thomas Scopes. USA. Oxford University Press, 1974.

GOOD, R. G. et al. Proceedings of the 1992. *Evolution Education Research Conference* 4-5 Dec. 1992, Baton Rouge, LA, 1992.

GOULD, S. J. The Titular Bishop of Titiopolis. In: *Hen's Teeth and Horse's Toes*: Further Reflections in Natural History. W. W. Norton, New York, 1983.

_____. *The exaptive excellence of spandrels as a term and prototype*. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, v. 94, p. 10750-10755, 1997.

GREEN, J.; MEYER, L. The embeddedness or reading in classroom life: reading as a situated process. In: BAKER, C.; LUKE, A. (Eds.). *Toward a critical sociology of reading pedagogy.* Amsterdam: Jonh Benjamins, 1991.

HACKING, I. *Representing and intervening*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

HALLDÉN, O. The evolution of species: Pupils' perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, n. 10, p. 541-552, 1988.

HARDING, S. *Is science multi-cultural?* Indiana: Indiana University, 1998.

HARDY, M. D.; TAYLOR, P. C. Von Glasersfeld's radical constructivism: a critical review. *Science & Education*, v. 6, n. 1-2, p. 135-150, 1997.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da Ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, 1999.

HODSON, D. In search of a rationale for multicultural science education. *Science Education*, v. 77, n. 6, p. 685-711, 1993.

JACKSON, D. F. et al. Hearts and minds in the science classroom: the education of a confirmed evolutionist. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, p. 585-611, 1995.

JEFFERY, K. R.; ROACH, L. E. A study of the presence of evolutionary protoconcepts in pre-high-school textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 31, p. 507-518, 1994.

JENSEN, M. S.; FINLEY, F. N. Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 33, p. 879-900, 1996.

KAWAGLEY, A. O.; NORRIS-TULL, D.; NORRIS-TULL, R. A. The indigenous worldview of Yupiaq culture: Its scientific nature and relevance to the practice and teaching of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 2, p. 133-144, 1998.

KELLY, G. J.; BROWN, C. Communicative demands of learning science through technological design: Third grade students' construction of solar energy devices. *Linguistics and Education*, v. 13, n. 4, p. 483-532, 2003.

KNELLER, G. F. *A Ciência como atividade humana.* Rio de Janeiro: Zahar, São Paulo: Edusp, 1980.

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia.* 2. ed. São Paulo: Harper & Row, 1986.

_____. Reformas e realidade: o caso do ensino das Ciências. *São Paulo Perspectiva*, São Paulo, v. 14, n.1, jan./mar, 2000.

KRESS, G. et al. *Multimodal teaching and learning*: the rhetoric's of the science classroom. London: Continuum, 2001.

KURTZ, P. (1978). Is parapsychology a science? The Skeptical Inquirer, v. 3. n. 2, p. 14-23, reimpresso em *Paranormal Borderlands of Science*, Ed. Kendrik Frazier, Prometheus Books, p. 5-23, 1981.

KUSSCHNIR, A. N. *Teacher, posso te contar uma coisa?* A conversa periférica e a sócio-construção do conhecimento na sala de aula de língua estrangeira. 2001. Dissertação inédita (Mestrado) – Faculdade de Educação, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2001.

LADRIÉRE, J. The *challenge presented to cultures by science and technology*. Paris: UNESCO, 1977.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Atlas, 1991.

LAMBERT, W. W.; LAMBERT, W. E. *Psicologia social: curso de psicologia moderna*. Rio de Janeiro: Zahar, 1966.

LAUDAN, R. *From Mineralogy to Geology*: The Foundations of a Science, 1650-1830. University of Chicago Press, Chicago, 1987.

LAWSON, A. E. et al. Searching for a fifth stage of intellectual development in college biology. *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Oak Brook, IL, Mar. 1997.

LEMKE, J. L. *Talking Science. Language, Learning and Values*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1990.

_____. Resources for attitudinal meaning: evaluative orientation in text semantics. *Functions of language*, v. 5, n.1, p.33-56, 1998.

LERNER, L. S. *Good Science, Bad Science*: teaching evolution in the states. The Thomas B. Fordham Foundation, Califórnia, 2000.

LIEBSCHER, P. Quantity with quality? Teaching quantitative and qualitative methods in a Master's program. *Library Trends*, v. 46, n. 4, p. 668-680, Spring, 1998.

LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar: inter-relações com conhecimentos científicos e cotidianos. *Contexto e Educação*, ano 11, n. 45, p. 40-59, 1997.

LOTMAN, Y. M. Text within a text. Soviet psychology, v. 26, n. 3, p. 32-51, 1988.

LÜDKE, M. O. Professor, seu saber e sua pesquisa. *Educação & Sociedade*, ano XXII, n. 74, abr. 2001.

LUFT, J. Multicultural science education: An overview. *Journal of Science Teacher Education*, v. 9, n. 2, p. 103-122, 1998.

MACEDO, M. S. A. N.; MORTIMER, E. F. A dinâmica discursiva na sala de aula e a apropriação da escrita. *Educação e Sociedade*. Campinas, v. 72, p. 153-173, 2000.

McLAREN, P. *Multiculturalismo revolucionário:* pedagogia do dissenso para o novo milênio. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

MARCUSCHI, L. A. *Da Fala para a Escrita:* Atividades de Retextualização. 1. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2001.

MARQUES, J. O. A. A crítica de Hume ao argumento do desígnio. *II colóquio Hume Santuário do Parque do Caraça*, MG, 23-24 jun. 2004.

MARTÍNEZ TERRADES, I. *La didáctica de las Ciências como campo especifíco de conocimentos. Genesis, estado actual y perspectivas*. 1998. Tese (Doutorado) – Universidade de Valencia, Valência, 1998.

MARTÍNEZ, M. N.; MARTÍNEZ, S.; GÓMEZ, J. E. Tirando el hilo de la madeja constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 3, p. 479-492, 1999.

MARTINS, I. Dados como diálogo: construindo dados a partir de registros de observações de sala de aula. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. *Pesquisa em Ensino de Ciência no Brasil e suas Metodologias*... Ijuí: UNIJUÍ, 2006.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G. Práticas de leitura de imagens em livros didáticos de Ciências.In: I Encontro Redes de Conhecimento e Tecnologia, 2003, Rio de Janeiro. *Atas*... Rio de Janeiro, 2003. CD-ROM.

MARTINS, I. et al. Uma análise das imagens nos livros didáticos de Ciências para o ensino fundamental. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 25-29 de nov. 2003, Bauru, SP. *Atas*... Bauru, 2003. CD-ROM.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T. G.; ABREU, T. B. *Clonagem na sala de aula: um exemplo de uso didático de um texto de divulgação científica*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 9, n. 1, mar. 2004.

MARTINS, I.; VEIGA, M. L. *Uma análise do currículo da escolaridade básica na perspectiva da Educação em Ciências.* Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, 1999.

MARTINS, L. A. C. P. A História da Ciência e o ensino da Biologia. *Ciência & Ensino*, v. 5, p. 18-21, 1998.

MASKILL, R.; CACHAPUZ, A.; KOULAIDS, V. Young pupils' ideas about the microscopic nature of matter in three different European countries. *International Journal of Science Education*, v. 19, n. 6, p. 631-645, 1997.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia y Enseñanza de lãs Ciências: la aproximação actual. *Enseñanza de lãs Ciências*, v. 12, n. 2, p. 255-277, 1994a.

_____. *Science Teaching*: The Role of History and Philosophy of Science. Preface. New York: Routledge, 1994b.

_____. *History, Philosophy, and science teaching*. London: Routledge, 1994c.

_____. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p.164-214, dez. 1995.

MAYR, E. *O Desenvolvimento do Pensamento Biológico*. Brasília: Ed. UnB, 1998.

McKINLEY, E.; McPHERSON WAITI, P.; BELL, B. Language, culture and science education. *International Journal of Science Education*, v. 14, p. 579-595, 1992.

MEAD, J. M.; SCHARMANN, L. C. Enhancing critical thinking through structured academic controversy. *American Biology Teacher*, v. 56, p. 416-419, 1994.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de Ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MEGLHIORATTI, F. A.; BORTOLOZZI. J.; CALDEIRA, A. M. A. Aproximações entre o sentido histórico de progresso na evolução biológica e concepções apresentadas por professores de Biologia. In: V ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005, Bauru. *Atas do 5º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru, 2005.

MELLO, A. C. *Evolução biológica: concepções de alunos e reflexões didáticas*. 2008. Dissertação (Mestrado) – PUCRS, Porto Alegre, 2008.

MERCER, N. Language, Education and the Guided Construction of Knowledge. In: Encontro sobre teoria e pesquisa em Ensino de Ciências: Linguagem, Cultura e Cognição, Reflexões para o Ensino de Ciências, 1997, Belo Horizonte. *Anais*... Belo Horizonte, 1997. p. 74.

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

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise Textual Discursiva*. Ijuí: Unijuí, 2007.

MORENO KLEMMING, J. Historia de las teorías evolutivas. In: SOLER, M. (Ed.). *Evolución*. La base de la Biología, Proyecto Sur de Ediciones, p. 27-43, 2003

MORTIMER, E. F. *Studying conceptual evolution in the classroom as conceptual profile change*. Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca, New York: Misconceptions Trust, 1993.

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

_____. Conceptual change or conceptual profile change? *Science Education*, v. 4, p. 267-285, 1995.

_____. Sobre chamas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o Ensino de Ciências. In CHASSOT, A.; OLIVEIRA, R. J. *Ciência, ética e cultura na educação.* São Leopoldo: Unisinos, 1998.

_____. *Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

_____. Utilizando uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino na formação inicial de professores de química. In: XII ENDIPE, 2004, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 2004.

MORTIMER, E. F. et al. *Uma metodologia de análise comparação entre a dinâmica discursiva de salas de aulas de ciências utilizando software e sistema de categorização de dados em vídeo*: Parte 1, dados quantitativos e Parte 2, dados qualitativos. Artigo submetido ao V ENPEC, 2005.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: Por que o gelo flutua na água? In: Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências – Linguagem, Cultura e Cognição, 1997, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG, 1997. p. 139-162.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

_____. *Meaning making in secondary science classrooms.* Maidenhead: Open University Press, 2003.

NASCIMENTO, T. G.; MARINS, I. O texto de genética no livro didático de Ciências: uma análise retórica crítica. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, 2005.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Teaching about evolution and the nature of science*. Washington, DC: National Academy Press, 1998.

_____. Science and creationism: a view from the National Academy of Sciences. Washington, DC: National Academy Press, 1999.

NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION. *An NSTA position statement on the teaching of evolution. Science Scope*, v. 21, n. 2, p.26-27, 1997.

NELSON, C. E. Creation, evolution, or both? A multiple model approach. In: HANSON, R. W. (Ed.), *Science and creation:* Geological, theological, and educational perspectives, New York: Macmillan Publishing Company, 1986. p. 128-159.

NÓVOA, A. Formação de Professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Org.). *Os professores e a sua formação*, Lisboa, Dom Quixote, 1992.

NUMBERS, R. L. *The creationists*: the evolution of scientific creationism. New York: Knopf, 1992.

NUNAN, D. Research methods in language learning. Cambridge: CUP, 1994.

OGAWA, M. Towards a new rationale of science education in a non-western education. *Bulletin of the Faculty of Education*, Ibaraki University (Educational Sciences), n. 35, p. 1-8, 1986.

_____. Science education in a multiscience perspective. *Science Education*, v. 79, n. 5, p. 583-593, 1995.

OGBORN, J., KRESS, G., MARTINS, I., & MCGILLICUDDY, K. Explaining science in the classroom. Buckingham,: Open University Press.1996.

OGBORN, J.; LÜDKE, M. O professor, seu saber e sua pesquisa. *Educação & Sociedade*, ano XXII, n. 74, abr. 2001.

O'LOUGHLIN, M. Rethinking Science Education: Beyond Piagetian Constructivism toward a Sociocultural Model of Teaching and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 8, p. 791-820, 1992.

OTERO, M. R.; GRECA, I. M. Las imágenes en los textos de Física: entre el optimismo y la prudencia. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 21, n.1, p. 37-67, 2004.

PACHECO, R. B. C.; OLIVEIRA, D. L. O homem evoluiu do macaco? Equívocos e distorções nos livros didáticos de Biologia. In: VI Encontro de Perspectivas do Ensino de Biologia, 1997, São Paulo. *Anais*... São Paulo: FEUSP, 1997.

PAPAVERO, N.; PUJOL-LUZ, J. R. *Introdução histórica à Biologia comparada, com especial referência à biogeografia.* V. O Século das Luzes (Parte 1). Rio de Janeiro: Ed. da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1999.

PEREIRA, D. C. *Structure of communication and the learning of chemistry*. 1979. Tese (Doutorado) – Norwich-U.K.: University of East Anglia, 1979.

PERRENOUD, P. Formar professores em contextos sociais de mudança. Prática reflexiva e participação crítica. *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, p. 5-22, 1999.

PERRY, W. G. *Forms of intellectual and ethical development in the college years*. New York: Holt, Rinehart, and Winston, Inc, 1970.

PIMENTA, S. G.; ANASTASIOU, L. G. C. *Docência no ensino superior*. São Paulo: Cortez, 2002.

PIOLLI, A.; DIAS, S. *Escolas não dão destaque à evolução Biológica*. 2004.

POMEROY, D. Science across cultures: building bridges between traditional Western and Alaska native cultures. In: HILLS, S. (Ed.). *History and Philosophy of science in science education*. Kingston Ontário: Queen´s University, v. 2, p. 257-268, 1992.

POSNER, G. J. et al. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A. Para uma reflexão em torno das concepções epistemológicas dos professores de Ciências dos ensinos Básico (3º ciclo) e Secundário. *Revista Portuguesa de Educação*, Braga: Universidade do Minho. v. 7, n. 1/2, p. 37-47, 1994.

RAZERA, J. C. C.; NARDI, R. Assuntos controvertidos no Ensino de Ciências: a ética na prática docente. *Pro-Posições*. Campinas: FE/Unicamp, v. 12, n. 1, p. 94-109, 2001.

REGO, T. C. *Vygotsky*: uma perspectiva histórico-cultural da educação. 2. ed. Petrópolis/RJ: Vozes, 1995.

RITCHIE, S. M.; TOBIN, K. Actions and discourses for transformative understanding in a middle school science class. *International Journal of Science Education*, v. 23, n. 3, p. 283-299, 2001.

ROCHA, P. L. B. et al. *Biologia*: catálogo do programa nacional do livro para o ensino médio (PNLEM/2007). Guia de orientação para escolha de livros didáticos por professores da rede pública de ensino. Brasília-DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2006.

ROJO, R. Interação em sala de aula e gêneros escolares do discurso: um enfoque enunciativo. In: Congresso Nacional da Abralin, 2, 1999, Florianópolis. *Anais*... Florianópolis: Abralin/UFSC, 2000.

_____. A teoria dos gêneros de discurso em Bakhtin: construindo uma perspectiva enunciativa para o ensino de compreensão e produção de textos na escola. In: BRAIT, B. (Org.). *Estudos enunciativos no Brasil*: história e perspectivas. Campinas/São Paulo: Pontes, 2001. p. 163-185.

ROTH, W. M.; LUCAS, K. B. From "truth" to "invented reality": a discourse analysis of high school physics student's talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, p. 145-179, 1997.

ROYCHOUDHURY, A.; ROTH, W. M. Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, v. 18, n. 4, p. 423-445, 1996.

RUDWICK, M. J. S. *The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Paleontology*. University of Chicago Press, Chicago, 1985.

SAGAN, C. *O mundo assombrado pelos demônios*: a Ciência vista como uma vela no escuro. São Paulo: Cia das Letras, 1996.

SANTOS, B. S.; NUNES, J. A. Para ampliar o cânone da Ciência: a diversidade epistemológica do mundo. In SANTOS, B. S. (Ed.). *Semear Outras Soluções*: os caminhos da biodiversidade e dos conhecimentos rivais. Porto: Afrontamento, 2004.

SANTOS, C. S.; BIZZO, N. M. V. O ensino e a aprendizagem de Evolução Biológica no quotidiano da sala de aula. In: VII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, 2000, São Paulo. *Anais*... São Paulo: USP, 2000.

SANTOS,F.M.T.*Múltiplas dimensões das interações em sala de aula*.Belo Horizonte,MG:Faculdade de Educação,UFMG,2001 (Tese de doutorado).

SANTOS, R. O professor e a produção do conhecimento numa sociedade em transformação. *Revista espaço acadêmico*, n. 35, abr. 2004.

SANTOS, S. *Evolução Biológica*: ensino e aprendizagem no cotidiano da sala de aula. São Paulo: Annablume/FAPESP, 2002.

SCHARMANN, L. C. Enhancing an understanding of the premises of evolutionary theory: The influence of a diversified instructional strategy. *School Science and Mathematics*, v. 90, p. 91-100, 1990.

_____. Teaching evolution: Designing successful instruction. *American Biology Teacher*, v. 55, p. 481-486, 1993.

SCHARMANN, L. C.; BLOCK, T. Teaching evolution: Understanding, concerns, and instructional approach alternatives. *Kansas Biology Teacher*, v. 2, p. 13-15, 1992.

SCOTT, P. Teaching and learning concepts in the classroom: talking a path from spontaneous to scientific knowledge. In: Encontro sobre teoria e pesquisa em Ensino de Ciências: linguagem, cultura e cognição, reflexões para o Ensino de Ciências, 1997, Belo Horizonte. *Anais*… Belo Horizonte, 1997. p. 110.

_____. Teacher talk and meaning making in science classrooms: A Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, n. 32, p. 45-80, 1998.

SCOTT, P.; MORTIMER, E. F.; AGUIAR, O. G. The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, v. 90, p. 605-631, 2006.

SEGRAVES, N. Biblical Creation: Should It Be Taught in the Public Schools as a Mandated Subject Alongside Evolution? *Journal of the American Scientific Affiliation*, v. 33, p. 231-235, dez. 1981.

SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de Ciências. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.

SIEGEL, H. Science education: Multicultural and universal. *Interchange*, v. 28, p. 97-108, 1997.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. Aspectos teórico-metodológicos da análise das dinâmicas discursivas das salas de aula de Ciências. In: V ENPEC - Encontro Nacional de

Pesquisa em Educação em Ciências, 2005, Bauru. *Caderno de Resumos*: V ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru: Abrapec, v. 5, p. 138-138, 2005.

SILVA, C. P. *O Desvendar do Grande Livro da Natureza*: um estudo da obra do mineralogista José Vieira Couto, 1798-1805. 1. ed. São Paulo: Annablume, 2002.

SINATRA, G. M. Knowledge, Beliefs, and Learning. *Educational Psychology Review*, v. 13, n. 4, p. 321-323, 2001.

SMITH, M. U. Counterpoint: Belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, n. 5, p. 591-597, 1994.

SMITH, M. U.; SCHARMANN, L. C. Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, v. 83, p. 493-509, 1999.

SNIVELY, G.; CORSIGLIA, J. Rediscovering indigenous science: Implications for science education. *Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching San Diego*, CA, Apr. 1998.

_____. Discovering indigenous science: Implications for science education. *Science Education*, v. 85, p. 6-34, 2001.

SOLOMON, J. Social influences on the constructions of pupils' understanding of science. *Studies in science education*, v. 14, p. 63-82, 1987.

SOUTHERLAND, S. A. Epistemic universalism and the shortcomings of curricular multicultural. *Science & Education*, v. 9, p. 289-307, 2000.

STANLEY, W. B.; BRICKHOUSE, N. W. Multiculturalism, universalism, and science education. *Science education*, v. 78, p. 387-389, 1994.

_____. Teaching Sciences: The multicultural question revisited. *Science Education*, v. 85, p. 35-49, 2001.

SUTTON, C. Words, science and learning. Buckingham: The Open University Press, 1992.

_____. Beliefs about Science and Beliefs about Language. *International Journal of Science Education*, v. 18, n. 1, p. 1-18, 1996.

_____. Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 1, p. 21-25, 2003.

SWARTS, F. A.; ANDERSON, O. R.; SWETZ, F. J. Evolution in secondary-school Biology textbooks of the PRC, the USA, and the latter stages of the USSR. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 31, p. 475-505, 1994.

TAMBOSI, O. A cruzada dos criacionistas contra Darwin. *Observatório da Imprensa*. OFJOR CIÊNCIA 99, n. 63, 29 mar. 1999.

TEMPELS, P. *Bantu philosophy*. C. King (Translator). Paris: Presence Africaine, 1959.

TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, v. 27, n. 1, p. 124-134, 2004.

TORT, P. *Darwin e a Ciência da evolução*. Tradução de Véra Lucia dos Reis, Rio de Janeiro: Objetiva, 2004.

TUNES, E. Os conceitos científicos e o desenvolvimento do pensamento verbal. In: *Cadernos CEDES n. 35*: Implicações Pedagógicas do Modelo Histórico Cultural. Campinas: Papirus, 1995. p. 29-40.

VAN DER VEER, R.; VALSINER, J. *Vygotsky:* Uma síntese. São Paulo: Loyola, 1996.

VIENNOT, L. *Le raisonnment spontane em dynamique elementaire*.1976. Tese (Doutorado) – Université de Paris, Paris, 1976.

VYGOTSKY, L. S. *Problemas teoricos y metodologicos de la psicologia*. Obras Escolhidas, v. 1, Madri: Visor, 1991.

_____. *Problemas de psicología general*. Obras Escolhidas, v. 2, Madri: Visor, 1993.

_____. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

_____. *Teoria e método em psicologia*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

_____. *Pensamento e linguagem*. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

_____. *A formação social da mente*. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

_____. *A construção do pensamento e da linguagem*. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

WAIZBORT, R. Teoria social e biologia: perspectivas e problemas da introdução do conceito de história nas Ciências Biológicas. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, v. 8, n. 3, p. 632-53, set./dez. 2001.

WELLS, G. Da adivinhação à previsão: discurso progressivo no ensino e na aprendizagem em Ciências. In: COLL, C.; EDWARDS, D. (Orgs.). *Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula.* Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. p. 107-142.

_____. *Dialogic inquiry: toward a sociocultural pratice and theory of education.* Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1999.

WERTSCH, J. V. *Vygotsky y la Formación Social de la Mente*. Barcelona: Paidós, 1985.

_____. *Voices of the mind*: A sociocultural approach to mediated action. Harvester Wheatsheaf, 1991.

_____. A necessidade da ação na pesquisa sociocultural. In: WERTCH, J. V. et al. *Estudos socioculturais da mente*. Tradução de Maria da Graça Paiva e de Camargo e de André Rossano Teixeira Camargo. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

WERTSCH, J. V.; SMOLKA, A. L. B. Continuando o diálogo: Vygotsky, Bakhtin e Lotman. In: DANIELS, H. (Ed.). *Vygotsky em Foco*: pressupostos e desdobramentos. 5. ed. Campinas: Papirus, 2001.

WERTSCH, J. V.; STONE, A. C. The concept of internalization in Vygotsky's account of the genesis of higher mental functions. In: WERTSCH, J. (Org.). *Culture, communication, and cognition*: Vygotskyan perspectives. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p. 162-179.

WEST, L. H. T.; PINES, A. L. *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando: Academic Press, 1985.

WILLIAMS, H. A critique of Hodson's "In search of a rationale for multicultural science education". *Science Education*, v. 78, p. 515-520, 1994.

WILSON, E. O. *A diversidade da vida*. Tradução de Isabel Mafra. Lisboa: Gradiva, 1997.

WOODS, S. C.; SCHARMANN, L. C. High School Students' Perceptions of Evolutionary Theory. *Eletronic Journal of Science Education*, 2001.

WOOLNOUGH, B. Preface. In: WOOLNOUGH, B. (Ed.). *Pratical science*. Buckingham: Open University Press, 1991. p. XIV – XV.

ZANON, D. A. V. *Ensinar e aprender Ciências no ensino fundamental com atividades investigativas:* enfoque no projeto ABC na Educação Científica Mão na Massa. 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2005.

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de Ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. Instituto de Ciências Cognitivas (ICC). *Ciências & Cognição*, ano 4, v. 10, p. 93-103, 2007.

ANEXOS

ANEXO I – PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE ADAPTAÇÃO BIOLÓGICA E DA TEORIA DA SELEÇÃO NATURAL

1 APRESENTAÇÃO:

Será descrita uma proposta pedagógica para o ensino da teoria da evolução por seleção natural como modelo explicativo para mudanças evolutivas, tendo como base a abordagem do conceito darwinista de adaptação.

A adaptação biológica é um dos fenômenos evolutivos mais conspícuos e admiráveis do mundo vivo, para o qual as ciências naturais vêm propondo explicações desde o século XVII. Um dos grandes desafios de Darwin foi tratar a adaptação como uma conseqüência da seleção natural. Desde os anos 1940, tornou-se dominante entre os evolucionistas a idéia de que as adaptações resultam da seleção natural (MAYR, 1988, p. 133), o que colocou o fenômeno da adaptação no centro da biologia evolutiva moderna (AMUNDSON, 1996). Justifica-se, assim, a escolha de iniciar o ensino de evolução, especificamente a apresentação da teoria da seleção natural, por meio da abordagem do conceito darwinista de adaptação.

Conceito Darwinista de Adaptação:

No seio da própria comunidade científica, há uma polêmica em torno do conceito de adaptação. Para orientar nossa ação pedagógica, adotamos a definição proposta por Sober (1993) por considerarmos a mais fiel à perspectiva darwinista, e ainda pelo rigor filosófico com que é enunciada e pelo seu poder explicativo.

A definição de adaptação de Sober (1993, p. 208) é enunciada da seguinte forma:

> *A é uma adaptação para T na população P se e apenas se A se tornou prevalente em P porque houve seleção para A, em que a vantagem seletiva de A esteve relacionada com o fato de A ter auxiliado no desempenho da tarefa T.*

No domínio da cultura geral, são encontradas diferentes explicações para os fenômenos da adaptação. Diante da suposta “harmonia do mundo vivo”, demonstrada pelo aparente ajuste entre estruturas anatômicas e a função que desempenham, ou entre a estrutura corporal de certos organismos e seu nicho ecológico, as pessoas podem recorrer a explicações propostas a partir de diferentes perspectivas: criacionista; teleológica – pode ser uma

teleologia interna, sem implicar em agente externo; funcionalista – a função de um traço já é suficiente para explicar sua origem; ou darwinista.

Na perspectiva da concepção de aprendizagem que estamos adotando, o modelo de mudança de perfis conceituais (MORTIMER, 1994; 2000), o que se espera em termos de evolução conceitual, no ensino da evolução biológica, é que os alunos que chegam à sala de aula com explicações teleológicas e funcionalistas acerca das adaptações, ao longo do processo de ensino e aprendizagem, passem a construir explicações darwinistas, ainda que não abandonem as demais formas de pensar. É importante que os alunos tomem consciência do aumento de espectro de idéias que eles possuem para compreender estes fenômenos biológicos e saibam distinguir os domínios de aplicação de cada uma das formas de pensamento que o seu próprio perfil conceitual abriga.

Perfil Conceitual e Mudança de Perfis Conceituais

A noção de perfil conceitual foi desenvolvida pelo pesquisador brasileiro Eduardo Fleury Mortimer (1994; 2000), como modelo teórico e ferramenta metodológica para analisar as idéias dos alunos acerca de conceitos científicos e a evolução conceitual em sala de aula. Fundamenta-se na idéia de que coexistem, para cada indivíduo, diferentes formas de pensar um mesmo conceito, que compõem um perfil conceitual, cujas zonas representam aspectos próprios das diferentes formas de se compreender a realidade.

Vinculado à noção de perfil conceitual, Mortimer desenvolveu um novo modelo para analisar o processo de aprendizagem de conceitos científicos, alternativo ao modelo da mudança conceitual de Posner et al. (1982), que dominava a área de educação científica até meados dos anos 1990. Em lugar de conceber a aprendizagem como a substituição de idéias prévias do aprendiz por idéias científicas, como pressupõe aquele modelo, entende-se que, à medida que o aprendiz entra em contato com as abordagens científicas, ele adquire novas zonas de um perfil conceitual, ainda que não abandone a percepção cotidiana do conceito em questão. Para que o processo de aprendizagem seja eficaz, essa mudança deve ser acompanhada por uma tomada de consciência do aprendiz acerca de seu próprio perfil conceitual e do domínio de aplicação de cada zona. Este é o processo denominado por Mortimer *mudança de perfil conceitual*.

A seleção de conteúdos do ensino e dos objetivos de aprendizagem da referida proposta pedagógica foi orientada pela análise dos conceitos estruturais para a aprendizagem da teoria da seleção natural, das freqüentes concepções alternativas acerca de conceitos da biologia evolutiva e dos obstáculos ontológicos e epistemológicos à compreensão dos mesmos.

Conceitos Estruturais

A noção de conceito estrutural é proposta por Gagliardi (1986) ao buscar uma explicação para o fenômeno freqüente de os alunos construírem um significado alternativo, não esperado, para os conceitos que lhes são ensinados, a despeito de lhes serem apresentadas informações que supostamente poderiam levar à compreensão dos conceitos científicos. Gagliardi propõe que, na ausência de um conceito estrutural, ou seja, de um conceito "cuja construção transforma o sistema cognitivo, permitindo adquirir novos conhecimentos, organizar os dados de outra maneira, transformar inclusive os conhecimentos anteriores" (GAGLIARDI, 1986, p. 31), os alunos não conseguem significar as novas informações dadas de modo a compreender o modelo explicativo da ciência, e criam uma representação alternativa coerente com seus conhecimentos anteriores.

A conseqüência pedagógica desta concepção de aprendizagem é a de que a eleição dos objetivos de ensino a serem alcançados deve basear-se na definição dos conceitos estruturais, ou seja, aqueles que tornam os alunos aptos a ressignificar aquilo que já sabem de outra maneira, de modo a incorporar idéias das quais antes não se davam conta, ou às quais atribuíam outros significados. Gagliardi (1986, p. 32) propõe que a definição dos conceitos estruturais e estratégias associadas, que favoreçam a aprendizagem dos mesmos, pode vir a ser um dos eixos para o desenvolvimento de um novo modelo didático, que se possa ir construindo e ensinando em classe.

Buscamos identificar os conceitos estruturais que permitem os alunos atribuir significado aos fatos e às inferências que estruturam a lógica da teoria da seleção natural, de modo que possam incorporá-la como um modelo explicativo para mudanças evolutivas.

Mayr (1982) disseca a lógica da teoria da seleção natural em cinco fatos, a partir dos quais são feitas três inferências:

Fato 1: Todas as populações têm o potencial de crescimento a uma taxa exponencial;

Fato 2: A maioria das populações atinge um certo tamanho, e então permanece relativamente estável;

Fato 3: Os recursos naturais são limitados.

Inferência 1: Nem toda a prole sobrevive até a idade reprodutiva, em parte, devido à competição por recursos naturais.

Fato 04: Os indivíduos, numa população, não são idênticos, mas variam em muitas características.

Fato 05: Muitas destas características são herdáveis.

Inferência 2: Sobrevivência não é aleatória. Aqueles indivíduos cujas características provêm algumas vantagens em relação a outros numa situação ambiental particular tenderão a sobreviver e reproduzir-se, enquanto outros tenderão a morrer.

Inferência 3: Populações mudam ao longo do tempo, à medida que a freqüência dos alelos vantajosos aumenta.

A análise de Mayr (1982) acerca da estrutura lógica da teoria da seleção natural nos traz indicações acerca de possíveis conceitos estruturais para a compreensão deste modelo explicativo. Alguns deles são advindos de campos do conhecimento biológicos que se instituíram posteriormente à formulação e divulgação desta teoria por Darwin, como aqueles elaborados no seio da genética mendelina, da genética de populações e da ecologia de populações e evolutiva. Identificamos os seguintes conceitos:

- **Variação intra-específica**: as populações de organismos apresentam variabilidade. Cada indivíduo da população, em espécies que se reproduzem sexualmente, é, de maneira única, diferente de todos os outros, existindo inclusive, grande individualidade em elementos de reprodução uniparental. (MAYR, 1998). As variações na população são resultantes de eventos não-dirigidos, as mutações e recombinações gênicas.
- **Mutabilidade**: alterações no material genético, ocasionais e aleatórias, podem ter efeitos sobre caracteres morfológicos e fisiológicos (mudanças hereditárias no fenótipo). As mutações podem ser benéficas ou prejudiciais ou organismo, favorecendo ou dificultando a sobrevivência dos organismos no ambiente em que vivem. Elas podem, ainda, ser neutras.
- **Hereditariedade**: Os organismos apresentam características hereditárias e não-hereditárias. O material herdado mantém sua identidade de geração a geração.
- **Freqüência**: a proporção de diferentes tipos de indivíduos que constituem uma população pode mudar, e tal mudança resulta em mudanças evolutivas.
- **Competição**: Membros de uma mesma espécie utilizam as mesmas fontes de recursos, de modo que quando estes recursos estão presentes em suprimento insuficiente para as necessidades combinadas destes membros e de outras espécies, alguns indivíduos poderão ter suas chances de sobrevivência e reprodução diminuídas por apresentar menor capacidade de alocação de tais recursos.

Investigando as interpretações acerca do fenômeno de adaptação apresentadas por alunos de uma escola de Ensino Médio do subúrbio de Salvador, encontramos idéias que expressam o desconhecimento ou incompreensão de tais conceitos e revelam dificuldades no reconhecimento dos fatos e das inferências que estruturam logicamente a teoria da seleção

natural, segundo a análise feita por Mayr (1982). Embora reconheçam a possibilidade de haver variação entre indivíduos de uma mesma prole, os alunos entrevistados não reconhecem tal variação numa dimensão populacional e sua importância para as mudanças evolutivas. Não expressam claramente a noção de espécie como uma população de indivíduos que potencialmente são capazes de se reproduzir, e que se encontram isolados reprodutivamente de outros grupos, como pressuposto no conceito biológico de espécie, enunciado por Mayr (1942 apud FUTUYMA, 1992). Muitos citam como mecanismo responsável pela diversificação das espécies o cruzamento entre membros de espécies diferentes, gerando descendentes férteis.

Ao interpretarem situações de mudança de ambiente desfavoráveis, como aqueles que levam à diminuição de recursos disponíveis, em lugar de prever a possibilidade de competição entre indivíduos da mesma espécie e a morte dos menos bem sucedidos, as respostas dos alunos têm como tema central a migração dos organismos para novos lugares em que possam encontrar condições mais favoráveis. Outra alternativa à competição consiste em “acordos de amizade e cooperação na alocação dos recursos”. Quando é suposta uma competição entre organismos, ela é vista como “luta corporal”, e não como resultante de maior ou menor eficiência em obter o recurso.

Muitas destas concepções alternativas acerca dos fenômenos evolutivos e da herança biológica têm sido descritas com freqüência na literatura nacional e internacional, em relação a diferentes grupos de estudantes em níveis de ensino equivalentes ao Ensino Médio brasileiro (CLOUGH; WOOD-ROBINSON, 1985; BISHOP; ANDERSON, 1990; OHLSSON; BEE, 1992; BIZZO, 1994; DESMASTES et al., 1995, 1996; AYUSO; BANET, 2002).

Além da dificuldade de compreensão, ou do total desconhecimento, de conceitos estruturais, outro desafio a ser enfrentado no ensino de evolução, na população de alunos que investigamos, consiste em promover a superação de obstáculos epistemológicos e ontológicos à compreensão do conceito darwinista de adaptação e da teoria da seleção natural como mecanismo explicativo deste e de outros fenômenos evolutivos. Entendemos obstáculos epistemológicos e ontológicos como idéias que os alunos apresentam sobre o caráter das entidades e dos eventos naturais e o modo como estes podem ser conhecidos, que contradizem as características dos conceitos científicos, de modo a torná-los contra-intuitivos. Na Quadro A1, estão sistematizados os obstáculos por nós identificados e as diretrizes para o planejamento de ensino que busque promover sua superação.

QUADRO A1 – Obstáculos Epistemológicos e Ontológicos à compreensão do pensamento darwinista e diretrizes para o ensino do conceito darwinista de adaptação.

OBSTÁCULO ONTOLÓGICO OU EPISTEMOLÓGICO	DESCRIÇÃO	DIRETRIZES PARA PROMOVER SUPERAÇÃO
PENSAMENTO ESSENCIALISTA	Idéia de que a aparência externa e o comportamento das espécies são determinados por um poder causal superior ou "essência", um potencial inato que os membros de uma espécie possuem para desenvolver o mesmo caráter. A variação é concebida como manifestação de imperfeições nas essências constantes.	Abordar o conceito de variabilidade intraespecífica através da análise da variação em características herdáveis, sem se restringir a caracteres monogênicos, mas explorando também caracteres poligênicos. Esclarecer fonte da variação, sua relação com a reprodução sexuada e sua importância para o processo evolutivo.
AUSÊNCIA DE EXPLICAÇÃO ETIOLÓGICA	Ênfase na descrição funcional das características adaptativas, em lugar de explicações causais de natureza etiológica. A existência das adaptações é interpretada e explicada pelos efeitos adaptativos que tais estruturas ou comportamentos apresentam na capacidade do organismo de realizar suas atividades vitais, ao desempenharem um papel funcional, sem preocupação em buscar sua origem histórica.	Problematizar a adaptação, partindo da descrição empírica do fenômeno em direção à busca de um mecanismo causal que explique sua existência. Mostrar que características como formas e cores miméticas de alguns insetos ou as sofisticadas penas das aves pedem respostas a indagações, que não só do gênero "Como são?", "Como funcionam?", mas também "Como ou de onde se originaram?" ou "Por que existem?"
ERRO CATEGÓRICO: ONTOGENIA VERSUS FILOGENIA	Não é feita a distinção entre adaptações evolutivas e adaptações fisiológicas ou ontogenéticas, as quais ocorrem ao longo do ciclo de vida do indivíduo, como reações imunes e tolerância a diferentes condições ambientais. Trata-se de um erro categórico, uma vez que são atribuídas propriedades de um tipo ontológico de processo natural a outro.	Promover a distinção entre os dois tipos de processos, mostrando as propriedades distintas de cada um deles. Em especial, discutir a escala temporal em que ocorre cada um deles e a distinção entre fenômenos populacionais x individuais.
FINALISMO	A existência das adaptações é explicada em termos do propósito que pretendem satisfazer. Encontra-se associado à visão teleológica externa, em que é suposta a ação de um agente externo que pode prever os benefícios que uma invenção poderia produzir, ou a uma teleologia imanente, a idéia de que todo o cosmo é dirigido a um fim.	Analisar a diversidade de organismos na natureza e a variação que existe nas populações e, a partir disso, discutir que nem todas as características estão perfeitamente ajustadas às funções e aos ambientes. Apresentar outras noções de causalidade propostas pelas ciências naturais em seu empreendimento de propor explicações para os fenômenos naturais. Deixar claro que as ciências naturais constituem uma dentre as várias formas de explicação da natureza. Esclarecer sua origem histórica e a natureza de seus modelos explicativos, bem como seu domínio de aplicação, relativo aos fenômenos naturais, e o poder explicativo e heurístico que apresentam neste domínio.

OBSTÁCULO ONTOLÓGICO OU EPISTEMOLÓGICO	DESCRIÇÃO	DIRETRIZES PARA PROMOVER SUPERAÇÃO
SUPERNATURALISMO E REAÇÃO AO DISCURSO NATURALISTA DA CIÊNCIA	Noção de que o mundo natural está relacionado, em termos causais, com o sobrenatural. Muitas vezes, associada à idéia de que o naturalismo e materialismo da ciência implicam uma negação do lugar de Deus no mundo, conflitante com a visão de mundo religiosa.	Assim como o obstáculo anterior, este obstáculo aponta para a necessidade de um maior investimento em promover-se uma compreensão melhor da natureza do conhecimento científico, através de uma abordagem histórica e epistemológica do desenvolvimento do pensamento evolutivo. Neste caso, específico, seria importante discutir os pressupostos metafísicos da ciência e a relação com seus objetos de conhecimento e procedimentos metodológicos. A este respeito, é elucidativo considerar-se a proposta de Poole (1996) e Lacey (1996) de interpretar o pressuposto materialista da ciência não como um reclame ontológico sobre o que há de fato no mundo, mas como um princípio metodológico, o qual, como tal, não fornece nenhuma prova para negar a existência de entidades sobrenaturais, inclusive porque não é este seu propósito. Ou, dito de outra maneira, fenômenos sobrenaturais se encontram fora do domínio de aplicação do conhecimento científico.

Tendo em vista os conceitos estruturais apresentados e as diretrizes citadas acima, optamos por desenvolver e testar uma seqüência de aulas estruturada em dois blocos. De um lado, um bloco destinado a conceitos relacionados à herança biológica, que consideramos imprescindíveis para a compreensão da teoria da seleção natural, e, de outro, um bloco destinado à abordagem da teoria da seleção natural como modelo explicativo para mudanças evolutivas, em especial para explicar as adaptações biológicas.

A seqüência didática referente ao Bloco I tem como ponto da partida a constatação da variabilidade intra-específica, promovendo reflexões acerca de como tal variação é produzida, de modo a iniciar o estudo da herança biológica. O Bloco II tem como eixo central a problematização do fenômeno da adaptação biológica, como fenômeno que solicita uma explicação causal de natureza etiológica, de maneira a propiciar a introdução da teoria da seleção natural como modelo explicativo das adaptações, e uma breve análise de seu poder na explicação de outros fenômenos evolutivos, como a origem de outras espécies.

A seguir, serão descritos os planos de aula que estruturam a proposta pedagógica desenvolvida, seguidos dos respectivos recursos didáticos de apoio, como textos e roteiros de atividades.

2 DESCRIÇÃO DA PROPOSTA PEDAGÓGICA NA FORMA DE SEQÜÊNCIA DIDÁTICA

BLOCO I: Variabilidade genética e Herança Biológica

UNIDADE DIDÁTICA I: Introdução - variabilidade intra-específica e Herança

Obstáculos epistemológicos cuja superação se pretende promover:

- Não se reconhece variação intraespecífica;
- As características dos organismos dependem mais do ambiente do que fatores hereditários;
- Noção de herança de caracteres adquiridos.

Objetivos gerais:

- Fornecer organizadores prévios e mobilizar os alunos para estudo do conceito de herança biológica, para o conceito biológico de espécie, e amadurecimento de pensamento populacional.
- Contribuir para a superação dos obstáculos epistemológicos acima citados.

Objetivos específicos:

- Compreender que as populações biológicas apresentam alto grau de variabilidade entre seus membros;
- Reconhecer a existência de variação entre os indivíduos de uma espécie;
- Distinguir características hereditárias e não-hereditárias.

Conteúdos:

- Variabilidade intraespecífica;
- Características hereditárias e adquiridas;
- Conceito de Herança.

Estratégias Metodológicas:

I. Estudo da diversidade fenotípica da sala e exploração das idéias a respeito de herança e caracteres adquiridos:

Em pequenos grupos, os alunos deverão trabalhar um roteiro de coleta e discussão de dados acerca da variação em relação a características físicas hereditárias presentes entre os membros do grupo, como formato dos lóbulos da orelha, altura, cor dos olhos, assim como em relação a características adquiridas, como o uso de brincos, formato do corte do cabelo e musculatura.

Recurso: Roteiro 1: “Estudo da diversidade fenotípica da sala”

II. Discussão com todo grupo e Síntese (exposição com apresentação de pranchas):

Discutir os dados, de maneira a abordar a noção de variabilidade intra-específica, explorando exemplos com outras espécies, inclusive com exemplos que não se restringe a espécie animais. Buscar distinguir também características hereditárias de características não hereditárias. Procurar trabalhar noções de herança biológica, discutindo o fato da expressão da informação hereditária ser influenciada por meio ambiente, e portanto, que o fenótipo é o resultado destas interações.

Exemplo de abordagem:

Nesta aula, concluímos que, embora sejamos da mesma espécie, apresentamos variabilidade em relação a alguns aspectos, como a cor dos olhos, o formato da orelha, do nariz, da altura. Essas diferenças tornam cada um de nós único.

Foi possível concluirmos também que a variação em algumas destas características pode ser explicada por meio de sua relação com a transmissão de informações hereditárias dos pais para os filhos. Estamos diante de características herdadas de geração a geração.

Recurso: Prancha 1.1. “Características hereditárias”

Outros aspectos que observamos no grupo, no entanto, como corte de cabelo, orelhas furadas, tatuagens, cicatrizes, foram adquiridas por nós ao longo da vida, por interferências culturais e de identidade pessoal, ou em decorrência de acidentes ou ainda de intervenções médicas. Tais características não são passíveis de serem herdadas de geração a geração.

Recurso: Prancha 1.2. Caracteres adquiridos

Características reconhecidas como herdáveis são resultantes tanto de informações passadas de pais para filhos como de interações com o ambiente. A altura e o peso na espécie humana, por exemplo, são características hereditárias fortemente influenciadas pelos hábitos alimentares.

A altura que uma planta atinge também não depende exclusivamente da informação hereditária que recebeu de seus antecedentes, mas também das condições ambientais em que se desenvolve, como tipo de solo, nutrientes disponíveis, disponibilidade de água e de luminosidade.

A variação entre indivíduos de uma mesma espécie, observada no nosso estudo acerca da diversidade da sala, também é encontrada nas populações de outros organismos vivos, mesmo dentre filhotes de uma mesma prole. Se observarmos uma ninhada de gatos e de cachorro, veremos que os filhotes não são nem idênticos aos pais, nem idênticos entre si. Embora parecidos, variam, por exemplo, na cor e no padrão da pelagem.

Recurso: Prancha 1.3. Variação na prole e intra-específica

A existência desta diversidade entre indivíduos da mesma espécie tem sido demonstrada, há milhares de anos, por criadores de animais e cultivadores de plantas. Percebendo que boa parte desta variação era devida às características herdáveis, eles passaram a escolher reprodutores, sementes, mudas que apresentassem características de interesse comercial.

Conclusão:

Introduzir questões que introduzam o estudo da Herança Biológica.

Exemplo de abordagem:

Nas próximas aulas, estudaremos a herança genética, de maneira a compreendermos algumas questões que ainda precisam ser melhor explicadas, como:

- Por que características que adquirimos ao longo da vida não são herdadas por nossos filhos?
- Por que não somos idênticos aos nossos pais, mas apresentamos algumas características da família de nosso pai e outras da família de nossas mães?
- Por que os filhotes de uma mesma ninhada não são idênticos entre si?

Recomendações Metodológicas:

Delimitar um tempo mínimo para o desenho das características. Esta é uma atividade que deixa os alunos entretidos, se por um lado os mobilizam pelo aspecto lúdico, por outro se corre o risco de não ser destinado tempo hábil para as discussões das questões que é o foco da prática.

É preciso estar atento a possíveis brincadeiras em relação às características físicas apresentadas pelos alunos de cada grupo, elas podem assumir um tom perjorativo ou mesmo preconceituoso. Este será um bom momento para ser trabalhada a noção de alteridade. Caso não se sinta preparado para tanto, o professor poderá adaptar a atividade, discutindo variações entre membros de outra espécie que não a humana utilizando recortes fotográficos**.**

UNIDADE DIDÁTICA UNIDADE DIDÁTICA II: Célula, Cromossomos e Herança Biológica

Obstáculos epistemológicos cuja superação se pretende promover ou idéias alternativas que devem ser explicitadas:

- A concepção de que a informação hereditária do zigoto se reparte entre as células; para os alunos cada célula somática contém uma informação que necessita para realizar sua função;
- É comum a concepção alternativa de que os progenitores não contribuem com a mesma quantidade de informação genética para o zigoto;
- Noção dos caracteres adquiridos.

Objetivos:

- Conhecer como os processos de herança biológica vêm sendo explicados ao longo da história da ciência;
- Distinguir células somáticas e células germinativas;
- Conhecer a estrutura do cariótipo humano;
- Reconhecer que a informação genética é a mesma em todas as células somáticas de um mesmo organismo, independente da função que desempenham nos diferentes tecidos;
- Compreender a natureza da informação genética (relacionar cromossomos, DNA, gene e hereditariedade);
- Compreender como a informação genética é transmitida de célula a célula e de pais para filhos.

Conteúdos:

- Desenvolvimento histórico do conhecimento acerca da herança biológica
- Cromossomos, DNA e Informação genética
- Células sexuais e herança biológica;
- Meiose, manutenção da dotação cromossômica e variabilidade genética.

Estratégias:

I. Explorar concepções dos alunos acerca da Herança Biológica a partir das questões sugeridas na aula anterior:

Sugestão de abordagem:

Na aula passada, discutimos juntos sobre qual seria o mecanismo pelo qual as características hereditárias, aquelas observadas por vocês na aula anterior como cor dos olhos, formato do lóbulo da orelha, cor da pele, etc., eram transmitidas de pais para filho. Várias hipóteses foram levantadas por vocês. Vocês se lembram?

Alguns disseram que era através da convivência, outros que eram transmitidos pelo sangue, e após as discussões concluímos que as características hereditárias eram passadas de pais para filhos e de geração a geração pela união das células sexuais, os gametas.

Nesta aula iremos ler um texto que nos apresenta as várias explicações que foram dadas pelos filósofos, naturalistas e cientistas a esta questão, ao longo da história.

II. Leitura comentada de texto que aborde o desenvolvimento histórico do conhecimento acerca da herança biológica. Ao longo da leitura promover discussões através de questões como:

- O que vocês acham das explicações até agora discutidas?
- A pângenese explica bem o que encontramos na distribuição das características de nossas famílias ou mesmo o que observamos nas proles dos animais de criação?
- Os caracteres dos pais e das mães se misturam nos filhos, da maneira como é pensada na pangênese?
- Você se colocaria de algum dos lados do debate entre “espermistas” e “ovistas”. Por quê?
- Você acha que apenas um dos progenitores (ou o pai ou a mãe) colabora com a formação das características da prole?

III. Concluir as informações disponibilizadas pelo texto e levantar questões que ainda precisam ser melhor respondidas de modo a introduzir o que será visto na próxima aula:

- Falta entender qual o papel dos gametas na transmissão das informações hereditárias. Como se dá está transmissão? O que há nos gametas para que eles possam desempenhar este papel?
- Como sabemos, nas espécies de reprodução sexuada, os descendentes resultam do encontro dos gametas produzidos pelos pais e o número de cromossomos se mantém ao longo das gerações. Reconhecendo estes dois pressupostos a questão é: Como é possível que um filho apresente em suas células o mesmo número de cromossomos dos pais, se ele é formado pelo encontro de gametas femenino e masculino? O que deve acontecer com o número de cromossomos durante a formação dos gametas?

Recurso:

Texto 2.1. “Herança Biológica: Células, Cromossomos e DNA”

Recomendações Metodológicas:

- Incentive novas pesquisas a respeito do tema para que através da leitura eles possam aprender mais sobre Herança Biológica, Cromossomos e DNA;
- Registrar na lousa as idéias dos alunos em relação à causalidade dos mecanismos de transmissão de caracteres herdados;
- Instigar ao máximo os alunos para que colocarem verbalmente suas idéias acerca da causalidade dos mecanismos de transmissão de caracteres herdados, a fim de que interações discursivas entre professor e alunos possam emergir no contexto da temática.

UNIDADE DIDÁTICA III - Reprodução sexual e recombinação gênica, mutação e variabilidade intra-específica

Obstáculos epistemológicos cuja superação se pretende promover ou idéias alternativas que devem ser explicitadas:

- Os alunos não relacionam meiose com recombinação gênica; consideram que todos os espermatozóides ou óvulos produzidos por um indivíduo trazem a mesma informação genética.

Objetivos:

- Conhecer a estrutura e distribuição dos cromossomos nas células e sua relação com os caracteres hereditários
- Relacionar meiose, formação de gametas e recombinação gênica; ter clareza acerca do processo de redução e segregação aleatória dos cromossomos homólogos que ocorre na meiose, de modo a compreenderem que são produzidos gametas haplóides e geneticamente diferentes uns dos outros;
- Compreender o papel da segregação aleatória dos cromossomos homólogos e da permuta ou “crossing-over” que ocorrem na meiose para o aumento da variabilidade genética dos indivíduos da mesma espécie;
- Analisar processo de fecundação e variabilidade genética.

Conteúdos:

- Dotação cromossômica;
- Cromossomos Homólogos;
- Meiose e gametogênese;
- Meiose e variabilidade genética.

Estratégias:

I. Retomada das questões que ficaram pendentes na aula anterior:

Na aula passada, fizemos uma leitura de um texto que abordava o desenvolvimento histórico acerca das explicações de como se processa a herança biológica. Vimos que as características hereditárias eram passadas de pais para filhos e de geração a geração pela união das células sexuais, os gametas.

De fato, todos nós viemos de uma única célula, a célula-ovo, que se dividiu inúmeras vezes até que estivéssemos prontos para nascer. Esta célula ovo, ou zigoto, foi formada pelo encontro da célula reprodutora masculina (no caso, espermatozóide), com a célula reprodutora feminina (óvulo).

O espermatozóide e o óvulo têm no seu interior, como todas as células do corpo, cromossomos, os quais são formados principalmente de DNA. (Fazer referência a figura do texto anterior). Como já falamos, através da leitura passada, o DNA é uma espécie de material informativo usado pela célula para realizar diversos processos vitais, estando relacionado também a transmissão de características hereditárias.

Se recebemos DNA contido nos cromossomos da nossa mãe e DNA contido nos cromossomos do pai, somos uma combinação de informações de um e de outro e isso faz com que não sejamos nem totalmente semelhantes ao nosso pai, nem a nossa mãe, e que possamos desenvolver características próprias.

Mas ainda nos restaram várias questões:

- Por exemplo, porque nossos irmãos, filhos do mesmo pai e da mesma mãe não são, exatamente iguais?
- Poderíamos pensar: Se somos filhos dos mesmos pais, não teríamos a mesma combinação de DNA, vindos do nosso pai e da nossa mãe.

II. Leitura dialogada de texto sobre meiose e variabilidade genética:

Se entendermos melhor como se dá a reprodução sexuada, em detalhes, especialmente como os gametas, ou células sexuais, são formadas, entenderemos porque nós e nossos irmãos somos resultantes de combinações diferentes de DNA, mesmo sendo filhos dos mesmos pais.

Então, vamos ver como isso é possível estudando a formação dos gametas. Vamos fazer isso através da leitura do Texto “Porque somos fisicamente diferentes de nossos irmãos?”

III. Realização da atividade prática: Simulação da Meiose

1. Orientar alunos para prática. Distribuição e leitura do início do roteiro e do material Acompanhar nos grupos realização da prática (ver roteiro 2).
2. Socialização dos resultados da prática. Uma estratégia é trabalhar com exposição dos resultados de uma equipe, solicitando que as demais falem o que ocorreu de diferente no caso deles.
3. O professor deve fazer uma demonstração prática do ‘crossing-over’, trabalhando com massas de modelar de diferentes e/ou incluindo letrinhas que simbolizem alelos. A demonstração com dois pares de alelos é elucidativa para percepção da formação gametas geneticamente diferentes.

- Possíveis comentários com alunos:

Vimos, até aqui, que a própria divisão meiótica já é responsável pela formação de inúmeros gametas diferentes. Vamos agora analisar o efeito de um fenômeno que acontece durante a meiose que a gente não considerou. O ‘crossing-over’ na formação dos gametas.

Eu vou retornar nosso modelo na posição inicial de pareamento dos cromossomos homólogos. Para representar o ‘crossing’, vou trocar uma parte da cromátide paterna por uma parte, de igual tamanho e região, da cromátide materna. Vamos repetir agora as demais etapas da meiose. (Completa-se o processo).

- Possíveis questões a serem lançadas para o grupo:
  - Quantos gametas diferentes formamos agora?
  - De que forma o ‘crossing-over’ afeta o número de gametas diferentes que podem ser formados?
  - No “crossing”, o que é realmente permutado entre as cromátides? Aqui nos estamos pensando nas cores, mas o que realmente está presente nos cromossomos?

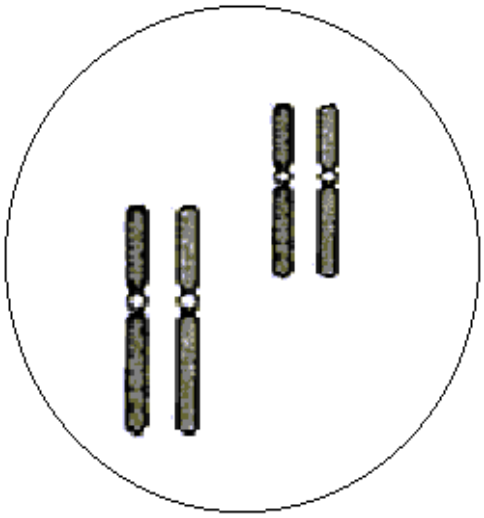
4. Produzir gametas com um par de alelos, ver possíveis fecundações e montar possibilidades genotípicas e fenotípicas para a prole.

V. Concluir a aula com atividade de avaliação:

Reunir novamente o grupo para discussão de questões relacionadas com à prática.

Exemplos:

Vamos considerar um animal hipotético com número cromossômico 2n= 4. E um indivíduo fêmea cuja célula germinativa tem a combinação de genes e seus alelos como ilustrada na figura ao lado:
Que tipos de gametas podem ser produzidos a partir da divisão meiótica dessa célula germinativa?
Os filhotes desta fêmea, fruto do casamento com o mesmo macho serão idênticos entre si? Por quê?



Recursos:

Texto 2.2. “Porque somos fisicamente diferentes de nossos irmãos?”

Prancha 2.1. Gametogênese e Meiose

Prancha 2.2. Albinismo e alelos

Prancha 2.3. Meiose e Recombinação Gênica

Prancha 2.4 “Croossing-over”

Prancha 2.5. Esquema eventos da Meiose

Roteiro 2: Simulação do Processo da Meiose

Recomendações metodológicas:

- Trabalhar o texto com calma explorando com atenção cada tópico apresentado para uma melhor percepção da relação cromossomos, DNA, gene e hereditariedade.
- Ter atenção ao tratar do conceito de gene para não incorrer numa abordagem determinista ou em visões gene-cêntricas. Preferível evitar o conceito molecular clássico de gene, de acordo com o qual um gene é uma seqüência bem delimitada de nucleotídeos no DNA que codifica um produto final, seja um polipeptídeo ou um RNA. Uma saída é usar um conceito instrumental, dado a dificuldade de mostrar toda a complexidade e diversidade da organização genômica conhecida hoje. Para maiores detalhes a este respeito é recomendável consultar El-Hani (2005).
- A atividade prática exige muita atenção do professor para que os alunos não se afastem do objetivo da aula construindo outros moldes com a massa de modelar.
- Redobrar a atenção quando eles estiverem na simulação das etapas da meiose para que não confundam os processos comprometendo o resultado final almejado.

- Instigar ao máximo os alunos para que discutam os resultados obtidos com a realização da prática.
- A atividade prática exige muita atenção do professor para que os alunos não se afastem do objetivo da aula construindo outros moldes com a massa de modelar.
- Redobrar a atenção quando eles estiverem na simulação das etapas da meiose para que não confundam os processos comprometendo o resultado final almejado.
- Instigar ao máximo os alunos para que discutam os resultados obtidos com a realização da prática.

BLOCO II: Conceito darwinista de adaptação, seleção natural e mudanças evolutivas.

UNIDADE DIDÁTICA I: Problematização do fenômeno da adaptação e levantamento de conhecimentos prévios

Obstáculos epistemológicos cuja superação se pretende promover:

Ausência de explicação etiológica: a adaptação não é concebida como um fenômeno que demande explicação causal.

Objetivos:

- Problematizar o fenômeno adaptação: chamar atenção para o fenômeno, de modo a apresentá-lo como um fenômeno freqüente no mundo vivo e intrigante que, portanto, demanda uma explicação causal acerca de sua origem.
- Elucidar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes sobre o fenômeno da adaptação biológica.
- Engajar os estudantes na busca de uma explicação causal para a adaptação biológica.

Conteúdo:

- Descrição empírica do fenômeno da adaptação biológica em termos de seus constituintes e propriedades observáveis.

Estratégias:

I. Exposição dialogada: criando o problema

Devem ser escolhidos exemplos emblemáticos de adaptações biológicas e apresentados para os alunos. Descrever o fenômeno empiricamente, explorando o ajuste de estruturas ou comportamentos a funções que desempenham e ao nicho ecológico da espécie que os apresentam. Relacionar a posse destas características com as chances de sobrevivência dos organismos que as possuem. Ao longo da análise de cada característica buscar fazer o movimento da análise funcional para a análise etiológica, de busca de causa para sua origem.

Escolhemos como exemplos: (1) As adaptações do Pica-Pau, exemplo este explorado por Darwin; (2) a relação entre morfologia das patas de diferentes espécies de aves ao hábito de vida; (3) as adaptações estruturais e fisiológicas das cactáceas e a (4) camuflagem de insetos.

Sugestão de abordagem:

Nas aulas passadas, analisamos como indivíduos da mesma espécie apresentam variações no que diz respeito a algumas características. No caso humano, cor dos olhos, cor da pele, altura, peso, formato da orelha. Buscamos também entender o que explicava esta variação, e encontramos nos mecanismos de herança biológica e na forma como se dá a reprodução sexuada, especialmente como os gametas, ou células sexuais, são formadas pela meiose, uma explicação para a fonte desta variação.

A partir de hoje estaremos tratando de outro aspecto comum aos seres vivos. A diversidade de formas em que se apresentam e a diversidade de ambientes e hábitos que ocupam.

Vocês já observaram como os seres vivos no ambiente se relacionam de tal modo que tudo parece se encaixar como um quebra-cabeça? Parece que há um certo ajuste entre certas características morfologias, como cor da pelagem e ambiente em que vive, ou entre estruturas e comportamentos com função e hábitos de vida, como os tipos dos bicos dos pássaros e modos de alimentação ou tipo de alimentos que comem.

Vamos examinar alguns exemplos:

Este pica-pau dourado, por exemplo, se alimenta de insetos que se alojam em troncos de árvore. Veja o formato do bico dele. Ele tem um bico mais ou menos longo e forte. Mas uma característica mais instigante é a estrutura de sua língua. Ela é comprida e pegajosa e tem espinhos córneos na ponta. Quando em repouso ela fica enrolada dento de uma cavidade no crânio. Outro detalhe está na estrutura da pata do pica-pau: ela tem uma musculatura potente, e dedos muito fortes: dois voltados para traz e dois voltados para a frente. O que a estrutura da língua e da pata deste pica-pau tem a ver com sua forma de se alimentar? E com sua sobrevivência?

Recurso: Prancha 3.1

Neste quadro são apresentadas patas de diferentes espécies de aves, algumas delas vocês conhecem, são de aves domésticas, por exemplo. Outros são de aves mais selvagens que talvez vocês não conheçam. Vocês seriam capazes de descobrir a que tipo de ave alguma destas patas pertencem? O que levaram vocês a citar estes animais? Qual é a relação do formato destas patas com o modo de vida destes pássaros?

Esclarecer exemplos que não foram descobertos pelos alunos.

Recurso: Prancha 3.2.

Como vimos estes são exemplos que mostram um certo ajuste entre estruturas presentes nos animais e seu modo de alimentar ou modo de vida, ambiente em que vivem.

Mas encontramos isso nas plantas também. Por exemplo, se observarmos a vegetação da Caatinga, veremos que existem algumas plantas como a palma e o mandacaru que apresentam espinhos em lugar de folhas. O mesmo é encontrado em outras espécies de cactos em regiões de deserto. Vejam o aspecto do mandacaru, espécie muito comum no nordeste brasileiro, e deste outra espécie de cacto de um deserto nos Estados Unidos, deserto do Arizona. O que elas têm em comum além dos espinhos? (Falar caules com pregas para ser distendidas para guardar água com a chuva? O que estas características tem a ver com ambiente em que elas vivem? E com a sua sobrevivência?

Recurso: Prancha 3.3.

Outra característica intrigante entre algumas espécies de animais é o fato deles apresentarem a mesma coloração que o ambiente em que vivem, ou mesmo um formato de corpo que o fazem serem dificilmente descobertos, vistos. Esta figura apresenta vários exemplos de espécies de insetos que se encontram, desta forma, camuflados no ambiente. Vamos ver se vocês os conseguem encontrar? Estes são casos do que chamamos de camuflagem. De que maneira esta característica (as vezes associada a comportamento) pode estar relacionada a sobrevivência destes bichos?

Lembrem-se que muitos destes insetos são comidos por passarinhos.

Recurso: Prancha 3.4.

II. Exploração das idéias dos alunos:

A proposta é que seja feito um movimento de passagem da descrição empírica do fenômeno da adaptação, e das discussões acerca da funcionalidade das características e do seu valor adaptativo, para a busca de uma explicação causal. Levar aos alunos a pensar que tais fenômenos pedem questões não só do gênero “Como são?”, “Como funcionam?”, mas também “Como ou de onde se originaram?” ou “Por que existem?”.

Sugestão de questões:

- O que eu queria é que nos pensássemos um pouco sobre estas características.
- O que explicam sua existência? Como é que surgiram estas características? As patas das aves que analisamos, por exemplo?
- Esta aparência destes insetos de serem tão parecidos com os ambientes em que vivem?

Ir fazendo perguntas centrando num dos casos. Parafraseando respostas e levando-os a aprofundarem, mas sem ainda induzir desenvolvimento da "estória científica". Registrar as respostas no quadro, ao tempo em que demarcando as diferenças entre os modelos explicativos diferentes que surgirem.

III. Conclusão:

Sistematizar o que foi discutido. Deixar claro que tais fenômenos estudados são uma característica inerente aos seres vivos, designando-as de adaptação biológica, e que demandam explicações acerca de sua origem e existência. Colocar que assim como a turma propôs explicações, a humanidade o vem fazendo há muito tempo, e que existem propostas de explicações pela Biologia, as quais serão o foco da próxima aula.

UNIDADE DIDÁTICA II: "Desenvolvendo a estória científica" – Apresentação modelo explicativo da Seleção Natural

Obstáculos epistemológicos cuja superação se pretende promover:

Na verdade, pretende-se com esta aula possibilitar que os alunos comecem a desenvolver uma concepção variacional da mudança evolutiva, para tanto é preciso superar a visão tipológica e essencialista de espécie, o que já vinha sendo realizado no bloco I.

Objetivos:

- Apresentar a seleção natural como mecanismo causal plausível para explicar a origem das adaptações biológicas;
- Conceituar adaptação como característica que se fixou numa população, como resultado da seleção natural;
- Caracterizar a adaptação como um processo filogenético e não ontogenético;

Conteúdo:

- Variação intra-específica
- Conceito de freqüência gênica e fenotípica
- Dinâmica de populações
- Seleção Natural

Estratégias:

I. Explorando as idéias dos alunos acerca da causas para origem e existência das adaptações:

Levantar com o grupo as explicações, colocando questionamentos à plausibilidade e viabilidade das mesmas, a partir inclusive das próprias explicações alternativas do grupo. Selecionar significados; considerar resposta de estudantes que se aproximem mais da perspectiva da ciência ou que propiciem a introdução das idéias científicas em suas falas.

Marcar conceitos chaves, repetir enunciados seus e dos alunos.

II. Introdução do modelo explicativo variacional (Seleção Natural):

Escolhemos o exemplo da camuflagem de uma espécie de louva-deus, para que a partir de algumas suposições acerca de mudanças ambientais e padrão de herança, fosse possível reconstruirmos a estrutura lógica em que se encontra estruturada a Teoria da Seleção Natural, segundo análise de Mayr (1982) e Meyer e El-Hani (2000). Uma estratégia semelhante a utilizada por Santos (2002).

Descrição da abordagem:

Hoje vamos analisar um caso específico de camuflagem, da qual já havíamos falado antes.

Esta espécie de louva-deus, por exemplo. Os Louva-Deus são insetos que vivem entre a folhagem ou galhos das árvores. Eles posicionam suas patas de maneira que lembra a posição de alguém rezando, por isso têm este nome. Eles ficam assim, espreitando, para capturar outro inseto para se alimentar. Por outro lado, ele é predado, comido por espécies de pássaros, seus inimigos naturais.

Veja como está espécie da figura que vocês têm aí se camufla entre as folhas. Ele tem uma aparência muito semelhante, o formato e a coloração, o tom do corpo, muito semelhante às folhas.

Vamos fazer agora juntos, algumas suposições a respeito desta espécie de louva-deus, desta sua característica e de sua relação com a sobrevivência, para chegarmos a um mecanismo que explique o aparecimento desta característica, considerada uma adaptação biológica.

1. De que maneira a tonalidade do corpo pode estar relacionada com a sobrevivência desta espécie de Louva-Deus?

Estes insetos se reproduzem por reprodução sexual. Há o louva-deus macho e o louva-deus fêmea.

2. Imagine dois louva-a-deus, um macho e uma fêmea, semelhantes às folhas das árvores, ou seja, com este formato e de tonalidade esverdeada. Se eles se acasalarem, qual será a tonalidade do corpo dos filhotes?

Vamos supor que deste acasalamento tenham nascido 10 filhotes: nove eram verdes, com algumas pequenas manchas amareladas como as do pai, e um deles apresentava o corpo com maior número de manchas amarelas. É possível isso acontecer? Vocês lembram o que falamos a respeito de recombinação na meiose e sobre mutação nas aulas passadas?

3. Este filhote terá as mesmas chances de sobreviver que os outros? O que vocês acham que deveriam acontecer com ele?
4. De que maneira a tonalidade do corpo do louva-deus estaria interferindo na sua sobrevivência?

Vamos dizer que este filhote tenha conseguido sobreviver, mesmo frente as maiores chances de ser capturado por pássaros. Quando adulto se acasalou com uma fêmea com a coloração mais esverdeada, igual aos de seus pais. E teve dez filhotes, metade com a coloração igual a da mãe, esverdeados, e metade com a coloração igual ao pai, mais amarelados. Quais deles teriam mais chances de sobreviver?

Mesmo sobrevivendo em menor número, alguns destes filhotes podem chegar à idade adulta e ter filhote. Vamos dizer que alguns deles tenham se acasalado com fêmeas verdes e tiveram, novamente, uma prole com metade dos filhotes verdes e metades dos filhotes amarelados.

Digamos que neste tempo, tenha ocorrido a seguinte modificação. As folhas das árvores que esta população de louva-a-deus habitavam, começaram a apresentar manchas amareladas maiores e em maior número, por que foram mais atingidas por uma espécie de fungo, um parasita, o que gera esta coloração.

Neste novo ambiente, quais indivíduos sobreviveriam mais, àqueles esverdeados, ou aqueles mais amarelados?

Recursos:

Prancha: 3.5. Cruzamento F1

Prancha 3.6. Cruzamento F2

Prancha 3.7. Mudança Composição na População

Vamos fazer um jogo simulando esta situação:

III. Realização do Jogo: Simulação Seleção Natural (adaptado de “Jogo das Tampinhas”, Ciência Hoje na Escola, volume 9)

As equipes terão em mãos esferas representando os louva-deus, com padrões de cores diferentes e dois pedaços de tecido do tipo “cami”, que simularam as copas das árvores nas duas situações ambientais.

Cada equipe deverá ter um componente que irá lançar os “louva-deus” sobre o “cami”. E outro que irá fazer o papel de pássaro e deverá capturar os louva-deus, em quatro segundos. Outro componente irá cronometrar o tempo e outro anotará os resultados: quantos louva-a-deus de cada cor foram capturados.

Na primeira etapa serão jogados aleatoriamente a mesma proporção de louva-a-deus verdes e amarelos sobre o cami verde, representando a folhagem das árvores sem ataque dos fungos.

E será registrado o número de louva-deus verdes e amarelos capturados.

Na segunda etapa serão jogados a mesma proporção e louva-a-deus verdes e amarelos no cami amarelo, representando a folhagem das árvores com maior ataque pelos fungos. E o mesmo procedimento será feito.

IV. Socialização dos resultados e discussão:

Os dados obtidos pelas equipes devem ser registrados numa tabela no quadro-de-giz , e discutidos.

Sugestão síntese da discussão:

Os círculos amarelos por serem mais observáveis no cami verde foram mais “capturadas”. Portanto, os louva-deus com coloração do corpo verde devem ser menos predados por pássaros na situação 1, em que as árvores apresentam as folhas bem verdes com poucas manchas amarelas, e têm maiores chances de sobreviver. O inverso ocorre na segunda situação em que as folhas estão mais amareladas, com maior ataque pelos fungos (cami amarelo). Isso significa que em uma população com indivíduos com alguma variação, como são as populações naturais, como nós vimos isso nas outras aulas, alguns indivíduos têm mais chances de sobreviver que outros, numa determinada situação ambiental. E, conseqüentemente, terão maiores chances de se reproduzir e deixar filhotes.

V. Demonstração mudança na freqüência gênica:

A professora deverá esquematizar no quadro futuros cruzamentos entre "os louva-deus sobreviventes" de modo a demonstrar a possível mudança na freqüência Gênica e fenotípica na população ao longo de algumas gerações.

Exemplo:

Vamos agora partir de uma suposição que como resultado da segunda etapa do jogo tenha sobrado, após a simulação de captura por pássaros, 4 louva-a-deus amarelos e 2 verdes. Vamos supor que 2 machos amarelos tenham acasalado com 2 fêmeas verdes e tiveram 10 filhotes: 5 verdes e 5 amarelos. E os dois amarelos restantes tenham formado um casal e tiveram 10 filhotes todos amarelos.

Ao final quantos louva-a-deus amarelos e verdes temos nesta população?

Se simularmos novamente esta população em copas de árvores cujas as folhas estão amareladas? Quais serão mais facilmente capturados?

Com o tempo o que acontecerá com o número de louva-a-deus verdes ? E com o número de amarelos?

VI. Introduzindo modelo seleção natural:

Podemos dizer que, havendo duas variedades de louva-a-deus, com tonalidades diferentes do corpo, numa determinada condição ambiental, uma destas variedades teve maior chance de sobreviver. Os louva-a-deus esverdeados, nas folhas esverdeadas, pouco atacadas pelos fungos, tiveram uma chance de sobreviver maior que os amarelos. No entanto, quando as folhas se tornaram mais afetadas pelos fungos e mais amareladas, os louva-deus amarelados foram menos capturados pelos pássaros. Sobreviveram mais indivíduos com esta coloração, se reproduziram em maior número, e deixaram mais descendentes. Como a característica da coloração do corpo é hereditária, o número de indivíduos com coloração amarela aumentou em maior proporção que os verdes. E a cor amarela do corpo passou a ser a característica predominante na população.

Este modelo para explicar como certas características tornam-se predominantes e são aperfeiçoadas por conferirem maior chance de sobrevivência para a espécie, é denominado de seleção natural. E foi apresentado à comunidade de cientistas pela primeira vez por dois cientistas de forma independente, Alfred Wallace e Charles Darwin. Na próxima aula falaremos melhor sobre este fato.

Este modelo explicativo pode ser sistematizado desta maneira:

- Há variação na população (louva-a-deus esverdeado e amarelado)
- Uma destas variedades tem maiores chances de sobreviver (de escapar da predação, captura de pássaros);
- A variedade se reproduz em maior taxa e deixa maior número de descendentes;
- Seus descendentes herdam suas características;

- Com o tempo, após várias gerações, a proporção da população muda (há mais amarelados que esverdeados);

Recomendações Metodológicas:

Para que o jogo da simulação do processo de seleção natural tenha sucesso, é preciso dar orientações aos alunos em relação ao procedimento de coleta e registro dos dados. Lembrar que é a simulação de uma captura de insetos por pássaros, portanto, os alunos "coletores" de vem se comportar como um pássaro, deve ser usada apenas uma mão e numa ação simulando captura por bicadas. Deve ser testado um tempo bom para que os resultados não seja inviesados, nos pareceu que o tempo aproximado de 10 a 15 segundos seja o ideal. Há ainda pequenos detalhes técnicos que melhoram a eficiência do jogo, como, esticar o cami e prendê-lo bem ao chão, e o uso de emborrachado EVA pesados. No lugar dos círculos de emborrachados, podem ser usadas tampinhas de refrigerante PET nestas cores.

UNIDADE III: Desenvolvendo a História científica – Darwin, Seleção Natural, Adaptação e diversificação das espécies

Obstáculos epistemológicos cuja superação se pretende promover:

Esta aula pretende auxiliar no desenvolvimento de uma visão mais adequada da natureza da construção do conhecimento científico, ao apresentá-lo como atividade humana e histórica. Pretende assim, contribuir com a superação do supernaturalismo e reação negativa ao discurso da ciência. Ao se discutir como novas concepções de causalidade foram surgindo na história da ciência, sendo a formulação da Teoria da Seleção Natural um episódio emblemático neste aspecto, busca-se auxiliar na superação do finalismo.

Objetivos:

- Apresentação da seleção natural como modelo teórico para explicação da adaptação e diversificação das espécies, considerado ainda hoje pela ciência como um modelo plausível.
- Apresentar a ciência como uma das formas de produção humana de conhecimento sobre a natureza, sua origem histórica e modo de interpretação dos fenômenos naturais.
- Descrever o contexto histórico em que foi construída a Teoria da Seleção Natural, mostrando as questões que estavam postas aos naturalistas do século XVII e XVIII sobre a diversidade de vida, adaptações e história da vida na terra, e a diversidades de perspectivas explicativas para tais fenômenos.

- Analisar as idéias e observações que contribuíram para que Darwin desenvolvesse a Teoria por Seleção Natural.

Estratégia:

- Leitura dialogada do texto de apoio proposto. Pode ser realizada com toda classe, dirigida pelo professor, que deve sugerir questões para discussão ao longo da leitura e complementá-la com outros dados e ilustrar a narrativa com exposição de pranchas que expressassem a atmosfera cultural e social dos períodos históricos mencionados.

Recursos:

Texto 3.1: Darwin e a seleção natural: explicações para adaptação e origem das espécies

Recomendações metodológicas:

- Ao tratar do desenvolvimento histórico do pensamento evolutivo é preciso ter cuidado com aspectos metodológicos na construção de uma narrativa histórica: (1) Como o de evitar anacronismos e abordagens triunfalistas, ou seja, o erro de se buscar no passado somente o que se aceita atualmente, ignorando completamente o contexto da época. No caso específico, é muito comum que apresentemos o desenvolvimento do pensamento evolutivo pela apresentação dos teóricos como Lamarck e Darwin de maneira isolada de toda a comunidade científica da época, e dos problemas teóricos e metodológicos que a cercavam. A respeito dos problemas encontrados nos trabalhos em História das Ciências em geral, consultar Martins (2006), para a discussão específica acerca da análise histórica das teorias evolucionistas, consultar Almeida e Falcão (2005) e Rios e Andrade (2005).
- Evitar uma postura cientificista, em caracterizar a ciência como única forma válida de conhecimento, ou aquela que melhor explica a realidade. Deixar claro que as ciências naturais constituem uma dentre as várias formas de explicação da natureza. Esclarecer sua origem histórica e a natureza de seus modelos explicativos, bem como seu domínio de aplicação, relativo aos fenômenos naturais, e o poder explicativo e heuristico que apresentam neste domínio.
- Estar atento ao tipo de padrões discursivos que são estabelecidos no dialogo aluno-professor-material didático em sala de aula, e com o tipo de abordagens discursivas que deles resultam. Ainda que o texto didático seja redigido com os cuidados acima e, portanto, sensível ao contexto multicultural, a maneira como a perspectiva da ciência e as demais perspectivas são apresentadas ao longo das interações discursivas professor e aluno (perguntas, respostas, avaliações, *feedback*) podem levar a uma abordagem discursiva eminentemente de autoridade, sem espaço para diálogo entre as diferentes perspectivas. Para melhor compreensão acerca do discurso da sala de aula e construçÃo de significado, consultar Mortimer e Scott (2002).

III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALMEIDA, A. V.; FALCÃO, J. T. R. A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. *Ciência & Educação*, v.11, n.1, p. 17-32, 2005.

AMUNDSON, R. Historical development of the concept of adaptation. In: ROSE, M. R.; LAUDER, G. V. (Ed.). *Adaptation*. San Diego: Academic Press, 1996.

AYUSO, E.; BANET, E. Relaciones genética-evolución em la educación secundaria. Concepciones de los alumnos y actividades de enseñanza em el marco del constructivismo. *Enseñanza de las ciencias*, n. extra, v. congresso, p. 277-278, 2002.

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, p. 415-427, 1990.

BIZZO, N. M. V. From Down House Landlord to Brazilian high school students: what has happened to evolutionary Knowledge on the way. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, n. 5, p. 517-556, 1994.

CLOUGH, E. E.; WOOD-ROBINSON, C. How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, v. 19, n. 2, 1985.

DEMASTES, S. S.; SETTLAGE, J.; GOOD, R. Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, n. 5, p. 535-550, 1995.

EL-HANI, C. N. Controvérsias sobre o conceito de gene e suas implicações para o ensino de genética. In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2005, Bauru-SP. *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (ENPEC). Bauru, SP: ABRAPEC, 2005. v. 1, p. 178-190.

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

MARTINS, L. A. P. História da ciência: objetos, métodos e problemas. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MAYR, E. *The Growth of biological thought*: diversity, evolution, and inheritance. Cambridge: The Belknap Press, 1982.

_____. *O Desenvolvimento do Pensamento Biológico*. Brasília: UNB, 1998.

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

_____. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, v. 4, p. 267-285, 1995.

_____. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, 2002.

POOLE, M. W. ... for more and better religious education. *Science & Education*, v. 5, n. 2, p. 165-174, 1996.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science & Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

RIOS, L. M.; ANDRADE, A. M. Las teorías de la evolución en los textos escolares: análisis crítico histórico-epistemológico de Philipp Mathy. In: ANDRADE, Adela Molina (Org.). *Enfoques culturales en la educación en ciencias*: caso de la evolución de la vida. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2004. **(**Cuadernos de Investigación, n.4).

SANTOS, S. *Evolução Biológica*: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula. São Paulo: Annablume/FAPESB, 2002. 130p.

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

ANEXO II – TERMO DE CONSENTIMENTO

Ofício comunicando a intenção e procedimentos da pesquisa:
Aos Srs. Pais e/ou Responsáveis
1º ano do Ensino Médiol – Turmas X e X

Srs. Pais,

Estamos programando, para o mês de junho, atividades nas aulas de ciências que serão acompanhadas para a pesquisa acadêmica no tema: "Construção do perfil conceitual de adaptação como ferramenta para o desenvolvimento de estratégias de ensino que auxiliem o cruzamento de fronteiras culturais por alunos protestantes do Ensino Médio de Biologia", com a participação da professora de Biologia Helenadja Mota Rios Pereira, regente da turma, e da Profª Claudia Sepulveda, do Departamento de Educação.

A pesquisa envolverá gravação em vídeo das aulas de um tópico de conteúdo (Herança, variação e origem da diversidade de vida') focalizando a participação dos estudantes seja em momentos de discussão coletiva e de 'exposição interativa' por parte da professora, e também nos momentos de trabalhos em pequenos grupos. Os alunos de um dos grupos que se oferecer voluntariamente serão acompanhados em maior detalhe pelo pesquisador. Os alunos não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos vídeos será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas dos alunos nem para público externo ou interno. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios para os estudantes, que terão, assim, sua identidade preservada.

Lembramos aos pais que as pesquisas em educação, realizadas no ambiente da escolar é elemento importante para auxiliar os educadores da escola a compreenderem melhor os processos educativos dos estudantes, visando seu aperfeiçoamento. A pesquisa citada pretende compreender como as interações verbais entre professor e aluno e entre aluno-aluno estão envolvidos na aprendizagem de novos conceitos nas aulas de Biologia. Serão focados, particularmente, os ricos momentos em momentos em que professora e alunos interagem na aprendizagem de novos conceitos relacionados e aqueles em os alunos discutem entre si os conteúdos estudados. Pretende-se identificar em que momentos os alunos amadurecem novas concepções acerca dos conceitos estudados e os fatores, como por exemplo, os procedimentos didáticos, que favorecem tal amadurecimento.

A pesquisa será realizada apenas com consentimento de pais e /ou responsáveis de **todos** os alunos da turma. Portanto estamos encaminhando este protocolo para consentimento da realização da pesquisa. Relembrando, ela deverá se realizar com as turmas x e x do 1º ano durante o mês de julho, com a participação das Profª Helenadja Mota Rios Pereira (Profª de Biologia das turmas) e Claudia Sepulveda (Profª da Universidade Estadual de Feira de Santana). Ela envolverá gravação das aulas em vídeo e seus procedimentos serão tais a minimizar possíveis alterações nas rotinas das aulas de Biologia. O registro das aulas será de uso exclusivo da pesquisa e não serão usados para avaliação de comportamentos e atitudes dos estudantes.

Agradecemos desde já sua colaboração
Atenciosamente,

Claudia Sepúlveda

Helenadja Mota Rios Pereira

AUTORIZAÇÃO DOS PAIS OU RESPONSÁVEIS:
Assinale abaixo seu posicionamento em relação a realização da referida pesquisa:

( ) *Concordo e autorizo a realização da pesquisa, com gravação das aulas de Biologia, nos termos propostos.*
( ) *Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.*

Assinatura do Pai ou Responsável

ANEXO III – ROTEIRO E CENÁRIOS UTILIZADOS NA ENTREVISTA

CENÁRIO/ ESTÍMULO 1:

Todos os mamíferos possuem dentes dispostos em suas mandíbulas. Estes dentes apresentam uma estrutura geral comum possuindo três camadas como mostrado nesta figura [Apresentação da figura 1A]. Porém podem apresentar formatos diferentes, como ilustrado aqui [Apresentar figura 1B].

Nesta outra figura [Apresentar figura 1C], podemos observar a forma da mandíbula inferior e a organização e formato dos dentes de três animais diferentes. Acima e à esquerda, vemos a mandíbula da espécie humana que tem uma dieta alimentar onívora, ou seja, come de tudo. Abaixo, a mandíbula de um felino, um gato, por exemplo, o qual se alimenta de carne. E ao lado, a mandíbula de uma ovelha, um animal herbívoro que se alimenta de plantas. Como podemos ver tanto o formato dos dentes como a distribuição e disposição deles na mandíbula são diferentes.

1. Como poderíamos explicar esta variação no formato da mandíbula e no formato dos dentes nos diferentes grupos de animais mamíferos? Como surgiu estas diferentes formas ?

CENÁRIO/ ESTÍMULO2:

Muitas flores são visitadas por animais como abelhas, borboletas, beija-flores e morcegos. Estes animais se alimentam de néctar e pólen extraídos da flor nestas visitas. Neste processo, os animais carregam pólen de uma flor a outra, e assim contribuem para a reprodução destas plantas. Nesta figura, uma orquídea é representada [Apresentar Figura 2A]. Podemos observar que esta flor apresenta uma das pétalas diferentes das outras. Ela é maior e é nela em que estão os órgãos reprodutores. Vemos a abertura do órgão feminino e, acima, um aglomerado de pólen. Nesta espécie de orquídeas, esta pétala maior se assemelha muito ao corpo de uma fêmea de um inseto. Estas plantas se parecem tanto com a fêmea de uma espécie de vespa que até exalam aromas semelhantes aos que os insetos costumam exalar. Desta maneira, quando os machos vêem este tipo de pétala, as confundem com uma fêmea de sua espécie e tentam acasalar com ela [Mostrar Figura 2B]. Quando tentam acasalar com a flor, os aglomerados de pólen se grudam nas costas dele, e podem, assim, ser transportadas para outra flor.

1. De que maneira a aparência desta pétala diferente pode estar relacionada com a sobrevivência desta espécie de orquídea?
2. Como você acha que surgiu esta característica nesta espécie de orquídea ?
3. Podemos dizer que esta característica é uma adaptação? Por quê?

CENÁRIO/ ESTÍMULO 3:

Quando tomamos sol, nossa pele, aos poucos, fica mais escura. Isso porque o sol estimula as células de nossa pele a aumentarem a produção de melanina, um pigmento que funciona como o filtro contra o excesso de energia solar.

1. Podemos considerar o processo de escurecimento de nossa pele quando vamos à praia uma adaptação? Por quê?
2. Este processo é semelhante ao processo que deu origem à aparência das pétalas das orquídeas que apreciamos anteriormente?
3. Se usarmos a palavra “adaptação” para descrever estes dois processos ela terá o mesmo sentido?
4. Pessoas que vão constantemente à praia, ou estão sempre “pegando sol”, terão filhos com a cor da pele escura?

CENÁRIO/ ESTÍMULO 4:

Várias espécies de insetos apresentam aparência semelhante a gravetos e folhas. Costumamos chamá-los de “bicho-pau” e “bicho-folha”, respectivamente. É o caso desta espécie ilustrada nesta figura [Mostrar Figura 4A]. Estes insetos vivem subindo em troncos de árvores e perambulando nas folhas, e correm sempre o risco de serem comidos por pássaros.

1. De que maneira o formato e a cor do corpo destes insetos podem estar relacionados à sua sobrevivência?
2. Como surgiram estas características que os assemelham ao meio em que vivem ?
3. Imagine que dois “bichos-pau”, um espécime fêmea e um espécime macho se acasalaram? Esta característica será transmitida para seus filhos? Todos os seus filhotes terão a mesma aparência?

CENÁRIO/ ESTÍMULO 5:

Na costa pacífica da América do Sul, existe um grupo de ilhas distante 900 quilômetros do continente [Mostrar Figura 5A]. Nestas ilhas, chamadas Galápagos existem muitas espécies de plantas e animais que não são encontradas em qualquer outro lugar do mundo. Entretanto,

as formas de vida das Galápagos são claramente semelhantes às espécies que habitam o continente sul-americano. Foram encontradas, por exemplo, quatorze espécies de tentilhões, um tipo de ave .Todas estas espécies guardavam semelhança com o tentilhão toutinegra, espécie que habita o continente. Em cada Ilha, encontramos diferentes grupos de espécies [Mostrar figura 5B]. Uma das maiores diferenças entre estes tentilhões diz respeito aos tamanhos e às formas de seus bicos, como mostra esta figura [Mostrar figura 5C]. Observa-se que a forma do bico tem uma relação com o hábito alimentar das espécies. Dependendo do tamanho e da forma de seus bicos, alguns tentilhões obtêm néctar das flores, alguns comem larvas de insetos nas cascas das árvores, alguns comem sementes pequenas e alguns comem sementes duras e grandes [Mostrar figura 5D].

1. Como você imagina que os diferentes tipos de bico inicialmente se originaram nos tentilhões das Galápagos?
2. Em uma destas ilhas, encontramos duas populações de tentilhões de espécies diferentes. Uma delas é de tendilhões de bico pequeno especializados em comer pequenas sementes, como os tentilhões terrícolas de pequeno porte e os tentilhões terrícolas de bico fino, mostrados na figura. A outra é formada por tentilhões que apresentam bico grande e podem quebrar sementes grandes e duras. O arquipélago de Galápagos costuma passar por anos de seca, durante os quais as plantas produzem poucas sementes. O que aconteceria com a população de tentilhões de bico pequeno durante uma estação muito seca, que afetasse as plantas de pequeno porte, que produzem sementes pequenas?
3. O que ocorreria se uma população de tentilhões terrícolas de bico fino, especializada em comer sementes pequenas, fosse transportada para uma ilha com pouca abundância de plantas com sementes pequenas?

CENÁRIO/ ESTÍMULO 6:

Muitas doenças que nos acometem e têm entre os sintomas febres persistentes são causadas por microorganismos denominadas bactérias. Algumas bactérias vivem dentro de nosso organismo sem provocar alterações; no entanto, outras se multiplicam dentro do nosso corpo, podendo romper as células que as hospedam, além de produzir substâncias tóxicas nocivas aos tecidos do nosso corpo. Quando isso ocorre, estamos diante de uma infecção bacteriana. Desde a década de 1940, a humanidade descobriu substâncias que podem conter o crescimento das populações de bactérias patógenas (causadoras de doenças) em nosso corpo e passou a produzi-las em escala comercial, os chamados antibióticos. No entanto, o uso

freqüente e indiscriminado de antibióticos nos revelou uma ameaça à saúde pública: o surgimento de bactérias resistentes a antibióticos. Algumas pessoas que fizeram uso prolongado de um determinado antibiótico, ao sofrer uma infecção bacteriana mais séria, quando iam fazer uso do mesmo antibiótico, não alcançavam a melhora esperada.

1. Como você explicaria o surgimento de bactérias resistentes a antibióticos?

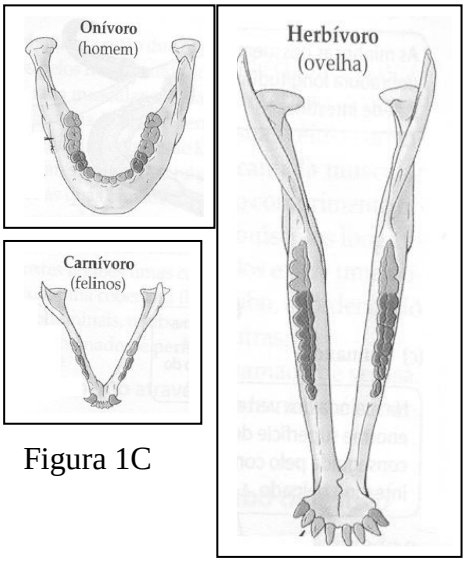


Figura 1C

FIGURA 2A

FIGURA 2B

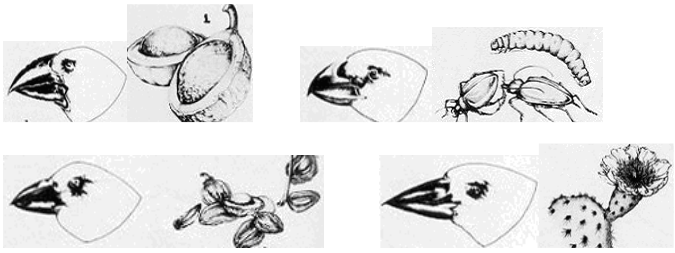


Figura 5D

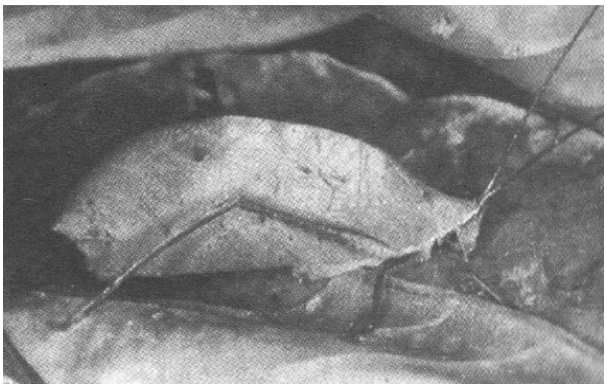


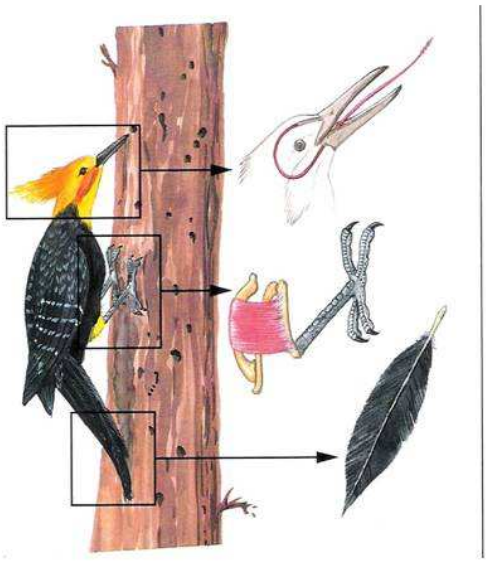
Figura 4A

ANEXO IV – PRANCHAS COLORIDAS: EXEMPLOS DE ADAPTAÇÃO BIOLÓGICA

CAMUFLAGEM

PICA-PAU DOURADO

"Ajuste" das estruturas à estratégia para captura de alimento



ANEXO V – APOSTILA DARWIN E A SELEÇÃO NATURAL: EXPLICAÇÕES PARA ADAPTAÇÃO E ORIGEM DAS ESPÉCIES

COLÉGIO ESTADUAL MARCÍLIO DIAS
DISCIPLINA BIOLOGIA
PROFESSORA HELENADJA MOTA RIOS PEREIRA
TURMA: 1º ANO B

DARWIN E A SELEÇÃO NATURAL: EXPLICAÇÕES PARA ADAPTAÇÃO E ORIGEM DAS ESPÉCIES

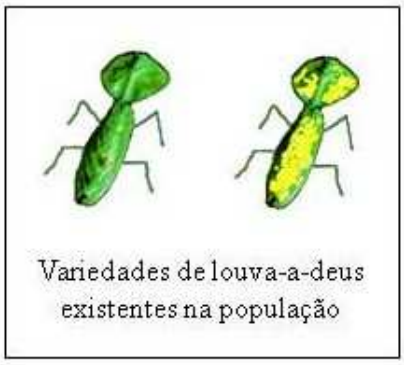
Na aula passada, buscamos propor um modelo para explicar a origem das ***adaptações***, características que as espécies apresentam que aumentam suas chances de sobrevivência em determinadas condições ambientais. Ou dito de outra maneira, buscamos propor um ***mecanismo causal*** pelo qual estas características, ditas adaptativas, se tornam predominantes e se conservam nas populações.

Analisamos um caso específico, a origem da forma do corpo e do padrão de coloração de uma espécie de louva-a-deus semelhantes às folhas das árvores em que habitam. Esta característica é adaptativa dado que ela torna os louva-a-deus camuflados entre as folhas das árvores, de modo a diminuir a probabilidade dos indivíduos que a possuem serem capturados por pássaros, seus predadores, e assim aumenta as chances de sobrevivência da espécie como um todo.

Camuflagem em louva-a-deus

Simulamos uma situação de mudança ambiental: um ataque das folhas das árvores por fungos que a parasitam, tornando-as amareladas, algo que freqüentemente ocorre, como podemos ver nas figuras abaixo.

Vimos que diante desta mudança as chances de sobrevivência da espécie poderiam ser bastante diminuídas, já que os louva-a-deus, estariam agora mais visíveis entre as folhas e mais facilmente capturados por pássaros. A não ser que existisse na população dos louva-a-deus, uma variedade, indivíduos com uma coloração um pouco diferente da maioria dos indivíduos e mais próxima à coloração nova das folhas.



Sendo este o caso, esses indivíduos, terão maior probabilidade de escapar da predação dos pássaros, e se reproduzir em maior taxa. Considerando que o padrão da coloração do corpo é uma característica hereditária, os descendentes destes indivíduos, louva-a-deus com grandes manchas amarelas, irão ter a mesma aparência dos pais. Com o tempo, a composição da população de louva-a-deus original irá mudar, terá mais indivíduos com esta característica, corpo com grandes manchas amarelas, e uma quantidade menor de indivíduos esverdeados, os quais serão mais capturados por pássaros e irão ter menor chance de sobrevivência e reprodução.

Descrevemos um processo de **adaptação** da espécie: a conservação na população de uma característica que aumenta as chances da sobrevivência, tornando a espécie mais ajustada às condições ambientais. E o explicamos pelo mecanismo da **seleção natural**.

Este modelo explicativo foi apresentado à comunidade de cientistas pela primeira vez em 1858 (Século XIX) por dois cientistas, Alfred Wallace e Charles Darwin. Eles pretendiam com este modelo não só explicar as adaptações observadas entre os seres vivos, como também a origem da diversidade de vida. Ou seja, pensavam responder a duas questões:

- Como o ajuste entre estrutura e função que observamos nos seres vivos, ou o ajuste entre, estrutura e comportamento dos seres e o ambiente em que vivem, pode ser explicado?

- Como se originaram as diferentes formas de vida que observamos hoje? O que explica a diversidade de diferentes espécies de seres vivos que observamos hoje na natureza?

Vamos conhecer um pouco o que se pensava na época em que estes dois cientistas formularam suas explicações para responder a tais perguntas. Nos concentraremos em descrever um pouco da vida de Darwin, e especialmente, os fatos, as observações e idéias sobre o mundo natural com os quais ele teve contato e que o levaram a desenvolver a **Teoria de Evolução por Seleção Natural**.

GRANDES NAVEGAÇÕES, HISTÓRIA NATURAL E A DESCOBERTA DA DIVERSIDADE DE VIDA NA EUROPA DO SÉCULO XVII E XVIII:

Há diversas formas de investigar, descrever e explicar o mundo natural e seus eventos, criadas por diferentes grupos humanos ao longo da história de contato da humanidade com a natureza. Podemos citar o conhecimento indígena acerca do poder de cura de certos vegetais, suas técnicas de agricultura e melhoramento das plantas cultivadas, e seus sistemas de classificação e identificação de plantas e animais, conhecimentos organizados e transmitidos oralmente na forma de nomes descritivos e estórias. Do mesmo modo, os pescadores produzem um amplo e aprofundado conhecimento acerca da biologia e ecologia dos peixes: o que eles comem, quando se reproduzem, o local onde ocorrem, e em que quantidade. Com base nestas informações, coletadas e transmitidas ao longo das gerações, sabem como devem lidar com estes recursos, em que época do ano devem pescar certas espécies, qual o tamanho dos peixes que devem capturar...., de modo a não explorar os recursos pesqueiro inadequadamente, contribuindo para seu extermínio.

Quando nas aulas de Ciências e Biologia, ou nos livros didáticos, fala-se em "explicações científicas", "cientistas", "ciência", estamos nos referindo a uma atividade de produção de conhecimento, e uma forma de conhecimento sobre a natureza específica. Trata-se da ciência ocidental moderna, uma forma de estudar e explicar os fenômenos naturais que teve origem no continente europeu, em meados do século XVII. Neste período, as questões sobre a natureza começaram a ser estudas de um modo específico, a partir de observações, realização de experiências, e uso da matemática. Foram desenvolvidos artefatos técnicos para observação de eventos e entidades naturais, como o telescópio, utilizado por Galileu para observação dos corpos celestes, realizadas experiências, em que eventos naturais eram simulados e manipulados (por exemplo, experiências para se estudar a queda dos corpos próximos à superfície da terra), e utilizava-se a matemática para descrever as observações e fazer previsões, por exemplo, acerca da trajetória dos planetas.

Nesta época, os estudiosos da natureza eram designados de filósofos naturais ou naturalistas. A primeira tradição deste tipo de conhecimento esteve associada ao estudo dos corpos celestes, seus movimentos e fenômenos físicos de um modo geral, dando origem à astronomia e a física moderna.

Em seguida, começou a se desenvolver ramos ligados ao estudo dos seres vivos, inicialmente, focados em descobrir suas estruturas e descrever seu funcionamento, assim eram feitas dissecações no corpo de diversos animais e principalmente no corpo humano, para compreender como suas estruturas internas estavam relacionados com o funcionamento, dando origem à anatomia e ramos da medicina.

Aqui estamos interessados em descrever como a ciência ocidental moderna buscou (e ainda busca) explicar a formação do nosso planeta e a origem dos seres vivos. No período que decorreu do final do século XVII e XVIII, este empreendimento foi conhecido como história natural, a qual daria origem à Biologia e a Geologia.

Três fatores fizeram com que os naturalistas do século XVII e XVIII se dedicassem a explicar a origem da diversidade dos seres vivos: (1) a descoberta de novas espécies em função das grandes navegações feitas pelos europeus a "novos mundos" (às Américas, e a Oceania); (2) o desenvolvimento de microscópios, o que permitiu observar novos seres vivos

de pequenas dimensões, que não podiam ser observadas a olho nu; (3) e a descoberta e estudo dos fósseis – partes de corpos de animais, como ossos, garras e dentes que eram encontrados presos em rochas.

Pranchas com desenhos dos naturalistas séc. XVII, que descreviam os animais coletados e observados no "novo mundo". Coleções científicas em Museus Europeus.

Microscópios

Pranchas com desenhos dos naturalistas séc. XVII, que descreviam os fósseis encontrados e suas reconstituições

Essas novas observações foram gerando novas perguntas para a história natural:

- O que explicaria esta diversidade de organismos vivos?
- Como poderia ser explicado o fato de outros continentes apresentarem uma fauna tão diferente da Europa e tão rica em biodiversidade?
- O que explicava o fato de não terem sido observados animais semelhantes aos fósseis? Eles teriam migrado para outras regiões distantes da Europa ou teriam simplesmente se extinguido?
- O que explicava a similaridade entre as espécies fósseis e as espécies vivas?
- O que explicava a plena adaptação das espécies aos diferentes meios?

Á época já existiam algumas idéias sobre como esta diversidade de seres vivos que observamos hoje tiveram origem. Existiam basicamente duas visões sobre esta questão: o fixismo - o qual defendia a idéia de que as espécies eram fixas, se originaram no ato da criação divina do mundo e não sofreram modificações – e o evolucionismo – a idéia de que as espécies atuais se originaram a partir de transformações ao longo do tempo de espécies pré-existentes.

Veremos agora como Darwin interpretou estas observações feitas por seus antecessores, e ainda outras que ele mesmo fizera, à luz de algumas idéias de seu tempo e formulou a Teoria da Seleção Natural como um mecanismo que explicava a transformação das espécies ao longo do tempo, a adaptação delas ao meio e a sua diversificação.

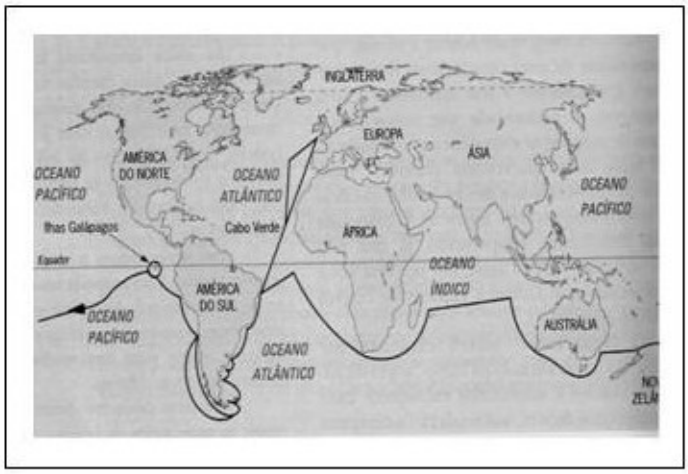
DARWIN E A SELEÇÃO NATURAL

Darwin nasceu na Inglaterra em 1809, desde criança era apaixonado pela natureza. Fazia várias excursões a campo para coletar insetos, plantas e minerais, os quais gostava de colecionar.

Ingressou na universidade para estudar medicina, profissão de seu pai e de seu avó, mas só permaneceu no curso dois anos. Depois fez outro curso a fim de tornar-se pastor protestante. O interesse pela história natural fez com que assistisse diversos cursos sobre este

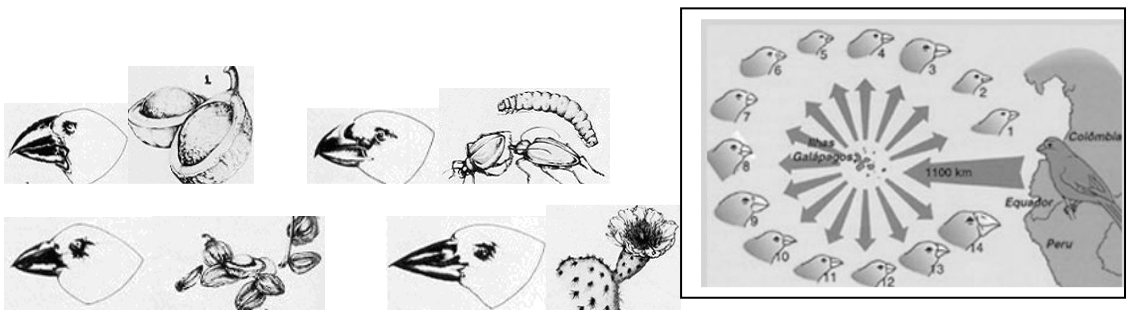
tema, lia várias obras a respeito, incluindo os relatos de viagens dos grandes naturalistas. Construiu um ciclo de amigos formados por professores de geologia, botânica e zoologia, com quem mantinha conversas e correspondências.

Aos vinte e dois anos foi convidado para participar de uma viagem de volta ao mundo no navio HMS Beagle, como naturalista. A viagem durou cinco anos e durante este Darwin, observou, coletou e fez anotações sobre a diversidade de vida dos diversos lugares onde passou, incluindo a costa brasileira.



Rota da Viagem do Beagle (1831- 1836)

Uma das observações que mais lhe surpreendeu foi a forma como as espécies de animais e plantas se encontravam distribuídas num conjunto de ilhas na costa pacífica da América do Sul, próximo ao equador, o arquipélago de Galápagos. Darwin ficou surpreso quando constatou que em cada ilha do arquipélago existiam diferentes espécies de tartarugas, iguanas e pássaros. Um exemplo célebre desta observação é a distribuição de pássaros que ficaram conhecidos como os tentilhões de Galápagos ou os tentilhões de Darwin. Foram encontradas quatorze espécies de tentilhões. Todas estas espécies guardavam semelhança com o tentilhão toutinegra, espécie que habita o continente. Em cada Ilha, ele encontrou diferentes grupos de espécies. Uma das maiores diferenças entre estes tentilhões diz respeito aos tamanhos e às formas de seus bicos, como mostra a figura abaixo. Darwin percebeu que a forma do bico tinha uma relação com o hábito alimentar das espécies: pássaros com bicos grandes comiam sementes duras e grandes, pássaros com bicos pequenos comiam sementes pequenas, outros de bico fino comiam néctar da flor de cactos, e pássaros com bicos em forma de pinça comiam insetos escondidos em buracos de árvores.



Estas observações pareciam dar apoio às teses evolucionistas de que espécies atuais se originaram da transformação de espécies pré-existentes, ao longo do tempo. Como já dissemos, essas teses já existiam antes de Darwin, até mesmo seu avó Erasmus Darwin, já havia escrito algo a respeito. Mas tais teses ainda não eram aceitas totalmente pelos naturalistas, entre outros fatos, porque ainda não haviam sido apresentadas evidências, dados, que as sustentassem, e especialmente, porque ainda não havia sido apresentado um modelo que explicasse, de maneira convincente, como estas transformações poderiam ocorrer. O único modelo disponível tinha sido apresentado por Lamarck, em 1809. Na época, Lamarck não havia convencido muito seus contemporâneos, os quais, adeptos ao fixismo, em sua maioria, ainda tinham grande resistência a idéias evolucionistas.

Darwin já ouvirá falar das conclusões de Lamarck através da leitura da obra do geólogo Charles Lyell, defensor do evolucionismo de Lamarck. Ao voltar da viagem também e releu o livro de seu avó, Zoonomia, mas considerou que ambas as obras, a de Lamarck e a de seu avó, apresentavam idéias muito especulativas, sem apresentar provas suficientes. Passou então a se debruçar sobre o material e observações coletados na viagem, de modo a reunir provas para o evolucionismo, e a pensar num mecanismo que explicasse como tais transformações nas espécies ocorriam.

Uma das leituras que teve muito impacto nas idéias de Darwin foi a obra de um sociólogo inglês,Thomas Malthus (1798), que dizia que o crescimento da população na Terra era mais rápido do que o aumento da disponibilidade de alimento, o que poderia acabar levando a uma situação de insuficiência de alimentos para todos.

Esta idéia, aliada a outras observações acerca das populações naturais dos seres vivos, levou Darwin a pensar que uma luta pela vida ocorre entre os organismos, e como conseqüência, uma seleção natural: indivíduos mais aptos a sobreviverem em certas condições ambientais (por exemplo, aqueles que conseguem escapar de predadores com maior eficiência; ou obter alimentos com maior facilidade) tenderiam a sobreviver; enquanto os menos aptos a morrer. Aqueles mais aptos deixariam, portanto, mais descendentes, o que com o tempo levaria a uma mudança na composição da população. Vamos sintetizar as idéias fundamentais que estruturaram, deram base, a esta Teoria da Seleção Natural:

PRIMEIRA IDÉIA:
Todas os organismos são capazes de produzir um número de crias (filhos) superior ao necessário para a manutenção da espécie.
Por exemplo, um casal de ratos podem ter seis ninhadas por ano, cada uma com seis filhotes mais ou menos. Em seis semanas os filhotes ficam adultos e podem se reproduzir. Imagine se todos os ratos sobrevivessem e todos pudessem se reproduzir, a Terra estaria coberta de ratos.

Figura adaptada de Construindo Consciência, 8ª. série/ APEC, 2003

SEGUNDA IDÉIA:
Isso leva a conclusão de que em qualquer população, nem todos indivíduos sobrevivem até conseguirem sobreviver. Muitos morrem de fome ou são capturados por predadores, por exemplo, antes de se reproduzir, ou simplesmente não encontram parceiros.

O ambiente pode influir nas possibilidades dos indivíduos de sobrevivência, nesta espécie de "luta pela sobrevivência".

TERCEIRA IDÉIA:

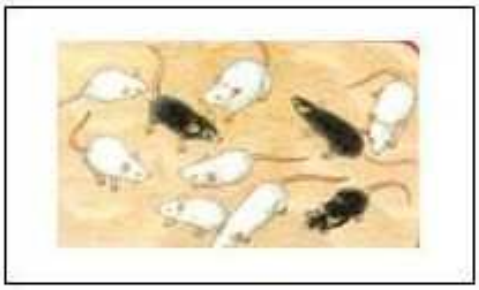
Nas populações os indivíduos apresentam variações. Estas diferenças interferem nas chances de sobrevivência e capacidade de sobrevivência dos indivíduos.

No nosso exemplo, entre os filhotes de uma ninhada de ratos, podem existir uns claros, outros mais escuros. Em ambientes de solo claro, arenoso por exemplo, os ratos mais claros estão mais adaptados, porque são vistos com menos freqüência por corujas, seu predador.

QUARTA IDÉIA:

Algumas destas características que conferem maiores chances de sobrevivência são herdáveis, passando de geração a geração. Portanto, com o tempo, após algumas gerações esta característica se conservará na população.

No nosso exemplo, em regiões de solo arenoso, a cor da pelagem branca será mais freqüente. Teremos sempre maior número de ratos brancos do que pretos.



E A ORIGEM DAS ESPÉCIES?

Nesta perspectiva evolucionista, a grande diversidade de seres vivos que existe hoje na terra teria origem no processo de especiação, formação de novas espécies. E como este processo pode ser explicado pelas idéias de Darwin?

Vamos pegar o exemplo nosso da população de ratos, a variação de cor da pelagem se mantêm pela reprodução sexuada entre os indivíduos desta população que está no mesmo ambiente, passando pelas mesmas pressões ambientais, pelo mesmo processo de seleção natural.

Digamos que esta população sofra um isolamento geográfico. Por exemplo, se separem pela mudança do percurso de um rio, que divida a área habitada pela população originalmente. Ou que um grupo de indivíduos migre para uma área diferente. Os indivíduos de uma população não mais encontraram os indivíduos da outra, portanto não mais se acasalaram com os outros, assim não haverá mais troca de material genético. Não havendo

troca de material genético entre duas populações, as mutações que ocorrem em uma, serão independentes das que ocorrem na outra.

Além disso, cada população formada poderá passar por processos de seleção natural diferente, já que o ambiente pode apresentar variações diferentes.Ou seja, como as condições do ambiente em que vive são diferentes, a seleção agirá de forma a selecionar características diferentes nas duas populações.

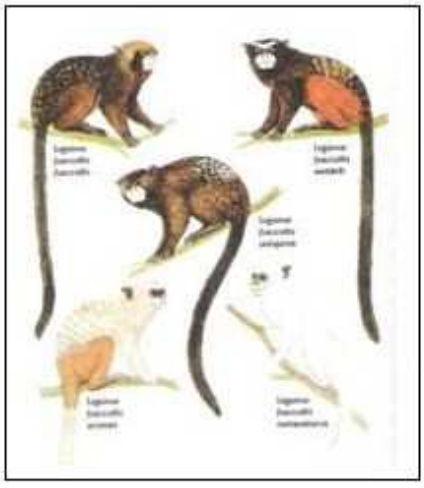
Com o tempo, cada uma das novas populações pode ter acumulado características diferentes da outra. Temos assim a formação de subespécies.

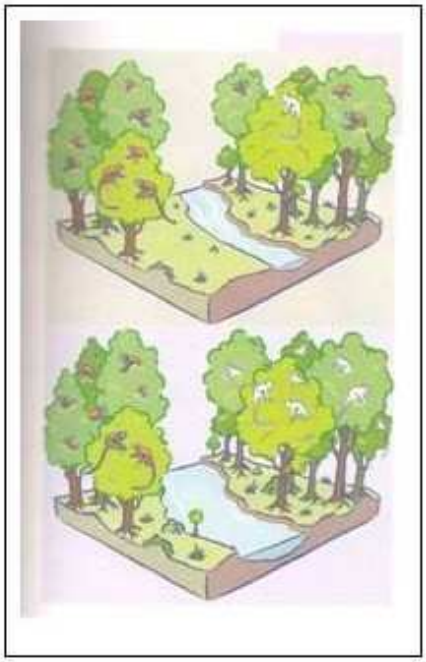
Se após este período de isolamento geográfico, os membros de uma população não mais reconhecem os indivíduos da outra população como parceiros sexuais, de modo que mesmo colocados juntos, não mais se acasalam, teremos duas espécies diferentes.

DESENVOLVER FIGURAS COM CASO DOS RATOS

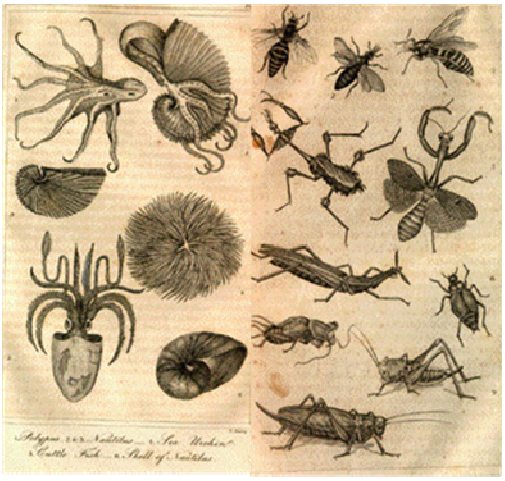
Estes eventos de isolamento geográfico, com posterior e conseqüente formação de espécies, são comuns na natureza e podem explicar a origem da grande diversidade de seres vivos. A origem de uma nova espécie, como vimos, nem sempre implica a extinção de outra, de maneira que a diversidade é acumulativa e vem aumentando, ao longo da evolução da vida.

Na Amazônia, os grandes rios funcionam como barreiras geográficas, e isolam geograficamente populações, permitindo que elas se diferenciem ao longo do tempo. Esta pode ser a explicação para a diversidade da fauna que lá encontramos. Vemos na figura à abaixo a esquerda cinco subespécies de sagüis da Amazônia, que diferem muito na coloração da pelagem. Na figura abaixo à direita vemos um modelo para explicar a formação destas subespécies (as duas figuras foram retiradas do volume “Evolução” da coleção “Ciência Hoje na Escola” editada pela SBPC- Sociedade Brasileira para o Progresso da ciência).

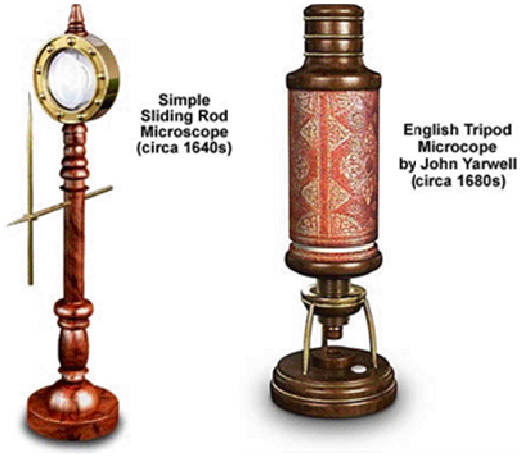




ANEXO VI – PRANCHAS: HISTÓRIA DO PENSAMENTO EVOLUCIONISTA

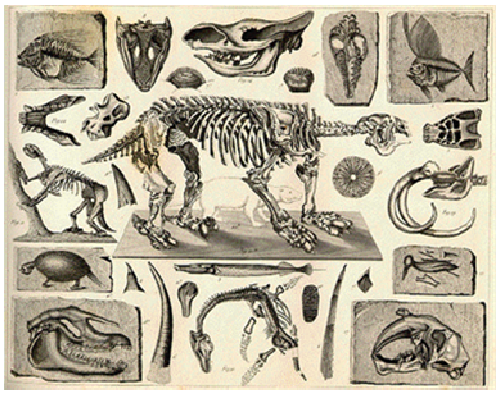


Pranchas com desenhos dos naturalistas séc. XVII, que descreviam os animais coletados e observados no "novo mundo". Coleções científicas em Museus Europeus.

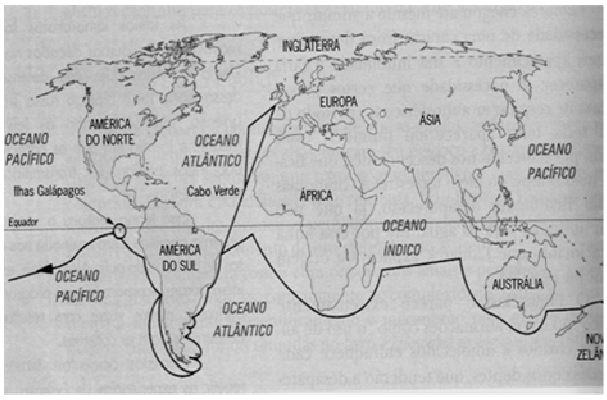


Microscópios

ANEXO VI A

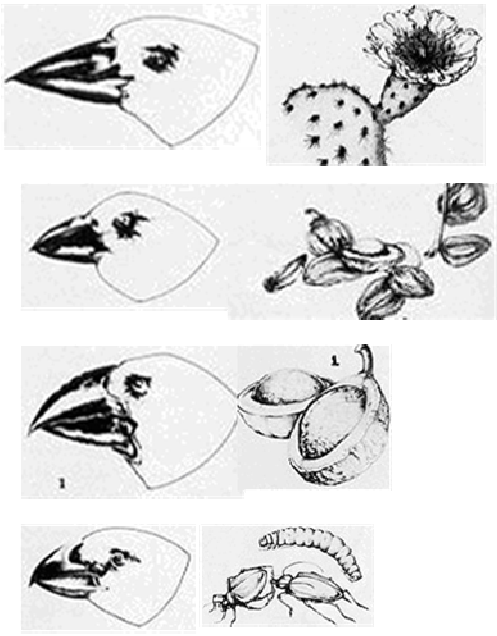


Pranchas com desenhos dos naturalistas séc. XVII, que descreviam os fósseis encontrados e suas reconstituições

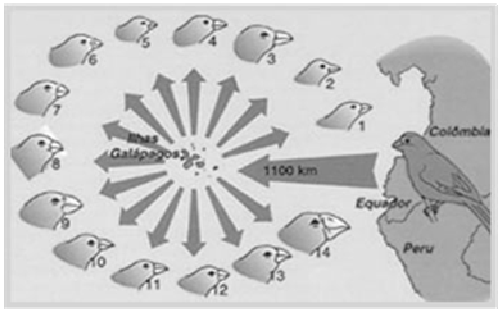


Rota da Viagem do Beagle (1831- 1836)

ANEXO VI B



TAMANHOS E FORMAS DE BICOS DOS TENTILHÕES DE GALÁPAGOS



TENTILHÕES DE GALÁPAGOS

ANEXO VII – QUESTIONÁRIO

COLÉGIO ESTADUAL MARCÍLIO DIAS
DISCIPLINA: BIOLOGIA
PROFESSORA HELENADJA MOTA RIOS PEREIRA
TURMA: 1º ANO B

QUESTIONÁRIO

1- Um menino que vivia próximo a uma região de mata e estava sempre passeando por lá e fazendo observações, percebeu que a maioria das mariposas encontradas em troncos escuros de árvores apresentava uma coloração escurecida e que a maioria das mariposas encontradas em árvores com troncos mais claros apresentavam uma coloração mais clara.

1 – Como você explicaria isto?

2- Como você acha que essas diferentes colorações de mariposas surgiram nas populações de mariposas inicialmente?

3- O que você acha que poderia acontecer se a cor das árvores mais escuras começasse a mudar com os anos, por exemplo, ficassem mais claras porque foram cobertas por liquens ? O que aconteceria com as mariposas escuras?

2- Numa população de louva-a-deus de cor esverdeada que habitavam uma plantação de limoeiros com folhas amareladas atacadas por fungos surgiu um filhote de cor amarelada. Você concordaria coma idéia de que um casal de louva-a-deus de cor esverdeada que tiveram um filhote de cor amarelada quis ter um filhote dessa cor para se adaptar às folhas? A cor amarelada teria surgido por uma questão de escolha?

3- Das atividades realizadas nas últimas aulas de Biologia quais as que você menos gostou e por quê?

4- Das atividades realizadas nas últimas aulas de Biologia quais as que você menos gostou e por quê?

5- Você teria uma explicação diferente da que o cientista Darwin propôs para a adaptação biológica, como os pés de pato adaptado ao ambiente aquático ou a forma do corpo do louva-a-deus?