

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS: QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: PERCEPÇÕES DE
PROFESSORES DE BIOLOGIA DE SANTA MARIA,
RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Luciane Carvalho Oleques

**Santa Maria, RS, Brasil
2010**

**EVOLUÇÃO BIOLÓGICA:
PERCEPÇÕES DE PROFESSORES DE BIOLOGIA DE
SANTA MARIA, RS**

Por

Luciane Carvalho Oleques

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como exigência parcial para obtenção de grau de Mestre em Educação em Ciências

Orientador (a): Prof^a Marlise Ladvoat Bartholomei-Santos

**Santa Maria, RS, Brasil
2010**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado

**EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: PERCEPÇÕES DE PROFESSORES DE
BIOLOGIA DE SANTA MARIA, RS**

elaborada por:
Luciane Carvalho Oleques

**Como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em
Educação em Ciências**

Comissão Examinadora

**Dr^a Marlise Ladvoat Bartholomei-Santos - UFSM
(presidente/Orientadora)**

Dr^a Neusa Maria John Scheid – URI- Santo Ângelo

Dr. Luiz Caldeira Brant de Tolentino Neto - UFSM

Santa Maria, 23 de agosto de 2010.

*Dedico esta dissertação ao meu marido Rubinho
e aos meus filhos, Marina e Otávio.*

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à contribuição de muitas pessoas. Algumas contribuíram com suas experiências e conhecimentos, e outras, com seu carinho e compreensão.

Agradeço especialmente ao meu marido Rubinho por sua incansável insistência, ao longo dos anos, para que eu percorresse este caminho.

Aos meus familiares, em especial a minha mãe Moema, aos meus sogros Ruben e Vanda, por terem segurado a barra principalmente com meus filhos durante a realização deste trabalho.

Aos professores do curso por idealizarem a realização dessa pós e por apostarem em uma educação científica melhor.

A minha orientadora, uma luz em meu caminho, Prof^a. Dr^a. Marlise pela dedicação, compreensão, amizade, profissionalismo e confiança ao longo dessa caminhada.

A minha amiga, Prof^a Dr^a Noemi Boer, por suas preciosas contribuições e discussões nas longas tardes de domingo.

A todos os colegas de magistério, professores de Biologia, que participaram dessa pesquisa.

A amiga Rafaelle pela leitura crítica.

Aos professores que aceitaram fazer parte da banca de defesa, prof^a Dr^a Marlise Santos, prof^a Dr^a Neusa Scheid, Prof. Dr. Luiz Caldeira e Prof. Dr. Elgion Loreto.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo durante o curso

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, **OBRIGADA.**

*“Embora ninguém possa voltar
atrás e fazer um novo começo,
todos podem começar agora e fazer
um novo fim!”*

Chico Xavier

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós - Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

Evolução biológica: percepções de professores de Biologia de Santa Maria, RS

Autora: Luciane Carvalho Oleques
Orientação: Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos
Data e localização da defesa: Santa Maria, 23 de agosto, 2010

O tema Evolução Biológica é de extrema importância no campo da Biologia, principalmente por permitir uma visão integrada dos conhecimentos acerca dos seres vivos. Do ponto de vista da sua transposição didática, este tema torna-se problemático, pois mostra-se permeado por obstáculos epistemológicos, de fundo ideológico, filosófico e teológico, o que torna sua abordagem no contexto de sala de aula particularmente difícil, tanto no ensino, por parte dos professores, quanto na aprendizagem, por parte dos alunos. Portanto, levando-se em consideração a importância da evolução biológica ser efetivamente trabalhada nas escolas integrando-a com os outros conhecimentos biológicos, este trabalho teve como objetivo identificar e analisar as concepções sobre evolução biológica de professores de Biologia do ensino médio das escolas públicas estaduais de Santa Maria. Esta pesquisa foi de abordagem qualitativa, utilizando como instrumento de coleta um questionário. Para a análise e interpretação dos dados foi utilizada a análise de conteúdo, priorizando a análise textual para os conceitos de evolução biológica, da qual emergiram as categorias: significados da evolução, funções de processos evolutivos, fatores evolutivos e dimensões evolutivas. Da análise das questões de teorias evolutivas e evolução humana emergiram categorias de acordo com a adequação das respostas. A Teoria Evolutiva, embora corroborada por diversos autores, ainda causa dilemas no pensamento cognitivo de professores da área biológica, ocasionados pela sobreposição de ideias defendidas pela teoria com outros aspectos sociais, religiosos e principalmente epistemológicos.

Palavras-chave: Teoria Evolutiva; concepções; ensino de Biologia.

ABSTRACT

Dissertation of Master's degree
Program of Masters degree in Education in Sciences:
Chemistry of the Life and Health
Universidade Federal de Santa Maria-RS

Biological evolution: Perceptions of biology teachers of Santa Maria, RS

Author: Luciane Carvalho Oleques
Advisor: Marlise Ladvoat Bartholomei-Santos
Date and location of defense: Santa Maria, August 23, 2010.

The theme Biological Evolution is of extreme importance in the field of Biology, mainly for allowing an integrated view from knowledge about living beings. From the point of view of its didactic transposition, the theme is problematic, because it shows itself permeated by epistemological obstacles, of ideological, philosophical and theological base. This makes its approach in classroom context particularly difficult, both in teaching, by teachers and in learning by pupils. It was taken into account the importance of Biological Evolution to be effectively worked in the schools joining it to other biological knowledge. This work aimed to identify and analyze the conceptions on Biological Evolution of Biology teachers of the high schools in the state public schools of Santa Maria. This research was of qualitative approach, using a questionnaire as collecting instrument. For analyzing the data, the content analysis was used, which prioritized the textual analysis to biological evolution concepts, from which the categories emerged. These categories are: meanings of the evolution, evolutionary process functions, evolutionary factors and evolutionary dimensions. According to the response adequacy, the categories emerged from the analysis of evolutionary theory and human evolution issues. The evolutionary theory, though corroborated by several authors, still causes dilemmas in the cognitive thought of the teachers of biological area. This is caused by the overlapping of ideas defended by theory with other social, religious and mainly epistemological aspects.

Key-words: Theory evolutionary, conceptions, biology teaching.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Categorias que sintetizam as concepções de Evolução Biológica dos professores	26
QUADRO 2 Unidades das categorias e suas expressões.....	26
QUADRO 3 Afirmativas da questão objetiva que envolve conceitos de evolução.....	31
QUADRO 4 Questão referente à Teoria de Lamarck.....	32
QUADRO 5 Afirmativas da questão objetiva que envolve as teorias evolutivas.....	34

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Questão referente à Evolução Humana (www.laser.com.br/usuarios/svasques/evolution.jpg).....	35
--	----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	Jogo Seleção Natural.....	51
ANEXO 2	Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.....	58
ANEXO 3	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	59
ANEXO 4	Termo de Confidencialidade.....	62
ANEXO 5	Questionário.....	63

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO	4
1.1 A Evolução Biológica	4
1.1.1 Surgimento e significados do evolucionismo.....	4
1.2 O Ensino da Evolução Biológica	9
1.2.1 Evolução Biológica e sua inserção no ensino básico.....	10
1.2.2 Concepções no ensino de Ciências.....	12
1.2.3 Evolução biológica como tema unificador na Biologia.....	14
1.2.4 Evolução como tema conflituoso.....	16
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA E RESULTADOS	20
2.1 Caminho percorrido pela pesquisa	20
2.2 Artigo Científico	20
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
4 BIBLIOGRAFIA	43
5-ANEXOS	50

INTRODUÇÃO

O tema central deste estudo são as concepções sobre evolução biológica. Charles Darwin recebe o crédito para o desenvolvimento da Teoria Evolutiva que propõe que as espécies têm uma origem comum, e as variações entre as espécies são resultados da evolução através de forças seletivas naturais.

Atualmente a Teoria Darwiniana é considerada um paradigma nas Ciências Biológicas, tanto por sua capacidade de integração teórica de diferentes campos da Biologia quanto por sua extensa corroboração empírica (RIDLEY, 2006). A Teoria Evolutiva substitui a visão estática das espécies e sua ausência de conexão presentes no fixismo por processos seletivos e adaptativos, bem como pela existência de uma filogenia.

Santos e Calor (2008) afirmam que a influência da Teoria Evolutiva é comum na visão de mundo moderno, pois apresenta grande poder explicativo e de penetração sendo esta usada como tema organizador no ensino de Biologia.

Futuyma (2002) afirma que a biologia evolutiva está baseada nos princípios da adaptação, no acaso e na história procurando elucidar as características dos organismos e por isso ocupa uma posição central dentro da Biologia.

Como consequência, poderíamos esperar que a evolução biológica fosse parte importante do currículo de Ciências Naturais. Todavia, observa-se que na prática pedagógica de professores de Biologia, estes aspectos nem sempre são contemplados.

A evolução biológica muitas vezes é percebida por algumas pessoas de forma equivocada não correspondendo ao conhecimento científico. A falta de compreensão dos conceitos e processos que envolvem o ensino da evolução biológica pode resultar de erros conceituais capazes de comprometer toda a compreensão sobre esse assunto. Portanto, definir claramente os conceitos científicos contrapondo as concepções cotidianas às científicas é imprescindível no ensino da evolução biológica (CARNEIRO, 2004). Cobern (1994, p. 584) afirma: “Em nenhum lugar na ciência há sobreposição entre as ideias científicas e outras ideias da sociedade mais clara do que a Teoria da Evolução”. Hokayem & BouJaoude (2008) acreditam que quando há sobreposição de ideias estas devem ser levadas

para a sala de aula porque alunos e professores são influenciados por suas culturas e sociedades, e isso poderia prejudicar o ensino e aprendizagem da Teoria da Evolução.

Para Almeida & Falcão (2005) a teoria evolucionária desafia várias crenças de fundo religioso, ideológico, filosófico e epistemológico, o que torna sua abordagem em contexto de sala de aula particularmente difícil, tanto no ensino, por parte dos professores, quanto na aprendizagem, por parte dos alunos.

Vários trabalhos desenvolvidos na área da educação em ciências têm mostrado dificuldades no processo de ensino e aprendizagem da Teoria Evolutiva. A partir da década de 1970, vários trabalhos sobre concepções prévias de alunos e professores foram realizados com o intuito de compreender melhor os erros conceituais relacionados ao conhecimento científico (BASTOS, 1998). Neste caminho, pesquisas relacionadas com a evolução biológica têm mostrado que este ensino não é satisfatório em várias partes do mundo e apontam para a necessidade de uma melhoria no processo de ensino e aprendizagem no contexto da evolução biológica.

No que diz respeito às concepções de professores sobre aspectos da evolução biológica, pesquisas realizadas por Cicillini (1991), Chaves (1993), Carneiro (2004), Tidon & Lewontin (2004), Licatti (2005) mostram a falta de compreensão dos processos evolutivos. Ideias de evolução como processo direcional, finalista, progressivo e individual foram demonstradas nos resultados destes trabalhos.

Além disso, Tidon & Lewontin (2004) também relatam um panorama comum do ensino de evolução por grande parte dos professores de Biologia, onde a abordagem do tema geralmente acontece no final do terceiro ano do ensino médio, sendo este desconectado dos assuntos discutidos nos anos anteriores, bem como, dos demais temas discutidos em aula. Neste estudo ressaltam que a maioria dos professores ministra menos que 10 aulas para tratar o tema.

Partindo das premissas apresentadas sobre o ensino e aprendizagem da evolução biológica desenvolvemos nosso estudo com o intuito de elucidar as dificuldades que permeiam a compreensão dos processos evolutivos. Nesta perspectiva, evidenciamos o problema da nossa investigação o qual está alicerçado na pergunta:

Quais concepções sobre evolução biológica que apresentam os professores de Biologia de Escolas Estaduais de Santa Maria, RS?

Portanto, essa pesquisa tem como objetivo geral **verificar as concepções sobre evolução biológica apresentadas por professores de Biologia de Escolas Estaduais de Santa Maria, RS**. Especificamente buscamos contribuir com uma proposta de intervenção para tentar solucionar os problemas que emergem da análise das concepções destes professores. Esta proposta terá continuidade nos estudos de doutoramento.

Consideramos que a relevância deste estudo está relacionada à suas possíveis contribuições para a educação de modo geral e, em particular, ao ensino de evolução biológica na escola básica, bem como, a importância de efetivamente trabalhada nas escolas integrando-a com os outros conhecimentos biológicos, analisamos as concepções sobre evolução biológica de 20 professores de Biologia. Assim, ter consciência de suas noções equivocadas pode levar o educador a uma reflexão de sua prática pedagógica e traçar novos caminhos para um processo de ensino e aprendizagem compatível com o conhecimento científico.

Esta dissertação está estruturada em capítulos, excetuando-se a introdução e considerações finais:

No primeiro capítulo apresentamos o *Referencial Teórico* fundamentado na literatura que embasou o estudo. Na primeira parte contextualizamos o tema, seus significados ao longo da história evolutiva. A segunda parte compreende o ensino de ciências, o papel da evolução biológica nesse contexto e o porquê deste tema ser tão conflituoso no ensino de biologia.

No segundo capítulo apresentamos a *metodologia e o resultado* compreendendo respectivamente, o caminho percorrido pela pesquisa onde a abordagem qualitativa é o fio condutor da coleta e análise dos dados que contribuíram para o entendimento do contexto estudado e um artigo científico submetido à publicação, este representa a íntegra deste estudo. E por fim apresentamos as *considerações finais* e perspectivas para o ensino de Biologia. As referências desta dissertação contêm somente citações que aparecem na introdução, referencial teórico e considerações finais.

CAPITULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 A Evolução Biológica

Nesta seção apresentaremos breves considerações a respeito da evolução biológica, partindo do surgimento do evolucionismo, seus significados ao longo da história evolutiva até chegarmos ao mecanismo evolutivo aceito na atualidade científica.

1.1.1 Surgimento e significados do evolucionismo

Para entender as preocupações que envolvem e dificultam o entendimento da biologia evolutiva é necessário conhecer a sua história (FUTUYMA, 1992), pois as ideias que predominam nesse contexto são fruto de um desenvolvimento histórico.

Quanto à maneira de interpretar o mundo vivo, há uma relação dialética cristalizada nas noções de estabilidade ou mudança, onde a noção de estabilidade está alicerçada em uma visão fixista de um universo criado por um ente superior enquanto que a noção de mudança distingue-se por seu aspecto dinâmico (SALZANO, 2008). Quanto a esta questão, Futuyma (1992) relata que, embora a noção de mundo dinâmico de explicação não-estática para a origem dos seres vivos não fosse estranha aos antigos gregos, tais como Empédocles (492 - 430 a.C), Anaximandro (610 - 545 a.C) e Aristóteles (384-322 a.C), essa visão deu lugar à filosofia de Platão (427 – 347 a.C), incorporada à teologia cristã e que permaneceu dominante no pensamento ocidental subsequente. A filosofia platônica apresenta um conceito de “forma” ou “ideia”, onde os representantes mundanos são formas imitadas imperfeitamente de uma forma ideal e transcendental, sendo assim a variação não tem sentido dentro dessa filosofia de essencialismo (FUTUYMA, 1992). Nesse sentido Amorim (2008, p.129) afirma:

Se o tipo jamais se modifica, as imperfeições nas inúmeras cópias do tipo ideal ao longo das gerações corresponderiam apenas a variações sobre o mesmo tema – nunca haveria qualquer direção nas mudanças ou modificação do que fosse a natureza da espécie.

O papel da ciência neste ponto de vista era de apenas catalogar e ordenar os seres na Grande Escala dos Seres ou *Scala Naturae* que compreendia na graduação entre a matéria inanimada, passando pelas plantas, animais “inferiores” e humanos até os anjos e outros seres espirituais (FUTUYMA, 1992).

A crença de que o mundo foi criado por um Deus a partir de uma essência é chamado criacionismo. Esta visão como é apresentada na Bíblia e dominante no mundo ocidental perdurou desde a Idade Média até meados do século XIX (MAYR,2009). A teologia cristã adotou uma interpretação quase que literal da Bíblia e incorporou o essencialismo platônico (FUTUYMA, 1992). Até hoje “as teses do criacionismo não estão de acordo com as descobertas científicas mais recentes, o que levou a uma controvérsia entre o criacionismo e evolucionismo” (MAYR, 2009, p.24).

A partir da Revolução Científica no século XVII, as observações experimentais começaram a entrar em conflito com as ideias criacionistas, onde a credibilidade da Bíblia foi gradualmente enfraquecida pelas descobertas (MAYR, 2009). Embora cada vez mais vozes fossem ouvidas entre cientistas e filósofos questionando a validade da história bíblica e a presença de ideias sobre evolução do naturalista Jean-Baptista Lamarck em 1809, uma visão de mundo mais ou menos bíblica prevaleceu até 1859, não só entre os leigos, mas também entre cientistas e filósofos (MAYR, 2009).

Lamarck (1744 -1829), um dos primeiros defensores na história do evolucionismo propõe uma teoria completa em seu livro *Philosophie Zoologique* onde:

O processo evolutivo, segundo Lamarck, consistia em uma escala de complexidade em que os seres vivos primitivos – originados por geração espontânea – se transformariam gradualmente, ficando cada vez mais complexos (MEYER & EL-HANI, 2005, p.20).

Segundo Gloria (2009) a ordem crescente de complexidade entre os seres é oriunda do conceito grego da “grande cadeia dos seres” que leva a ideia de progresso. Lamarck estava comprometido com uma ideia que é controversa na atualidade em que a evolução resulta em progresso (MEYER & EL-HANI, 2005). O progresso implica em mudança com melhoramento ao longo do tempo, mas nem

todas as mudanças levam ao progresso. A mudança evolutiva não é necessariamente progressiva (FREIRE-MAIA, 1988).

Mayr (2009) relatou que as mudanças graduais que levaram as bactérias aos eucariontes unicelulares e destes às plantas e aos animais e por fim ao homem é chamado por muitos de evolução progressiva. Este autor também salienta que a palavra “progresso” pode ser interpretada de várias formas: para os que adotam um pensamento teleológico, por exemplo, o progresso é uma tendência inata à perfeição e para os que adotam uma forma puramente empírica, como a obtenção de algo que seja melhor, mais eficiente e bem-sucedido do que existia antes.

A Teoria de Lamarck era regida por quatro leis: tendência para o aumento da complexidade, surgimento de órgãos em razão das necessidades, uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos (MARTINS, 1997; MEYER & EL-HANI, 2001).

Outro ponto a destacar na teoria de Lamarck é o papel secundário do ambiente, onde este forçaria os seres vivos a modificar seus hábitos, devido à necessidade de sobrevivência das espécies, essa mudança levaria a uma alteração nos padrões de uso e desuso dos órgãos levando ao desenvolvimento das estruturas orgânicas ou a estruturas atrofiadas (MEYER & EL-HANI, 2005).

Assim, a questão da evolução das espécies opõe-se primeiramente com a visão fixista do idealismo platônico que com a visão criacionista (AMORIM, 2008).

Mas, somente quando Charles Robert Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913) publicaram e apresentaram juntos seus trabalhos sobre a teoria da Evolução Biológica é que a discussão sobre a teoria começa a ganhar novo e maior destaque. Darwin publica em 24 de novembro de 1859, um resumo de seu livro, sob o título “*A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida*”. Essa publicação foi merecedora de enorme repercussão e ainda hoje alimenta a controvérsia a que deu origem – a causa da diversidade biológica (CARNEIRO, 2004).

A Origem das Espécies contém duas teses separadas: a de que todos os organismos descendem com modificação a partir de ancestrais comuns e a de que o principal agente de modificação é a ação da seleção natural sobre a variação individual. Darwin foi o primeiro a ordenar em grande escala as evidências da primeira tese, recorrendo para isto, aos registros fossilíferos, à distribuição geográfica das espécies, à anatomia e à embriologia comparadas e à modificação observada em organismos domésticos (FUTUYMA, 1992, p.6).

Darwin (1809-1882) estava preocupado não apenas em acumular evidências evolutivas, mas também em propor um mecanismo explicativo para o processo evolutivo (FUTUYMA,1992)

Mayr (2009) relatou que o pensamento evolucionista se disseminou durante a metade do século XVIII até a primeira metade do século XIX não só na Biologia como também na Filosofia, Sociologia, Economia etc. Tudo indicava que já havia provas suficientes para que as teorias de Darwin fossem universalmente aceitas. Mas, isso levou cerca de oitenta anos para acontecer. A resistência deveu-se a influencia de certos pensamentos filosóficos de alguns oponentes de Darwin, como a crença na verdade literal de cada palavra da Bíblia, porém limitada pela rápida aceitação da teoria (exceto pelos criacionistas), o essencialismo e o finalismo.

Para refutar essas ideias Darwin introduziu conceitos como seleção natural, populações, acaso e história (tempo), todos parcial ou totalmente ausentes na filosofia da ciência na metade do século XIX, que por sua vez, tornaram-se fundamentais na filosofia da Biologia desenvolvida a partir de 1950.

O pensamento *tipológico ou essencialista* foi proposto pela primeira vez pelos pitagóricos e por Platão e foi uma visão de mundo quase universalmente aceita desde os tempos mais antigos até a época de Darwin. Para romper com a tradição essencialista, Darwin propôs uma maneira totalmente nova de pensar, quando afirmou que o que encontramos nos organismos vivos não são classes constantes (tipos) e sim populações variáveis. Esta nova forma de pensar é hoje conhecida como *pensamento populacional* (MAYR, 2009).

Para este autor, essa nova abordagem era adepta aos naturalistas, mas ainda assim, a substituição gradual do essencialismo pelo pensamento populacional levou a grandes controvérsias na biologia evolutiva. As teorias que envolvem saltos se baseiam no essencialismo, enquanto que, as que aceitam o gradualismo se baseiam no pensamento populacional.

Outro pensamento não-darwiniano do século XIX e início do século XX era a crença de que os seres vivos tendem a se mover em direção a uma “perfeição cada vez maior”- o *finalismo*. Os adeptos a essa crença supunham que a evolução ocorria necessariamente do inferior para o superior, do primitivo para o avançado, do simples para o complexo, do imperfeito para o perfeito, como uma força inerente à vida. Essa crença remonta a Aristóteles, que a considerava a causa final (MAYR, 2009).

Essas ideologias contrárias, o essencialismo e o finalismo, impediram que a explicação de evolução de Darwin fosse aceita de imediato após a publicação de *A Origem das Espécies* (MAYR, 2009).

Portanto é impossível compreender a natureza das controvérsias pós-darwinianas sem compreender primeiro a natureza das ideologias contrárias a Darwin (MAYR, 2009).

Porém, com o surgimento da Teoria Mutacionista da evolução, por volta de 1900 com os trabalhos de Hugo de Vries, um dos mendelianos pioneiros, o darwinismo é colocado temporariamente em segundo plano (FUTUYMA, 1992). A seleção natural não seria mais necessária, já que a mutação por si só se encarregaria do surgimento das espécies; assim os princípios-chave de Darwin, seleção natural e a mudança gradual foram descartados (FUTUYMA, 1992).

A fusão entre as ideias de Darwin e a genética mendeliana que ocorreu durante a década de 1930 é conhecida como *Teoria Sintética da Evolução*¹. Esta teoria chegou para explicar e relacionar aspectos que, na época de Darwin, não ficaram bem explicadas devido à falta de um maior conhecimento sobre Genética (RIDLEY, 2006). O termo *Síntese Moderna*, introduzido por Julian Huxley no livro *Evolution: The Modern Synthesis*, em 1942, é usado como sinônimo do termo neodarwinismo ou Teoria Neodarwinista² por quase todos os biólogos evolucionários, como por exemplo, Dennett, Gould, Futuyma e Dawkins (FONSECA, 2006).

No entanto, após a síntese evolutiva, a seleção natural passou a ser aceita universalmente como influência para as causas na mudança evolutiva e principalmente como o único processo explicativo para as adaptações. Essa tendência vigorou entre muitos biólogos evolutivos do século XX. As pesquisas com essa tendência eram dirigidas para a busca de significado funcional e valor adaptativo para os traços biológicos. Esta abordagem evolutiva foi chamada de “programa adaptacionista”. Esse programa tem sofrido fortes críticas desde 1970, em virtude de evidências empíricas e avanços teóricos que mostraram os limites da

¹ Sistema de hipóteses para processos evolucionários, as quais incorporaram fatos dos campos da genética, sistemática e paleontologia (Kutschera & Niklas, 2004)

² Expansão da teoria de Darwin, onde chama a atenção para a reprodução sexual (recombinação), como um princípio para a variação biológica excluindo a herança lamarckiniana como mecanismo viável para Evolução (Kutschera & Niklas, 2004).

seleção natural para a explicação da organização das estruturas das formas vivas (SEPÚLVEDA & EL-HANI, 2008).

Para elucidação dos processos evolutivos é necessário a combinação do mecanismo de seleção natural com outros mecanismos para a construção de modelos explicativos mais consistentes (FUTUYMA, 1992; SEPÚLVEDA & EL-HANI, 2008).

Assim, a Teoria da Evolução é um fato tão bem argumentado quanto qualquer outro conhecimento científico. Na linguagem do cotidiano a palavra “teoria”, não passa de mera especulação, entretanto, quando os biólogos se referem à Teoria Evolutiva, a palavra “teoria” é usada como um conjunto de princípios que descrevem os processos causais da evolução (FUTUYMA, 1992).

A afirmação de que os organismos descenderam com modificação, a partir de ancestrais comuns, não é uma teoria e sim um fato, tanto quanto o fato do sistema solar heliocêntrico, ela começou com hipóteses e atingiu o status de fato quando mais evidências foram surgindo a seu favor. Seus oponentes sustentam suas posições, não em cima de argumentos lógicos, mas em emoções e crenças religiosas (FUTUYMA, 1992).

Como um referencial cientificamente aceito, assumimos o que este autor propõe baseado na teoria que a “Evolução Biológica é a mudança nas propriedades das populações dos organismos que transcendem o período de vida de um único indivíduo” (FUTUYMA, 1992, p.7). Assim entendemos que todo o conhecimento científico explicativo para a diversidade e as características adaptativas dos organismos é consequência da história evolutiva, sendo compreendidos somente nesta perspectiva.

1.2 O Ensino da Evolução Biológica

Nesta seção, são feitas algumas considerações a respeito da inserção da evolução biológica no contexto do ensino da Ciência e sua importância como tema unificador no ensino de Biologia. Também é apresentada a análise de algumas investigações que tratam das concepções de estudantes e de professores sobre evolução.

1.2.1 Evolução Biológica e sua inserção no ensino básico

O ensino de Biologia no Brasil até a década de 50 do século XX sofreu forte influência do ensino europeu, tanto por meio de livros que aqui eram utilizados como pelos professores estrangeiros que vieram trabalhar nas escolas superiores brasileiras. A Biologia encontrava-se subdividida em Botânica, Zoologia e Biologia Geral a qual englobava o estudo da Citologia e Genética, e tinha como objetivo o estudo do organismo como um todo (KRASILCHIK, 2004).

Krasilchik (1992) relata que a partir da década de 1960, o ensino começa a dar ênfase aos fenômenos comuns a todos os seres vivos, em todos os níveis de organização, da molécula até comunidade. Com isso passou a incluir novos assuntos no currículo dando ênfase àqueles com visão mais integradora dos fenômenos da vida, como Genética de Populações, Ecologia e Evolução Biológica.

Segundo Krasilchik (1992) o desenvolvimento explosivo nas inovações e tentativas de melhoramento do ensino de Ciências teve lugar na década de 1970, tanto referente aos objetivos desta área quanto às teorias educacionais e de aprendizagem que os embasam. Durante este período estas teorias foram sofrendo mudanças, cujas consequências afetam até hoje os currículos das disciplinas científicas. O núcleo de tal processo estava situado nos Estados Unidos, sede dos chamados grandes projetos curriculares, entre eles o *Biological Science Curriculum Study* (BSCS), *Physical Science Study Committee* (PSSC); *Chemical Study Group* (CHEM); *Chemical Bond Approach* (CBA), entre outros.

As mudanças no ensino de Biologia no Brasil ocorreram mais intensamente através da tradução, adaptação e divulgação de duas versões (verde e azul) do projeto norte-americano denominado *Biological Sciences Curriculum Studies* (BSCS), do Instituto Americano de Ciências Biológicas. Este projeto tinha como objetivo atualizar o ensino de Biologia nos níveis básicos, dando destaque à evolução dos seres vivos através do tempo, diversidade dos tipos e padrões dos seres vivos e continuidade genética da vida (KRASILCHIK, 2004).

Atualmente, as diretrizes para a elaboração de propostas didáticas para o ensino de Biologia estão presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 1999). Este documento tem como referência legal os princípios e finalidades da Educação Nacional, estabelecidos na Lei de Diretrizes

e Bases da Educação Nacional – Lei nº 9394/96 (BRASIL, 1996). A elaboração dos PCNEM está fundamentada em dois fatores: a “revolução do conhecimento”, com o aumento significativo do volume de informações em decorrência das novas tecnologias; em segundo lugar, a crescente expansão da rede pública no nível Médio de ensino, sobretudo diante das exigências do mercado de trabalho (BRASIL, 1999).

Os conhecimentos de biologia indicados nos PCNEM encontram-se na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, onde propõem os conhecimentos sobre Evolução Biológica, que podem contribuir para uma “... percepção evolutiva da vida, do planeta e do cosmos” (BRASIL, 1999, p.208). Os PCNEM destacam que os assuntos biológicos devem ser apresentados segundo um eixo ecológico-evolutivo. Também apresenta como um dos objetivos formativos em relação aos conhecimentos de Biologia o de “... compreender a diversificação das espécies como resultado de um processo evolutivo, que inclui dimensões temporais e espaciais” (BRASIL, 1999, p.226). Em se tratando dos PCN+(BRASIL,2002), esse foi proposto como orientações complementares aos PCNEM. O tema 6 dos PCN+ – origem e evolução da vida – contempla especificamente esse assunto, mas deve ser focado dentro de outros conteúdos, como a diversidade biológica ou o estudo sobre a identidade e a classificação dos seres vivos, por exemplo.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio – OCEM (2006) tem como objetivo apresentar um conjunto de reflexões que alimente a prática do professor. Este documento foi elaborado a partir de ampla discussão com as equipes técnicas dos Sistemas Estaduais de Educação, professores e alunos da rede pública e representantes da comunidade acadêmica. No que se referem à abordagem dos conteúdos no ensino de Biologia as OCEM destacam como tema de importância central no ensino de Biologia a origem e evolução da vida. Os conceitos referentes a esse assunto são tão importantes que devem compor não apenas um bloco de conteúdos tratados em algumas aulas, mas constituir uma linha orientadora das discussões de todos os outros temas.

Segundo Licatti (2005), a importância dos conhecimentos evolutivos no Ensino Médio deve ser abordada em três pontos: como *princípio ordenador* dos conhecimentos biológicos; em decorrência deste uma *abordagem histórica dos seres vivos*, explicando assim sua diversidade, semelhanças, diferenças, comportamento, adaptações e interações entre os diferentes grupos de organismos,

bem como, a compreensão do tempo geológico e os principais eventos da história da vida no planeta; e por fim, sob uma *perspectiva histórica*, apresentando o desenvolvimento deste conhecimento nos contextos das diversas épocas, seus conflitos e suas contradições.

1.2.2 Concepções no ensino de Ciências

Desde o final da década de 1970 surge com força uma linha de indagação no campo da didática das ciências, que se propõe ao estudo das concepções das ideias científicas³ apresentadas pelos alunos, especialmente em Física, Química e Biologia (PINTÓ et al., 1996). As pesquisas sobre concepções surgiram como uma crítica às pesquisas realizadas por Piaget e colaboradores, sendo estas concepções ausentes nos trabalhos de Piaget (MORTIMER, 1996).

As concepções epistemológicas se referem às ideias do conhecimento em geral ou do conhecimento científico: como se estrutura, como evolui e como se produz (HAMMER, 1994 apud CAMPANARIO & MOYA, 1999). Tais concepções são utilizadas pelos estudantes (e mesmo por professores) em situações em que, usualmente se esperava o uso de uma concepção científica.

Os resultados destas pesquisas contribuíram para questionar a postura tradicional de ensino, onde o aluno é agente passivo nos processos de ensino e aprendizagem (TEODORO & NARDI, 2002). Como ponto de partida as concepções alternativas no ensino tradicional de ciências descartam o modelo de aprendizagem por transmissão (CAMPANARO & MOYA, 1999).

Nessa nova perspectiva há uma nova valorização do aluno, como um indivíduo que traz para escola toda uma vivência prévia, suas ideias, crenças e valores. Nesse panorama, o aluno não é mais considerado uma “caixa vazia”, a ser

³ As ideias dos estudantes passaram a ser intensamente estudadas, recebendo diferentes terminologias, “crenças”, “idéias”, “pré concepções”, “ponto de vista”, “conhecimento prévio”, “concepções errôneas” (*misconceptions*), “ecologias intelectuais”, “concepções alternativas”, entre outras (BIZZO, 2000).

preenchida com informações; suas concepções influenciam no seu entendimento e interpretação dos fenômenos do mundo natural. Neste processo o professor deixa de ser um mero transmissor de “verdades” para ser um facilitador do processo de ensino e aprendizagem do conhecimento científico (DRIVER & OLDHAM, 1988).

Em decorrência desse movimento das concepções surge um caminho adotado para lidar com as concepções dos alunos, o *modelo de mudança conceitual*, que tenta converter ideias errôneas dos alunos para o conhecimento cientificamente aceitável (BOUJAOUDE & HOKAYEM, 2008). Para Guimarães (2005) o modelo de mudança conceitual assume que as concepções têm importante papel na aprendizagem. De acordo com esse modelo, para que o aluno possa aprender um novo conceito é necessária a substituição de uma concepção prévia, por uma concepção cientificamente correta. Essa proposta tem como raiz conhecimentos advindos da abordagem construtivista da aprendizagem, onde as concepções alternativas são entendidas como condição necessária à construção de conhecimentos (LICATTI, 2005).

Percorrendo este caminho, Duit (1999) relata que outras propostas foram incentivadas no sentido de que os indivíduos não substituem um conceito por outro, mas passam a lidar com cada um de forma diferente. Assim, a mudança conceitual ocorre como uma aquisição e coexistência de múltiplas representações em um mesmo indivíduo (VOSNIADOU, 1999). Ou seja, o mesmo indivíduo pode possuir múltiplas representações de um mesmo conceito, a noção de *perfil conceitual* é a mais próxima à que concebemos.

Mortimer (1996, 2000) desenvolveu o modelo de perfil conceitual baseado na ideia de que as pessoas exibem diferentes maneiras de ver e conceitualizar o mundo e, assim, diferentes modos de pensar que são usados em contextos distintos. Este modelo supõe que as ideias dos estudantes não são substituídas durante o processo de ensino e aprendizagem, as novas ideias são incorporadas as ideias anteriores e são empregadas em contextos diferentes (MORTIMER, 1996).

A noção de perfil conceitual é baseada na noção de perfil epistemológico de Bachelard (1984). Segundo Bachelard, este modelo se fundamenta na ideia de que podem coexistir, para cada indivíduo, diferentes formas de pensar um mesmo conceito, as quais compõem um perfil, constituído por zonas identificadas com base em compromissos epistemológicos e ontológicos próprios de diferentes formas de compreender a realidade.

Além destas, mudança e perfis conceituais é possível outra abordagem no processo de aprendizagem: a construção de conhecimento sem status de concepção, onde o importante é que o aluno compreenda determinados conhecimentos científicos, sem que estes tenham que ser considerados verdadeiros ou válidos para sua visão de mundo (BASTOS et.al, 2001).

Neste caminho, pesquisas na área das ciências têm mostrado a necessidade de uma melhoria no processo de ensino e aprendizagem e em especial no contexto da evolução biológica.

Assim, identificar as concepções no ensino de Ciências no contexto deste estudo é relevante porque as concepções de evolução biológica dos professores estão de acordo com o processo de formação do professor somado a sua história de vida.

1.2.3 Evolução biológica como tema unificador na Biologia

Entre os diversos temas do campo da Biologia, a evolução biológica é extremamente importante, pois dá sentido e articula os fatos das diversas sub-áreas do conhecimento biológico (LICATTI, 2005). A afirmação feita pelo geneticista Theodosius Dobzhansky (1973) na frase “*Nada faz sentido em Biologia se não for à luz da Evolução*” atribui à evolução biológica um caráter unificador dentro dessa Ciência, onde o conhecimento de seus conceitos e processos é fundamental para a compreensão de uma série de outros conteúdos biológicos, como por exemplo, Ecologia e Genética (GOERDET, 2004). Muitos e diversos fatores como as semelhanças anatômicas e fisiológicas entre diferentes espécies, os conhecimentos sobre embriologia animal, a diversidade de espécies e os registros fósseis entre outros são integrados e explicados pela Teoria Evolutiva (FUTUYMA, 1992). Neste sentido, a compreensão da Biologia é incompleta sem o entendimento da evolução biológica.

A evolução enriquece e fornece fundamentação teórica não apenas para as Ciências Biológicas, mas também para áreas como Antropologia, Sociologia, Geologia, Filosofia, Paleontologia entre outras (MEYER & EL-HANI, 2001; TIDON & LEWONTIN, 2004).

Apesar de diversos autores reconhecerem a posição central da biologia evolutiva entre as ciências da vida, ela ainda não representa, especialmente nos currículos educacionais, uma prioridade à altura de sua importância intelectual e de seu potencial para contribuir com as necessidades da sociedade (CARNEIRO, 2004).

Entretanto, uma das razões para esse impasse é a polêmica existente, inclusive entre alguns cientistas, de que a evolução é percebida como ameaça a certos valores tradicionais da realidade como, por exemplo, as crenças religiosas (FUTUYMA, 2002).

Nesse sentido, percebemos que a evolução, apesar de ser considerada como um dos pilares da Biologia e sustentada por documentos oficiais como PCN, PCN+ entre outros, não tem recebido o merecido status em nossas escolas no ensino de Biologia onde, quando não é suprimida, é pouco abordada.

Em uma reportagem publicada na revista eletrônica ComCiência, os jornalistas Piolli & Dias (2004) relatam que na maioria das escolas brasileiras, a evolução não tem sido abordada como eixo integrador, sendo esta trabalhada apenas como mais um tópico entre os tantos conteúdos da Biologia.

Eles também relatam que o ensino desse tema, em geral, é considerado como um momento tenso para os professores de Ciências e Biologia, por ser um espaço propício ao surgimento da polêmica entre criacionismo e evolucionismo.

Entre os problemas que alguns pesquisadores encontraram respostas para o fato de determinados conhecimentos científicos não se apresentarem nas escolas como esperado estão: falhas na formação dos professores, más condições de trabalho, defasagens nos materiais didáticos, ausência de materiais de divulgação científica, distorções nas informações veiculadas pela mídia. Além dessas respostas outras explicações também são apresentadas diante da complexidade do tema, como as “confusões vocabulares” como obstáculos ao aprendizado da teoria. Palavras como evolução (ligada à ideia de progresso) e adaptação (ligada à ideia de melhoria) já fazem parte do universo dos alunos e professores com outros sentidos (PIOLLI & DIAS, 2004).

A evolução biológica, bem como muitos outros conceitos importantes da Biologia, gera controvérsias até mesmo entre pesquisadores. Sobre esse aspecto, Futuyma afirma que:

A Evolução Biológica afeta, por extensão, quase todos os outros campos do conhecimento e deve ser considerada um dos conceitos mais influentes do pensamento ocidental. Seus princípios têm sido frequentemente mal-interpretados e a ciência objetiva da biologia evolutiva tem sido muitas vezes estendida para o reino subjetivo da ética e, ilegitimamente, utilizada como justificativa tanto para políticas perniciosas quanto humanitárias nos campos social e científico (FUTUYMA, 1992, p.16).

A Evolução Biológica, nesse sentido, é concebida de forma equivocada permeada por valores ideológicos que não conferem com seu objeto de estudo.

1.2.4 Evolução como tema conflituoso

A Teoria Sintética da Evolução é considerada a teoria mais unificadora dentre todas as teorias biológicas. Entretanto, do ponto de vista da sua transposição didática⁴, o tema é problemático. De fato, o conceito de evolução mostra-se permeado por obstáculos epistemológicos⁵, de fundo ideológico, filosófico e teológico, o que torna sua abordagem em contexto de sala de aula particularmente difícil, tanto no ensino, por parte dos professores, quanto na aprendizagem, por parte dos alunos. Deve-se enfatizar que a compreensão dos processos evolutivos tem um papel central na conceitualização de todos os temas da Biologia (ALMEIDA & FALCÃO 2005).

Neste caminho, pesquisas relacionadas com a evolução biológica, têm mostrado que este ensino não é satisfatório em várias partes do mundo onde destacam as dificuldades que os alunos têm de aprenderem, bem como, as dificuldades dos professores em sua *praxis*, a fim de facilitar a compreensão dos alunos sobre evolução biológica. Também apontam para a necessidade de uma melhoria no processo de ensino e aprendizagem no contexto da evolução biológica.

⁴ O conjunto de currículo escolar tem como principal aval de consulta o saber produzido pela comunidade científica. No entanto, para que se transforme em saberes escolares, o conhecimento científico passa por uma série de adaptações que compreende modificações de estatuto teórico dos conceitos científicos e de ordem metodológica (BOER, 2009).

⁵ Segundo Bachelard a noção de obstáculo epistemológico nos leva a pensar a ciência mais em termos de ruptura do que em termos de continuidade. A perspectiva bachelardiana nos dá a convicção de que é em termos de obstáculos que o problema de conhecimento científico deve ser colocado (BOER; et.al, 2010).

Brumby (1984) investigou as concepções de evolução de estudantes de medicina, mostrando que a grande maioria apresentava concepções lamarckistas.

O trabalho de Bishop & Anderson (1990) mostrou que mais da metade dos estudantes de ensino médio indicaram concepções errôneas sobre evolução. Mesmo os estudantes que rejeitaram o lamarckismo e alegavam ser darwinistas não conseguiam uma explicação satisfatória para o processo evolutivo.

Anderson & colaboradores (2002) desenvolveram um inventário com concepções alternativas dos estudantes a respeito da evolução, focando vários conceitos, como seleção natural, adaptação, reprodução e especiação. As ideias apresentadas pelos alunos mostraram que estas eram similares à teoria lamarckiana e que estas deveriam ser substituída por ideias cientificamente aceitas mais próximas à teoria darwiniana. O uso deste material poderia servir de diagnóstico das concepções prévias dos estudantes e dar orientações para o preparo das aulas (TIDON & LEWONTIN, 2004).

Os trabalhos mostram o quanto o aluno vem carregado de valores e crenças do seu cotidiano e que essas não são abandonadas após uma instrução. Assim é necessário pensar como contribuir para que os alunos compreendam as ideias científicas, não no sentido de conversão ou mudança conceitual (BIZZO, 2000).

A Teoria Evolutiva também tem sido discutida por autores no que diz respeito às relações com crenças pessoais e religiosas dos alunos e professores.

Anderson (2007), ao analisar as dificuldades de aprendizagem de evolução dos alunos americanos constatou que essas estavam relacionadas a fatores como a sua religiosidade e as suas variadas epistemologias pessoais, ou as suas visões de mundo.

Donnelly et al. (2008) investigaram a aceitação e rejeição da evolução de alunos do ensino médio, bem como, a visão de como a evolução deveria ser ensinada e o ponto de vista em relação à aprendizagem de evolução.

Em uma pesquisa com estudantes universitários de Biologia que concluíram um curso sobre teoria da evolução, Hokayem & BouJaoude (2008) verificaram, entre outras análises, a aceitação dos estudantes sobre a teoria da evolução. Os resultados variaram da aceitação total para completa rejeição da teoria. Esses autores sugerem que as crenças pessoais dos alunos não devem ser subestimadas quanto ao ensino de evolução.

Investigações a respeito deste tema também têm sido realizadas com professores e estudantes brasileiros. Bizzo (1994) constatou que estudantes de escolas paulistas de diferentes níveis socioeconômicos entendiam muito pouco de evolução e sugeriu novas estratégias para o ensino. Segundo este autor, os estudantes entendem a evolução como progresso, aperfeiçoamento, crescimento, sendo a evolução cultural e biológica dificilmente distinguida. Eles ainda vêem o processo evolutivo como “bom”, entendendo-o como sinônimo de progresso.

A visão antropocêntrica também está muito presente entre os estudantes, fato que dificulta a compreensão da evolução biológica em universo mais geral. Essa visão também foi constatada por Goedert (2004), que realizou estudo sobre formação de professores e o ensino de evolução. Por meio de entrevistas, identificou algumas dificuldades relacionadas à exposição desse tema. Entre tais dificuldades o entendimento dos estudantes no que diz respeito à ancestralidade, onde os estudantes associaram a evolução biológica com a humana, ou seja, há uma identidade de significado entre o conceito “ancestral comum” e a expressão “veio do macaco”.

Mais recentemente Bizzo et al. (2007) replicaram o trabalho de Bizzo (1994) com estudantes de nível médio e universitário da cidade de Recife, onde investigaram dois aspectos da Teoria Evolutiva: teoria do uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos. Eles constataram que estes aspectos são aceitos pela maioria dos estudantes como explicação para os processos evolutivos e que no caso dos alunos que moram em jazigos fossilíferos, o contato direto com fósseis por si só não assegura a compreensão do tempo geológico, da fossilização e de outros processos correlatos.

Pazza et.al (2009) compararam as concepções de evolução de alunos calouros das áreas das exatas, humanas e agronomia da Universidade Estadual do Centro-oeste do Paraná. Os dados obtidos nesta pesquisa mostram que, embora a maioria dos alunos aceite herança com alterações, eles não entendem como a evolução ocorre.

Tidon & Lewontin (2004) examinaram o perfil de professores do ensino médio do Distrito Federal, dados sobre equívocos biológicos, deficiência curricular e material didático que, comparados com dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, mostraram semelhanças com as informações recolhidas junto a professores que trabalham em várias regiões do país.

Os autores supracitados, também contribuíram com propostas para melhoria do ensino de evolução biológica.

Coimbra & Silva (2007) também analisaram as concepções de evolução biológica, de professores do ensino médio, do município de Novo Hamburgo, RS. Os resultados revelaram uma forte influência das crenças religiosas na postura dos professores dentro da sala de aula. Assim é necessário contemplar este assunto de forma integrada na formação do professor, visto que muitos não ensinam para evitar questões polêmicas.

Nos Estados Unidos o ensino da evolução biológica sofre a resistência de organizações criacionistas, principalmente nas regiões com altas proporções de protestantes evangélicos. Essa situação provocou um grande número de pesquisas sobre o ensino da evolução biológica. No Brasil, nos últimos anos foram sugeridas propostas educacionais no governo Garotinho no RJ de caráter não-científico que, se adotadas, comprometeriam irremediavelmente a qualidade do ensino de Ciências e Biologia. Dentre elas, vale ressaltar a contratação de professores de religião para ensinar sobre a origem e diversificação da vida, e a sugestão equivocada de que a teoria do “planejamento inteligente” (*intelligent design*) é científica (TIDON & VIEIRA, 2008).

El-Hani & Sepúlveda (2004) também têm estudado a resistência de cunho religioso na prática pedagógica, focalizando a relação entre a educação religiosa e científica ao longo da trajetória de formação profissional de alunos protestantes dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas. O estudo demonstrou a existência de dois grupos distintos: um que recusa totalmente o conhecimento científico relativo à evolução e outro que produz uma síntese entre o conhecimento científico e a visão de mundo religiosa.

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA E RESULTADOS

Esta seção apresenta alguns aspectos metodológicos da pesquisa e um artigo como resultado da pesquisa.

2.1 Caminho percorrido pela pesquisa

A presente pesquisa possui caráter qualitativo na medida em que prioriza uma análise em profundidade dos dados. Os dados foram coletados através da aplicação de um questionário anônimo e voluntário.

Para a análise e interpretação dos dados foi utilizado o método Análise Textual, o qual conduz a uma compreensão mais elaborada dos fenômenos investigados, possibilitando ao mesmo tempo uma participação na reconstrução dos discursos em que o pesquisador e os sujeitos se inserem (MORAIS, 2005).

Esta pesquisa foi submetida à apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria e somente foi executada após a aprovação, conforme a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

As seções Materiais, Métodos, Discussão dos resultados e Referencias, encontram-se no próprio artigo e representam a íntegra desta pesquisa.

2.2 Artigo Científico

Os resultados da pesquisa estão na íntegra e apresentados na forma de um artigo intitulado “Evolução biológica: percepções de professores de biologia” – referência 545 RECC. Este artigo foi submetido para análise na Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias (ISSN 1579-1513 <http://www.saum.uvigo.es/recc/>). Em anexo (anexo 5) encontra-se o Questionário utilizado nesta pesquisa.

Evolução biológica: percepções de professores de biologia

Luciane Carvalho Oleques¹, Marlise Ladvoocat Bartholomei-Santos² e Noemi Boer³

¹ Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: loleques@gmail.com ² Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: marliseslbs@gmail.com. ³ Centro Universitário Franciscano, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: nboer@terra.com.br.

Resumo: Considerando a importância da evolução para a biologia e seu ensino, o presente artigo relata as concepções sobre evolução biológica de 20 professores de biologia a partir de uma pesquisa empírica. Questões referentes aos conceitos de evolução biológica, teorias evolutivas e evolução humana foram analisadas por meio de um questionário. A metodologia utilizada para a análise qualitativa dos dados foi análise de conteúdo priorizando a análise textual para os conceitos de evolução biológica, da qual emergiram categorias. Estas categorias são: significados da evolução, funções de processos evolutivos, fatores evolutivos e dimensões evolutivas. Da análise das questões de teorias evolutivas e evolução humana emergiram categorias de acordo com a adequação das respostas. A Teoria Evolutiva, embora corroborada por diversos autores, ainda causa dilemas no pensamento cognitivo de professores da área biológica, ocasionado pela sobreposição de ideias defendidas pela teoria com outros aspectos sociais, religiosos e principalmente epistemológicos.

Palavras - chave: evolução, concepções, professores de biologia.

Title: Biological evolution: Perceptions of biology teachers.

Abstract: Considering the importance of evolution to biology and its teaching, the current paper reports the biological evolution conceptions of 20 biology teachers from empirical research. The issues related to biological evolution concepts, evolution theories and human evolution were analyzed through a questionnaire. The methodology used for qualitative analyzing of data was the content analysis, which prioritized the textual analysis to biological evolution concepts, from which the categories emerged. These categories are: meanings of the evolution, evolutionary process functions, evolutive factors and evolutive dimensions. According to the response adequacy the categories emerged from analysis of evolutive theory issues and human evolution. The evolutionary theory, though corroborated by several authors, still causes dilemmas in the cognitive thought of the teachers of biological area. This is caused by the overlapping of ideas defended by theory with other social, religious and mainly epistemological aspects.

Key-words: evolution, conceptions, biology teachers.

Introdução

A Teoria Evolutiva representa uma teoria científica que unifica todo o conhecimento biológico. O mérito de tal teoria é dado a Charles Darwin, que propõe duas teses enunciadas como: todos os organismos descendem com modificação a partir de ancestrais comuns, e que o principal agente de modificação é a ação da seleção natural sobre a variação individual, apresentadas em seu livro "A Origem das Espécies" (Futuyma, 1992). À ideia de Darwin, a qual constitui o eixo da Teoria Evolutiva aceita atualmente, foram acrescentados conhecimentos de outras áreas como a genética, sistemática e paleontologia, constituindo a atual teoria sintética da evolução (Kutschera e Niklas, 2004).

O desenvolvimento em diversas áreas, especialmente da biologia molecular e da biologia evolutiva, geram explicações consistentes para a variedade de questões relacionadas à origem e evolução da vida (Tidon e Lewontin, 2004). Para esses autores, o cenário descrito está progressivamente a transformar a biologia evolutiva em uma ciência complexa e interativa, onde uma profunda compreensão do assunto, não só demanda conhecimentos em diversas áreas da biologia, mas também de geologia, matemática e filosofia, entre outros.

Com esta explanação poderíamos esperar que a evolução biológica fosse parte importante do currículo de Ciências Naturais. Todavia, observa-se que na prática pedagógica de professores de biologia, estes aspectos nem sempre são contemplados.

Segundo Krasilchik (1992) o desenvolvimento explosivo nas inovações e tentativas de melhoramento do ensino de Ciências teve lugar na década de 1970, sendo que o núcleo de tal processo, cujas consequências afetam até hoje os currículos das disciplinas científicas, estava situado nos Estados Unidos, sede dos chamados grandes projetos curriculares, entre eles o Biological Science Curriculum Study (BSCS). No Brasil, os Parâmetros e Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino médio, reconhecem a importância da evolução e sugerem sua inserção no ensino como eixo integrador dos diferentes conteúdos do currículo de Biologia (Brasil, 1999).

Entretanto, apesar de sua importância, a teoria evolucionária desafia várias crenças de fundo religioso, ideológico, filosófico e epistemológico, o que torna sua abordagem em contexto de sala de aula particularmente difícil, tanto no ensino, por parte dos professores, quanto na aprendizagem, por parte dos alunos (Almeida e Falcão 2005).

Vários trabalhos desenvolvidos na área da educação em ciências têm mostrado dificuldades no processo de ensino e aprendizagem da Teoria Evolutiva. Desde o final da década de 1970 surge com força uma linha de indagação no campo da didática das ciências, que se propõe ao estudo das concepções das ideias científicas dos alunos, especialmente em física, química e biologia (Pintó et al., 1996). Neste caminho, pesquisas relacionadas com a evolução biológica, têm mostrado que este ensino não é satisfatório em várias partes do mundo e apontam para a necessidade de uma melhoria no processo de ensino e aprendizagem no contexto da evolução biológica.

Brumby (1984) investigou as concepções de evolução de estudantes de medicina, mostrando que a grande maioria apresentava concepções

Lamarckistas. Bishop e Anderson (1990) mostraram que mais da metade dos estudantes de ensino médio indicaram concepções errôneas sobre evolução. Mesmo os estudantes que rejeitaram o lamarckismo e alegavam ser darwinistas não conseguiam uma explicação satisfatória para o processo evolutivo. Anderson e colaboradores (2002) desenvolveram um Inventário com concepções alternativas dos estudantes a respeito da evolução, focando vários conceitos, como seleção natural, adaptação, reprodução e especiação. O uso deste material poderia servir de diagnóstico das concepções prévias dos estudantes e dar orientações para o preparo das aulas (Tidon e Lewontin, 2004). Donnelly, Kazempour e Amirshokohi (2008) investigaram a aceitação e rejeição da evolução de alunos do ensino médio, bem como, a visão de como a evolução deveria ser ensinada e o ponto de vista em relação à aprendizagem de evolução. Em uma pesquisa com estudantes universitários de Biologia que concluíram um curso sobre teoria da evolução, Hokayem e BouJaoude (2008), verificaram, entre outras análises, a aceitação dos estudantes sobre a teoria da evolução. Os resultados variaram da aceitação total para completa rejeição da teoria. Esses autores sugerem que as crenças pessoais dos alunos não devem ser subestimadas quanto ao ensino de evolução.

Investigações a respeito deste tema também têm sido realizadas em diferentes regiões do Brasil. Bizzo (1994) constatou que estudantes de escolas paulistas de diferentes níveis socioeconômicos entendiam muito pouco de evolução e sugeriu novas estratégias para o ensino. Mais recentemente Bizzo, Almeida e Falcão (2007) replicaram o trabalho de Bizzo (1994) com estudantes de nível secundário e universitário da cidade de Recife, onde investigaram dois aspectos da Teoria Evolutiva: teoria do uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos. Eles constataram que estes aspectos são aceitos pela maioria dos estudantes como explicação para os processos evolutivos. Na região sul do país, Pazzia, Penteadó e Kavalco, (2009) compararam as concepções de evolução de alunos calouros das áreas das exatas, humanas e agronomia da Universidade Estadual do Centro-oeste do Paraná. Os dados obtidos nesta pesquisa mostram que, embora a maioria dos alunos aceite herança com alterações, eles não entendem como a evolução ocorre.

Trabalhos desenvolvidos com professores no Brasil, também mostram que suas concepções evolutivas não refletem as ideias científicas atualmente aceitas. Tidon e Lewontin (2004) examinaram o perfil de professores do ensino médio do Distrito Federal e compararam com dados sobre equívocos biológicos, deficiência curricular e material didático fornecido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. As informações analisadas foram recolhidas junto a professores que trabalham em várias regiões do país. Os autores supracitados, também contribuíram com propostas para melhoria do ensino de evolução biológica. Coimbra e Silva (2007) também analisaram as concepções de evolução biológica, de professores do ensino médio, do município de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul. Os resultados revelaram uma forte influência das crenças religiosas na postura dos professores dentro da sala de aula.

A partir da contextualização sobre o tema em estudo, o objetivo deste trabalho é identificar e analisar as concepções sobre evolução biológica de professores de biologia que atuam no ensino médio da rede pública estadual da cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. O texto está organizado em três partes interrelacionadas. Inicialmente apresentamos o delineamento metodológico do estudo; na sequência são apresentados os resultados e

discussões dos 20 professores participantes da pesquisa; e na parte final as conclusões e suas implicações para o ensino de ciências.

Metodologia da pesquisa

Esta pesquisa é de caráter qualitativo. Segundo Ludke e André (1996) as investigações qualitativas, por sua diversidade e flexibilidade, não admitem regras precisas.

Participaram da pesquisa 20 professores de biologia do ensino médio, pertencentes a 10 escolas estaduais de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Os sujeitos da pesquisa são identificados neste estudo por P (professor) seguidos por um número a eles atribuídos (P1, P2, Pn).

Referente aos critérios éticos, os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, garantindo o sigilo das informações e o seu anonimato, conforme orientações da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde (Brasil, 2006).

Para a coleta de dados foi utilizado um questionário contendo questões referentes a dados sociodemográficos e questões referentes às concepções e ensino de evolução. Neste artigo, apresentamos a análise de uma pergunta aberta (questão 1), duas situações de ensino (questões 2 e 3), e uma questão objetiva (questão 4), composta por 7 itens, na modalidade verdadeiro, falso e asterisco (*) no caso de dúvida. A discriminação das questões é apresentada na seção de análise e discussão dos dados.

O caminho percorrido para a análise dos dados

Os dados analisados referem-se ao perfil dos professores e às questões que tratam as concepções de evolução dos professores.

Para a análise da primeira questão, foi utilizada a técnica de análise textual, que Moraes (2005) define como:

“Processo de desconstrução, seguida de reconstrução, de um conjunto de materiais linguísticos e discursivos, produzindo-se a partir disso, novos entendimentos sobre os fenômenos e discursos investigados” (p.87).

A análise textual envolve a construção de um sistema de categorias a partir da identificação de enunciados dos materiais a ela submetidos, categorizando-os e integrando nesta, descrição e interpretação (Moraes 2005).

Comparando as ideias manifestadas nas respostas dos professores e os princípios teóricos da teoria evolucionária, emergiram as categorias *a priori* adaptadas por Chaves (1993), nos permitindo sintetizar as concepções manifestadas pelos professores. Estas categorias refletem, em geral, concepções equivocadas dos professores, como, por exemplo, visões teleológicas ao processo evolutivo dos seres vivos. São elas: Significados da Evolução, Dimensões Evolutivas, Fatores Evolutivos e Funções dos Processos Evolutivos.

Para a análise das justificativas atribuídas às duas situações de ensino foram utilizadas as categorias: satisfatória, parcialmente satisfatória, insatisfatória e outras. Esta análise implicou na organização de dados e sucessivas leituras

propiciando a apreensão dos significados das ideias manifestadas pelos professores.

Por fim, as afirmativas referentes à questão objetiva de verdadeiro ou falso foram tabuladas quantitativamente, com cálculo de porcentagem.

Resultados e discussão

Esta seção está organizada em duas partes interrelacionadas. Na primeira parte, apresenta-se o perfil dos professores participantes da pesquisa e na segunda parte encontra-se a análise das concepções de evolução biológica que compreende o conceito de evolução, teorias evolutivas e evolução humana.

As características pessoais dos participantes apontam que 17 são do gênero feminino, e três do masculino. A maioria deles encontra-se na faixa etária dos 30 e 40 anos.

O perfil dos professores aqui analisados mostra que estes apresentam uma formação acadêmica qualificada. Desses, 19 são licenciados em Biologia e um em Ciências; 17 são formados em instituição pública e três em instituições particulares. A maioria concluiu sua graduação na década de 1990, num total de 12 professores. Ainda, quanto à formação, 11 apresentam pós-graduação, sendo seis na área de Educação.

Quanto à situação funcional destes professores, constatamos que 19 são efetivos no Estado sendo que 10 deles atuam apenas em escola estadual. Os demais atuam, além da escola estadual, em outras redes de ensino.

Quanto à experiência profissional, constatamos que 14 deles estão no magistério há mais de 11 anos e apenas seis há menos de 10 anos. Também verificamos que 13 professores atuam em mais de um turno e, além de biologia, todos lecionam ou já lecionaram outra disciplina, entre elas ciências, química, física, matemática e ensino religioso. Este cenário demonstra que boa parte dos professores em serviço desenvolve atividades múltiplas podendo levar a um aproveitamento insatisfatório de sua disciplina e comprometer o seu ensino.

Análise do conceito de evolução

As análises do conceito de evolução compreendem as respostas dadas à pergunta- "O que é evolução biológica para você?". E a itens da questão objetiva sumarizada no quadro 3.

As concepções de evolução biológica manifestadas pelos professores nas respostas da pergunta acima (questão 1) foram analisadas com base nas categorias discriminadas no quadro 1.

Categorias		
Concepções	Categorias intermediárias	Categorias finais
Engloba todas as conotações atribuídas à palavra evolução e ao processo evolutivo.	Transformação Maturação Finalidade/propósito	Significados da evolução
A evolução é percebida como uma propriedade intrínseca do organismo.	Função de sobrevivência Função de adaptação.	Funções do processo evolutivo
A evolução é percebida como as transformações sofridas pelos seres vivos, oriundas de fatores externos ou por motivação interna do organismo.	Fator extrínseco Fator intrínseco	Fatores evolutivos
A evolução é percebida tanto como processo orgânico como cultural e acontece em uma escala de tempo.	Dimensão temporal Dimensão biológica Dimensão cultural	Dimensões evolutivas

Quadro 1.- Categorias que sintetizam as concepções de Evolução biológica dos professores com base nas categorias de Chaves (1993).

Para facilitar a categorização das respostas, estabelecemos um referencial baseado no aparecimento de expressões que surgem a partir da unitarização, ou seja, unidades definidas da fragmentação das respostas apresentadas pelos professores. O quadro 2 mostra a relação das expressões e as categorias às quais se referem.

Expressões	Categorias intermediárias
Mudanças; diversidade genética; modificações; alterações bioquímicas; diferenças; descendência com modificações; processo de diversificação dos seres vivos; mutações; variabilidade.	Transformação
Os organismos evoluem conforme suas necessidades.	Finalidade/ propósito
Desenvolvimento dos organismos; referência à direção que os organismos seguem; preditividade.	Maturação/ direção
Mudanças que os organismos passam; diferenças dos organismos; diferentes linhagens; referências aos organismos.	Dimensão orgânica
Ao longo do tempo; de uma geração para outra; ao passar do tempo.	Dimensão temporal
Pressões culturais; o que podemos fazer enquanto espécie.	Dimensão cultural
Levam a adaptar; tenta se adaptar; adaptação.	Função adaptativa
Conseguem sobreviver; espécies viventes.	Função de sobrevivência
Faz referências à pressão externa do meio para adaptar o organismo; de acordo com as mudanças; em decorrência das mudanças ambientais; pressão ambiental.	Fator extrínseco
Motivação interna do organismo para se adaptar ao ambiente; produz um indivíduo adaptado; diferenças selecionadas; tentativa das espécies; sofrem para determinados ambientes.	Fator intrínseco

Quadro 2.- Unidades das categorias e suas expressões.

Categoria: Significados da Evolução

Cerca de 80% dos professores manifestaram em suas respostas significados que se enquadram nesta categoria, os quais serão analisados separadamente:

(i) Evolução como transformação: 13 dos professores associam Evolução com transformações ocorridas ou “sofridas” pelos seres vivos em seu aspecto biológico tanto em nível de organismo - transformação perceptível (P1), quanto em nível de genes- transformação imperceptível (P3) evidenciadas em respostas como a dos professores:

P1: “As mudanças que ocorrem nas características dos organismos ao longo do tempo”.

P3: “Mudanças ou alterações na bioquímica, que levam a adaptar o indivíduo ao seu ambiente”.

Além do seu aspecto biológico, apenas dois professores perceberam a evolução como transformação no seu aspecto cultural, transitando por essas duas dimensões evolutivas, perceptível através dos seus efeitos como mostra a resposta do professor:

P20: “Os seres vivos sofrem evolução de acordo com as mudanças que ocorrem no meio ambiente, que também são provocadas pelo homem através dos diversos tipos de poluição”.

As análises dos depoimentos acima mostram que o processo de transformação em seu âmbito biológico está claro para a maioria dos professores como um tipo de transformação que, para ciência, constitui Evolução.

(ii) Evolução como Finalidade: a associação da evolução com finalismo ou propósito do processo evolutivo pôde ser percebida nas colocações de cinco professores. A ideia de que o processo evolutivo está relacionado a um propósito pré-determinado, numa perspectiva teleológica, e que não é aceita nos modelos científicos (Sepúlveda e El Hani, 2007), fica nítida na resposta abaixo:

P5: “Pra mim os organismos evoluem conforme suas necessidades, o corpo tenta se adaptar às mudanças dos fatores ambientais”.

Os professores também percebem a adaptação como uma resposta ao processo evolutivo finalista dos organismos. Observa-se essa ideia na resposta a seguir:

P9: “É o desenvolvimento dos organismos, suas adaptações ao longo do tempo conforme ou frente às mudanças do ambiente”.

A expressão “suas adaptações”, é percebida pelo professor como um ajuste em resposta ao ambiente visando o aperfeiçoamento dos organismos.

Para Sepúlveda e El Hani (2007) o significado da palavra ‘adaptação’ é consistente com aquele que encontramos em sua etimologia, a partir dos termos latinos *ad + aptus*, ou seja, em direção a um ajuste.

Também a expressão “frente às mudanças do ambiente”, sugere que o professor percebe evolução apenas como um processo em direção a causas finais, ou seja, a Evolução Biológica tem um objetivo. Essa informação mostra que o professor não compreende que os mecanismos de evolução têm um componente estocástico.

(iii) Evolução como maturação: a ideia de maturação como processo evolutivo presente nas respostas de quatro professores, está associada ao desenvolvimento dos organismos e preditividade, expressados pelos professores P9 e P16:

P9: "É o desenvolvimento dos organismos, suas adaptações ao longo do tempo conforme ou frente às mudanças do ambiente".

Na resposta de P9 a expressão "É o desenvolvimento dos organismos", associa evolução ao desenvolvimento orgânico dos seres, esta ideia está veiculada ao termo original da palavra "Evolução" concebida na teoria pré - formista, alegando que os seres vivos, o homem em particular, já estavam pré-formados no óvulo e no esperma humano (Almeida e Falcão, 2005). Assim sendo, o termo evoluir ou evolverse significa desenrolar, crescer (Gould, 1987).

Ainda como concepção de maturação, os professores demonstraram compreender o processo evolutivo como algo unidirecional, preditível, uma vez que maturar significa predizer o rumo da Evolução, ficando nítida na resposta de P16:

"Processo de perceber-se de onde vim, quem sou e para onde vou, e ainda o que podemos fazer para continuarmos enquanto espécie evoluindo com equilíbrio".

A ideia antropocêntrica fica clara na concepção de preditividade manifestada pela expressão, "de onde vim, quem sou e para onde vou", o que distorce o entendimento de evolução como algo natural e inerente a todos os seres vivos. A expressão "evoluindo com equilíbrio" permite inferir que o professor entende que o processo evolutivo ocorre em direção a uma causa final positiva.

Categoria: Funções do processo evolutivo

Esta categoria compreende 45% das respostas emitidas pelos professores e está representada por duas subcategorias: função adaptativa e sobrevivência.

(i) Função adaptativa: a concepção de que evolução ocorre para adaptar os seres vivos é apresentada por todos os professores incluídos na categoria função do processo evolutivo, evidenciado nos exemplos abaixo:

P3: "Mudanças ou alterações na bioquímica, que levam a adaptar o indivíduo ao seu ambiente"

P14: "É um processo (evolução) de contínua modificação pelo qual passam todas as espécies vivas na tentativa de adaptarem-se ao ecossistema em que estão inseridos".

P18: "É a maneira como os seres vivos se adaptam as condições do meio onde estão".

Nos exemplos citados observa-se a noção de que o ambiente faz pressão para que os organismos possam criar novas estruturas e se adaptar. Assim, a adaptação é vista como uma causa do processo evolutivo, contrariando o sentido evolutivo desta palavra.

Também, nos deparamos com a questão da linguagem, onde a palavra adaptação assume significados diferentes em diferentes contextos.

Para Sepúlveda e El-Hani (2007) os vários significados do conceito de adaptação são parte de uma série de desafios expostos pela controvérsia acerca

de seu papel epistemológico na biologia, instaurada no seio da crítica ao programa de pesquisa adaptacionista, iniciada ao final da década de 1960.

A palavra “adaptação” tem sido empregada na biologia para referir-se a mudanças fisiológicas ocorridas ao longo da vida dos organismos, assim como, para referir-se a mudanças evolutivas que ocorrem em nível de populações, ao longo da filogênese (Sepúlveda e El-Hani, 2007).

Neste aspecto, percebemos que os professores concebem a adaptação evolutiva como características desenvolvidas para atender a uma necessidade surgida durante a vida (adaptação ontogenética), ao invés de, conceberem como características que permitam à espécie condições mais favoráveis de existência (adaptação evolutiva).

(ii) Função de sobrevivência: esta concepção foi demonstrada nas respostas de apenas três professores incluídos na categoria função do processo evolutivo, no qual o argumento utilizado para função de adaptação- ajuste causal apropriou-se para função de sobrevivência, como descrito nos exemplos abaixo:

P5: “Pra mim os organismos evoluem conforme suas necessidades, o corpo tenta se adaptar às mudanças dos fatores ambientais e aquelas espécies que conseguem sobrevive”.

P19: “De acordo com as explicações científicas, são transformações e adaptações que as espécies sofrem para sobreviverem nos determinados (diversos) ambientes terrestres”.

Percebemos que nas duas subcategorias analisadas, função de adaptação e sobrevivência, a concepção de funcionalidade ou de causas finais está presente nos respostas dos professores.

Categoria: Dimensões Evolutivas

Esta categoria foi evidenciada em 50% das respostas manifestadas pelos professores, onde constatamos três subcategorias: (i) dimensão orgânica, (ii) cultural e (iii) temporal.

(i) Dimensão orgânica: esta dimensão foi explicitada por quatro professores onde fica nítida a noção de que evolução acontece em nível de estrutura física dos organismos, conforme exemplo a seguir:

P4: “Processo de mudanças gradativas pelo quais os organismos passam”.

(ii) Dimensão cultural: foi detectada na resposta de três professores mostrando a ideia que evolução acontece devido à interferência direta ou indireta do homem, conforme o exemplo abaixo:

P20: “Os seres vivos sofrem evolução de acordo com as mudanças que ocorrem no meio ambiente, que também são provocadas pelo homem através dos diversos tipos de poluição”.

(iii) Dimensão temporal: apareceu nas respostas de cinco dos professores, na qual a evolução acontece em uma escala de tempo, como mostram os exemplos a seguir:

P6: “A evolução é um processo lento e gradual”.

P7: “É um processo contínuo de adaptação das espécies ao longo do tempo em decorrência das mudanças ambientais”.

A noção de tempo apresentada pelos professores “ao longo do tempo” para demonstrar evolução é a mesma apresentada pelos livros didáticos.

Bellini (2006) argumenta que o tempo para os autores dos manuais didáticos é algo determinante da evolução, mas é um tempo genérico, não apresentando seus aspectos geológicos e biológicos. Esta mesma autora relata que os autores dos textos falam em evolução lenta e gradual, assim como foi expresso por P6 “processo lento e gradual”. Também salienta que o tempo é uma dimensão da evolução, porém não deve ser representado como escada, pois esta não representa o caminho desse tempo quando se trata de evolução, nem tão pouco aceito como lento e gradual pelos paleontólogos.

Os professores também demonstraram em suas respostas, expressões que manifestavam mais de uma dimensão, como o exemplo abaixo:

P1: “As mudanças que ocorrem nas características dos organismos ao longo do tempo”.

Neste sentido, a evolução ao se processar em um dos níveis, não elimina a ocorrência de outros níveis.

Categoria: Fatores Evolutivos

Esta categoria está representada nas respostas de 55% dos professores que relacionam o processo evolutivo com fatores evolutivos- intrínsecos e extrínsecos, ou seja, os seres vivos evoluem por meio de pressões externas (fatores extrínsecos) ou por motivações internas (fatores intrínsecos).

(i) Fator intrínseco: foi evidenciada nas respostas de seis dos professores, onde a evolução acontece devido a uma necessidade inerente dos seres vivos, conforme a resposta a seguir:

P14: “É um processo de contínua modificação pelo qual passam todas as espécies vivas na tentativa de adaptarem-se ao ecossistema em que estão inseridos”.

A expressão “na tentativa de adaptarem-se ao ecossistema”, evidencia a compreensão do professor de que as espécies têm uma necessidade intrínseca de adaptarem-se ao meio como uma função causal.

(ii) Fator extrínseco: esta subcategoria foi manifestada nas respostas de cinco professores, conforme exemplos:

P7: “É um processo contínuo de adaptação das espécies ao longo do tempo em decorrência das mudanças ambientais”

P5: “[...] o corpo tenta se adaptar às mudanças dos fatores ambientais e aquelas espécies que conseguem, sobrevivem”

Evidenciamos que, alguns professores compreendem evolução como uma resposta dos seres vivos às condições ambientais levando a uma mudança gradativa ao longo do tempo. Essa concepção de que o ambiente é que causa a mudança torna a variabilidade genética e a hereditariedade das características não tão importantes no processo evolutivo.

A ideia de que o ambiente exerce pressões sobre os seres vivos foi a hipótese central de Lamarck, onde o corpo manifesta mudanças em função dessas pressões, utilizando algumas partes mais do que outras, surgindo à noção de uso e desuso (Bellini, 2006).

Em ambos os fatores, intrínseco e extrínseco, representados nas respostas dos professores, percebemos a ideia de propósito, finalidade, onde os seres vivos desenvolvem novas características, pois necessitam para a sua sobrevivência.

As concepções de evolução biológica demonstradas pelos professores a partir da questão objetiva (questão 4) foram analisadas com base em quatro afirmativas falsas apresentadas no quadro 3.

- 1- A evolução se processa dos seres vivos mais simples para os mais complexos.
- 2- Através da Evolução, as diversas formas de vida foram se aperfeiçoando e melhorando ao longo do tempo.
- 3- A unidade da evolução pode ser tanto um indivíduo quanto uma população, ou seja, pode-se pensar em evolução de um único organismo ou de um conjunto de organismos da mesma espécie.
- 4- De acordo com Darwin os antibióticos levam à formação de bactérias resistentes.

Quadro 3.- Afirmativas da questão objetiva que envolve conceitos de evolução.

1- A evolução se processa dos seres vivos mais simples para os mais complexos.

Esta afirmação aborda a ideia de "complexidade", "progresso". Os resultados mostraram que 45% dos professores acreditam que a evolução acontece do mais simples ao mais complexo e 45% não acreditam que a evolução se processa neste caminho. Apenas dois professores ficaram em dúvida diante desta afirmação.

A noção de complexidade é apresentada por Lamarck em uma de suas explicações para a diversificação dos seres vivos. Esta visão sobre aumento da complexidade pressupõe um arranjo dos seres vivos em cadeia (Meyer e El-Hani, 2005).

Provavelmente essa visão equivocada apresentada pelos professores, de que a evolução resulta em complexidade dos seres vivos está vinculada a dois aspectos: primeiro ao que são apresentados nos livros didáticos, como os "níveis de organização dos seres vivos", onde os seres são apresentados da sua forma mais simples - a célula, a sua forma mais complexa - o organismo; e segundo ao surgimento dos primeiros seres vivos que evoluíram em direção a seres mais complexos. Aqui percebemos que os professores não fazem uma distinção com o que é aceito atualmente para explicar o processo evolutivo, já que a evolução não leva necessariamente à complexidade dos seres.

2- Através da Evolução, as diversas formas de vida foram se aperfeiçoando e melhorando ao longo do tempo.

Os resultados obtidos na questão acima mostram que 65% dos professores têm como verdadeira tal questão e 35% como falsa não apresentando dúvidas quanto a esta concepção.

A noção de "progresso" embutida nesta afirmativa, onde os seres vivos evoluem a um aperfeiçoamento, melhorando cada vez mais, também é uma visão lamarckista e aceita pela maioria dos professores.

Segundo Barahona (1998), progresso é definido a partir de valores subjetivos, e atualmente este termo tem sido substituído pelos biólogos como direção. A

autora ressalta que é difícil avaliar se a evolução biológica tem uma direção sem dizer se esta é ou não progressiva, e argumenta que direção não implica em progresso.

3- A unidade da evolução pode ser tanto um indivíduo quanto uma população, ou seja, pode-se pensar em evolução de um único organismo ou de um conjunto de organismos da mesma espécie.

Para essa afirmativa 50% dos professores assinalaram falso, 40% verdadeiro e 10% ficaram na dúvida. Os resultados revelam que alguns professores acreditam que a evolução pode ocorrer em nível individual.

De acordo com Futuyma (1992), o conceito de evolução engloba três aspectos: evolução como transformação, populações como unidades evolutivas e a transmissão das alterações via material genético.

Isso demonstra que a metade dos professores não tem conhecimento de um dos princípios fundamentais do processo evolutivo, ou seja, as populações como unidades evolutivas.

4- De acordo com Darwin os antibióticos levam à formação de bactérias resistentes.

Esta afirmação, equivocada, passa a ideia de que o meio (antibióticos) faz pressão para a formação de novos seres (bactérias). Os resultados obtidos mostram que 50% dos professores não concordam com a afirmativa, 35% concordam e 15% têm dúvida.

A análise que se faz aqui é que 50% dos participantes ainda não apresentam uma ideia clara sobre os fatores evolutivos, uma vez que a mudança causal é frequente no pensamento desses professores.

As bactérias resistentes são um resultado direto da seleção natural, onde o uso frequente e desnecessário dos antibióticos permitem que as mesmas persistam e se reproduzam nas populações bacterianas substituindo as menos resistentes após algumas gerações (Meyer e El-Hani, 2005).

Análise das teorias evolutivas

Para a análise das concepções sobre as Teorias Evolutivas consideramos as respostas dadas às questões apresentadas nos quadros 4 e 5.

Questão 2- Teoria de Lamarck

Nesta questão, apresentamos aos professores uma situação de ensino que menciona um exemplo explicativo das ideias de Lamarck (quadro 4). Aos professores foi perguntado se tal exemplo pode comprometer o aprendizado do processo evolutivo, e solicita uma justificativa.

Situação de ensino: (Universidade Gama Filho-RJ- adaptada) Observe a explicação de um paleontólogo para o surgimento de carapaças em tartarugas.

"Tudo começou há 245 milhões de anos com o Pareiassauo. Esse lagartão herbívoro tinha uma digestão muito lenta e precisava se entupir de comida. Então desenvolveu a carapaça para se proteger dos predadores enquanto fazia sua demorada digestão".

a) Você acredita que possa haver algo que comprometa o aprendizado de evolução no texto acima?

Quadro 4.- Questão referente à Teoria de Lamarck.

As respostas dos professores foram categorizadas conforme a adequação de suas justificativas. São as seguintes:

Categoria satisfatória: compreende respostas que mostram o conhecimento dos professores a respeito das Teorias Evolutivas, ou seja, o exemplo apresentado mostra a Teoria de Lamarck e que não concebe a explicação do processo evolutivo aceito atualmente. Esta ideia foi concebida por 35% dos professores, conforme o exemplo abaixo:

P4: "Sim. Pois é o meio ambiente que seleciona os indivíduos mais aptos e nesse caso (descrito) o indivíduo foi quem mudou para se adaptar ao meio.

Na expressão "meio ambiente que seleciona" evidenciamos uma interpretação correta de P4 sobre o processo evolutivo aceito atualmente.

Categoria parcialmente satisfatória: inclui as respostas referentes ao conhecimento dos professores sobre a teoria de Lamarck, mas que em suas justificativas apresentam a evolução como processo de função de adaptação e sobrevivência. Esta concepção é evidenciada em 20% das respostas dadas pelos professores, exemplifica a seguir:

P15: "Sim. Devem ter existido lagartos com carapaças e sem carapaças. Somente obtiveram sucesso os que tinham carapaça, os que não tinham acabaram se extinguindo, os mais evoluídos (com carapaça), mais adaptados, sobreviveram."

Compreendemos que P15 reconhece a Teoria de Lamarck, justifica adequadamente com um exemplo que remete à Teoria de Darwin, porém, utiliza a expressão, "mais evoluído" passando a ideia de que o processo evolutivo segue uma direção para seres mais complexos.

Entretanto, a Evolução acontece no mundo natural sem necessariamente levar a complexidade e pode levar a sobrevivência ou extinção das espécies.

Categoria insatisfatória: respostas que mostram a total falta de conhecimento dos professores quanto às teorias evolutivas ou que apresentam ideias finalistas ou criacionistas. Nesta categoria foram incluídas 45% das respostas dos professores, conforme o seguinte exemplo:

P19: "Não. Não acredito que comprometa o aprendizado, pois não seria a única explicação criativa, entre as muitas apresentadas pelo evolucionismo".

A expressão "explicação criativa entre as muitas apresentadas pelo evolucionismo" permite inferir que P19 não aceita a teoria evolucionista como explicação para origem e diversidade das espécies demonstrando uma concepção criacionista. Desse modo, a concepção de P19 pode comprometer o ensino de evolução, uma vez que ciência e religião são áreas de conhecimentos distintos e não deve interferir uma na outra. Gould (2002) utiliza o conceito Magistérios Não-Interferentes (MNI), onde ciência e religião são áreas distintas, cabendo à ciência desenvolver os conhecimentos relativos a fatos da natureza, enquanto à religião cabe comprometer-se aos aspectos relacionados ao significado e valores da vida humana.

Embora os professores apresentem certo conhecimento das Teorias Evolutivas, percebemos que falta entendimento em relação aos significados das palavras.

Tidon e Lewontin (2004) constataram que boa parte dos professores considera "mais fácil" distinguir os temas que envolvem as teorias de Darwin e Lamarck, mas apresentam ideias lamarckistas para explicar a evolução da vida.

As concepções sobre teorias evolutivas demonstradas pelos professores também são analisadas a partir das afirmativas da questão quatro apresentadas no quadro 5.

- 5- De acordo com Lamarck, a girafa evoluiu de ancestrais de pescoço curto, o qual se desenvolveu gradativamente pelo esforço do animal para alcançar as folhas das árvores mais altas.
- 6- A teoria sintética da evolução ou Neodarwinismo procurou integrar os conhecimentos da genética com as ideias de evolução propostas por Darwin, conciliando em uma única Teoria conceitos como seleção natural, migração, mutação, recombinação gênica e deriva genética.
- 7- Para se comprovar que a evolução ocorreu e ainda ocorre, recorre-se a algumas evidências, tais como o registro dos fósseis e as homologias anatômicas, fisiológicas e embriológicas.

Quadro 5.- Afirmativas da questão objetiva que envolve as teorias evolutivas.

Os itens apresentados no quadro acima fazem referência ao clássico exemplo do pescoço da girafa de Lamarck, ao conceito da Teoria Sintética, e as evidências da Evolução respectivamente. Todas as afirmações são verdadeiras.

Os resultados mostram que 100% dos professores consideram verdadeiras as afirmativas (5) e (7), e 95% verdadeira a afirmativa (6). Apenas um professor ficou em dúvida para esta última afirmação.

Esses resultados evidenciam alguns pontos referentes ao ensino de evolução, a saber:

Os professores identificam sem problemas as ideias fundamentais das Teorias Evolutivas ou exemplos, como a do pescoço da girafa, mas não conseguem desvincular as concepções de finalismo, de direção de Lamarck dos processos evolutivos, indo ao encontro com respostas de questões anteriores aqui discutidas.

As três afirmativas analisadas por último referenciam tópicos do livro didático, demonstrando que o livro didático, na maioria das salas de aula, continua prevalecendo como o principal instrumento utilizado no processo ensino-aprendizagem. No entanto, mesmo com a crescente qualidade dos livros didáticos, o professor não pode ser refém dessa única fonte (DELIZOICOV et al., 2002).

Bellini (2006) argumenta que as questões sobre evolução são ricas e densas, mantendo-se atuais com a colaboração da genética. Entretanto, esta autora relata que os manuais de ciências fazem a opção por argumentos "didáticos", que reduzem a rica história evolutiva a metáforas e/ou as noções pedagógicas não mais das teorias, mas dos elementos periféricos do discurso científico (pescoço da girafa).

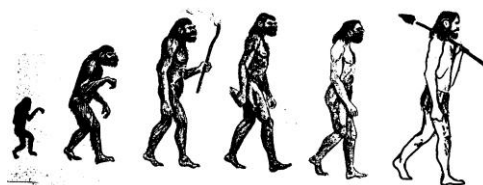
Análise da evolução humana

Para as concepções sobre Evolução Humana analisamos as respostas dadas referentes à questão três, apresentada no quadro seis.

Questão 3- Evolução Humana

Nesta questão (Figura 1), apresentamos aos professores uma situação de ensino que representa um modelo de Evolução Humana que ainda se faz presente em alguns livros didáticos.

Situação de ensino: Analise a figura abaixo: A figura representa uma explicação correta da evolução do homem?



Fonte: www.laser.com.br/usuarios/svasques/evolution.jpg

Figura 1.- Questão referente à Evolução Humana.

As respostas dadas pelos professores foram categorizadas, conforme a sua adequação em:

Categoria satisfatória: respostas que não concordam com o modelo apresentado, e suas justificativas apresentam concepções que melhor explicam a Evolução Humana, ou seja, analogia de árvore. Essa ideia aparece em 30% das respostas, como mostram os exemplos a seguir:

P7: "Não. Por que mostra uma evolução em uma única direção. Não relata graus de parentesco entre as espécies".

P8: "Não. É uma visão simplista da evolução humana, uma vez que vários tipos de hominídeos poderiam ter coexistido".

As proposições "Não relata graus de parentesco entre as espécies" e "vários tipos de hominídeos poderiam ter coexistido" indicam percepções que estão em consonância com a teoria evolutiva humana aceita atualmente que pode ser representada pela analogia de árvore.

Darwin em "A origem das Espécies" documentou a ideia de que todos os seres vivos são aparentados uns aos outros e de que novos seres se originam a partir de outros pré-existentes (ancestralidade comum), propondo que todos os seres vivos estão conectados uns aos outros por meio do que chamou de "árvore da vida".

Categoria insatisfatória: respostas que concordam com o modelo apresentado, e suas justificativas estão adequadas ao mesmo, ou seja, analogia de escada. Inclui-se nesta categoria 35% das respostas manifestadas e exemplificadas abaixo:

P3: "Sim. Está mostrando as mudanças sucessivas da evolução do homem."

P9: "Sim. Pelas modificações anatômicas".

A analogia de escada representa a ideia de evolução linear, onde um ancestral da origem ao outro e assim sucessivamente até chegar ao ápice da Evolução, o homem.

A noção de fila indiana é considerada a escalada do mundo orgânico em direção ao melhoramento, aperfeiçoamento e remonta à ideia de *Scala Naturae* de Aristóteles e seus degraus rumo à complexidade.

Bellini (2006) relata que a metáfora de escada ignora a riqueza da história humana apresentada pelas descobertas paleontológicas. Esta autora argumenta que a analogia de escada mostra que “temos procurado uma única e progressiva sequência que liga o símio ancestral ao homem moderno”.

As respostas dos professores retratam uma concepção muito próxima ao senso comum, é provável que tais respostas tenham a influência da mídia e de alguns livros didáticos que ainda apresentam essa concepção equivocada de Evolução Humana.

Categoria outras: compreende 35% respostas dadas pelos professores e não contém uma ideia explicativa relacionada ao tema.

P16: “Sim. As teorias tentam explicar”.

P17: “Depende da teoria em debate”.

P20: “Não. É um esquema muito superficial”.

A brevidade das respostas acima permite inferir que os professores incluídos nessa categoria não dominam o assunto em questão. Uma possível explicação a este fato pode estar associada às crenças religiosas dos professores.

A análise geral das respostas apresentadas nesta seção mostra que 70% dos participantes da pesquisa têm pouco ou quase nenhum conhecimento sobre Evolução Humana. Isto indica que, provavelmente, mesmo abordando o conteúdo de evolução biológica em suas aulas, o tema Evolução Humana raramente é discutido.

Considerações finais

Como encerramento deste trabalho e não do assunto em questão, algumas considerações emergem da análise das concepções de evolução biológica dos professores discutidas a seguir:

Ao longo da análise realizada percebemos que as categorias apresentam significados que são constantes nos três temas analisados.

Entre essas categorias, identificamos concepções equivocadas a respeito da noção de evolução como processo causal, finalista e diretivo, bem como, um processo progressivo que abarca o melhoramento e complexidade dos seres. Este pensamento cognitivo presente nas respostas dos professores aproxima-se muito do pensamento manifestado por estudantes em trabalhos relatados por pesquisadores da área citados neste estudo.

Também observamos que as palavras associadas ao processo evolutivo como adaptação e evolução, são utilizadas com conotação variadas, contrárias às utilizadas pela ciência. Alguns fatores que podem acarretar tais concepções são: a polissemia das palavras, a noção simplista dos processos naturais e uma visão antropocêntrica dos processos evolutivos. Estes fatores afastam os professores sob o ponto de vista conceitual, da visão compartilhada pela comunidade científica atual.

Neste sentido, o processo ensino-aprendizagem da evolução biológica fica prejudicado, já que os professores não dominam adequadamente alguns

conceitos evolutivos. Argumentamos que é necessário um maior domínio do conhecimento histórico da Teoria Evolutiva e seus processos. Sugerimos para a continuidade deste trabalho um curso de formação continuada para os professores de biologia, onde assuntos como história da ciência e filogenia possam ser abordados. Só assim os professores poderão detectar os possíveis equívocos apresentados por seus alunos e auxiliar a superação de tais dificuldades.

A Teoria Evolutiva, embora corroborada pela comunidade científica, ainda causa dilemas no pensamento cognitivo de professores, devido à sobreposição de ideias defendidas pela teoria evolucionária com aspectos sociais, religiosos e epistemológicos.

Referências bibliográficas

Almeida, A.V. e Falcão, J.T. da R. (2005). A Estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. *Ciência & Educação*, 11, 1, 17-32.

Anderson D.L., Fisher K.M. e Norman G.J. (2002) Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 10, 952-978.

Barahona, A. (1998). El progreso en la ciencia y en la biología. Em S. Martínez, A. Barahona (Eds) *Historia y explicación en biología* (PP.125-138). México: Universidad Nacional Autónoma de México. F.C.E.

Brasil. (1999) *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

Brasil. (2006). *Manual Operacional para Comitês de Ética em Pesquisa*. Brasília: Conselho Nacional de Saúde. Ministério da saúde.

Bellini, L.M. (2006). Avaliação do conceito de evolução nos livros didáticos. *Estudos em Avaliação Educacional*, 17, 33, 7-28.

Bishop, B.A. e Anderson, C.W. (1990) Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 5, 415-427.

Bizzo, N.M.V. (1994). From down house landlord to Brazilian high school-students - what has happened to evolutionary knowledge on the way? *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 5, 537-556.

Bizzo, N., Almeida, A.V e Falcão, J.T.R. (2007). A compreensão de estudantes dos modelos de evolução biológica: duas aproximações, Em: E.F. Mortimer, (Ed.), *Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis: Abrapec

Brumby, M.N. (1984). Misconceptions about the concept of natural- selection by medical biology students. *Science Education*, 68, 4, 493-503.

Chaves, S.N. (1993). *Evolução de idéias e idéias de evolução: a evolução dos seres vivos na ótica de aluno e professor de biologia do ensino secundário* .(PP.1-117) Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Coimbra e Silva (2007). Ensino de evolução biológica e a necessidade de formação continuada. Em: E. F. Mortimer, (Ed). *Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis: Abrapec.

Donnelly, L. A; Kazempour, M. e Amirshokoohi, A. (2009). High Scholl student's Perceptions of evolution instruction: Acceptance and evolution learning experiences. *Research Science Education*, 39, 5, 643-660.

Futuyma, D.J. (1992). *Biologia Evolutiva*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq.

Gould, S.J. (1987). *Darwin e os grandes enigmas da vida*. São Paulo: Martins Fontes.

Gould, S.J. (2002) *Pilares do Tempo: ciência e religião na plenitude da vida*. Rio de Janeiro: Rocco.

Hokayem e BouJaoude (2008). College student's perceptions of the theory of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 4, 395-419.

Krasilchik, M. (1992). Caminhos do Ensino de Ciências no Brasil. *Em Aberto*, 11, 55,3-8.

Kutschera, U. e Niklas, K.J. (2004), The modern theory of biological evolution: an expanded synthesis, *Naturwissenschaften*, 91, 6, 255-276.

Lüdke, M.; André, M.E.D.A. (1986). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU

Meyer, D. e El-Hani, C.N. (2005). *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora Unesp.

Moraes, R. (2005) Mergulhos Discursivos: análise textual qualitativa entendida como processo integrado de aprender, comunicar e interferir em discursos. Em. M. do C. Galiuzzi, J.V. de Freitas, (eds.). *Metodologias emergentes em educação ambiental* (pp. 85-114). Ijuí: Unijuí.

Pazza, R.; Penteado, P.R.; e Kavalco, K.F.; (2009). Misconceptions about evolution in Brazilian freshmen students. *Evolution: Education and Outreach*, 3, 1, 107-113.

Pintó, R., Aliberas, J. e Gómez, R. (1996). Tres Enfoques de La Investigación sobre Concepciones Alternativas. Investigación y experiências didácticas. *Enseñanza de las ciencias*, 14, 2, 221-232.

Sepúlveda, C; El-Hani, C. N. (2007). Controvérsias sobre o conceito de adaptação e suas implicações para o ensino de evolução. Em: E. F. Mortimer, (Ed), *Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis: Abrapec.

Tidon R., Lewontin R.C. (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27, 1, 124-31.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que esta dissertação foi elaborada pensando nos professores e colegas que se dedicam a ensinar os conhecimentos biológicos e aos educadores de futuros professores de Biologia algumas considerações a respeito do assunto em questão se fazem relevantes. Apresentamos também nessa seção as perspectivas para o ensino de Biologia, em especial do ensino de Evolução Biológica que terá continuidade em nosso trabalho neste estudo.

Para traçar um panorama no qual se baseia este trabalho buscamos com o referencial teórico englobar os assuntos que sustentam a análise das concepções dos professores, as quais são de nosso interesse.

Analisamos as concepções sobre evolução apresentadas pelos professores sob três pontos: conceito de evolução biológica, teorias evolutivas e evolução humana.

Quanto ao primeiro ponto (conceito de evolução) evidenciamos os significados da palavra evolução e seus processos.

Os professores manifestaram entendimentos, quanto ao tema evolução biológica semelhante aos encontrados em pesquisas nessa área (CHAVES, 1993; BIZZO, 1994; MEGLHIORATTI, 2004; CARNEIRO, 2004; LICATTI, 2005). Isso nos leva a uma reflexão quanto às ideias apresentadas por nossos professores: será que estes professores, por estarem em uma região com jazigos fossilíferos, não deveriam apresentar alta motivação intrínseca e, portanto, ideias sobre evolução biológica mais próximas das aceitas cientificamente? Entendemos que esta questão possa servir de análise para investigações futuras no que diz respeito à Evolução Biológica.

Quanto aos significados da palavra evolução, boa parte dos professores (13 indivíduos) associa evolução com processo de transformação ou mudança compatível com o significado que para a ciência constitui evolução biológica. Entretanto, outras ideias também foram expressas por alguns professores como: finalidade/propósito (cinco professores), maturação/preditividade (quatro professores), complexidade/progresso (nove professores), aperfeiçoamento/melhoramento (12 professores). Quanto ao aspecto unidade de evolução, a metade dos professores expressou compreender que a evolução é um processo que ocorre

a nível populacional. Os demais, oito professores, compreendem a evolução a nível individual e dois ficaram em dúvida.

Em relação à evolução como processo, todos os professores que se enquadraram nessa categoria manifestaram ideias de evolução como função adaptativa, ou seja, a adaptação é uma causa do processo evolutivo ao invés de conceber adaptação como uma característica que permite às espécies condições mais favoráveis de existência (adaptação evolutiva). Já evolução com função de sobrevivência aparece nos argumentos de três professores, nos quais evidenciamos a sobrevivência da espécie é fruto de um ajuste causal.

Também percebemos que os professores associam a evolução biológica com fatores intrínsecos e extrínsecos, ou seja, a evolução acontece devido a uma necessidade inerente dos seres vivos ou a evolução é uma resposta as mudanças ambientais.

Em relação ao segundo ponto (teorias evolutivas), quando é apresentado aos professores um exemplo de processo evolutivo, estes não conseguem desvincular as concepções de finalismo, de direção de Lamarck. Tidon & Lewontin (2004) constataram essa tendência dos professores em apresentar ideias lamarckistas para explicar processos evolutivos. Também verificamos que os professores optam por argumentos didáticos para explicar as teorias evolutivas, evidenciando a utilização do livro didático como principal instrumento de apoio no processo de ensino.

Quanto à evolução humana constatamos que boa parte dos professores não tem conhecimento sobre este tema. Sobre este assunto os professores demonstram uma concepção de senso comum, muito próxima ao que é apresentado na mídia. Em decorrência disso, podemos inferir que o ensino de evolução é precário no contexto das escolas em que estes professores atuam.

Também percebemos nas análises ideias criacionistas expressas por alguns professores o que leva a dificuldades em lidar com esse assunto em sala de aula. Essa situação pode levar a um ensino fragmentado, superficial e distorcido por parte dos professores.

Diante deste contexto, podemos fazer breves considerações quanto às **implicações para o ensino de Biologia**.

Partimos do princípio que o professor deve contemplar tanto o conhecimento científico quanto o pedagógico em sua prática docente. Quanto ao conhecimento científico temos claro que é uma das competências que o professor deve ter e que

este é privilegiado na maioria dos cursos de licenciatura de nossas Universidades. Entretanto, percebemos que tal conhecimento apresentado pelos professores aqui analisados está permeado de erros conceituais. Também concordamos que a Evolução é o eixo integrador dos conhecimentos biológicos e que seu ensino deva ir além de teorias. Porém, quando estas teorias são apresentadas, elas não devem ser sintetizadas a simples exposição de fatos apresentados cronologicamente, mas sim colocados de forma que se percebam os problemas e as motivações que levaram a construção de tal conhecimento, bem como o contexto que foi construído. Assim, sugerimos uma abordagem histórica do desenvolvimento do pensamento evolutivo em sala de aula, a fim de, desfazer algumas concepções equivocadas dos alunos. Para isso recomendamos uma **formação epistemológica e histórica da ciência** para os professores e futuros professores. Só assim eles terão consciência de seus equívocos e o quanto podem contribuir para uma formação científica adequada aos alunos. Quanto aos conhecimentos epistemológicos, Tidon & Lewontin (2004) argumentam que o reconhecimento dos equívocos do processo evolutivo apresentados pelos professores é necessário, já que estes apresentam inconscientemente uma tendência do uso de ideias lamarckistas para explicar a evolução. O primeiro passo para tentar mudar os conceitos ingênuos dos alunos é o reconhecimento, por parte dos professores, de seus próprios conceitos equivocados.

A história da ciência pode possibilitar a derrubada destes obstáculos epistemológicos que permeiam a prática docente (MATTHEWS, 1994), bem como facilitar a prática docente no que se refere a seleção de conteúdos essenciais, sua sequência e atividades de ensino, como aula prática, exemplos, perguntas e problemas a serem estudados pelos alunos (BASTOS, 1998).

Sequeira & Leite (1988) argumentam que a HC pode contribuir para que os alunos se sintam mais a vontade para manifestar suas ideias sobre o mundo, como também para discuti-las e avaliá-las facilitando a discussão em sala de aula. Estes autores acreditam que isto facilitaria o diagnóstico do professor que adota uma metodologia de ensino baseada na aprendizagem construtivista.

Outro conceito equivocado que merece destaque é o pensamento adaptacionista, conforme pesquisas (MELLO, 2008; SEPÚLVEDA et.al, 2007); é muito frequente entre alunos e constatado nesta pesquisa entre os professores. Assim, concordamos com Sepúlveda e El-Hani (2008), em que é preciso **investir na transposição didática** de pesquisas mais atualizadas sobre evolução para o

contexto de educação básica, em especial uma visão mais plural sobre os processos e padrões evolutivos.

A pesquisa também aponta para uma preparação dos professores quanto ao **ensino de filogenia**, sendo este importante para a compreensão da ancestralidade, incluindo a do próprio homem. Amorim (2008) afirma que é possível sair desse conflito, pois o desenvolvimento de uma Sistemática Filogenética e de um conjunto de ferramentas conceituais gerou a base para transpor a visão filogenética para o Ensino Básico. Ele relata que quando esse modelo foi desenvolvido e colocado em prática no ensino fundamental e médio gerou uma motivação e compreensão dos conceitos, conforme a opinião emitida por alunos e professores.

Assim, pesquisas realizadas com professores de Biologia são necessárias já que estes apresentam erros conceituais semelhantes aos identificados em pesquisas com estudantes do ensino médio. Nesse sentido, investigar a formação inicial e continuada de professores pode contribuir para solucionar os problemas apontados nesta pesquisa.

Tidon & Lewontin (2004) apresentam propostas para o ensino de evolução biológica, entre elas: **cursos de formação de professores** com o objetivo de incluir a identificação de suas concepções anteriores, a mudanças conceituais necessárias, e a atualização de conhecimentos. Por outro lado, fornecer os instrumentos de ensino para esses professores, em termos de estratégias de ensino, tais como a questão do material didático, da linguagem e do tempo disponível em sala de aula para lidar com a disciplina se faz necessário.

Em conformidade com o que foi proposto por Tidon & Lewontin (2004) é de nosso interesse ampliar nossas pesquisas e propor por meio de um curso de formação continuada tentativas de solucionar as dificuldades existentes nesse ensino. Como estratégia de ensino confeccionamos um jogo didático sobre seleção natural (anexo 1) que poderá servir como ferramenta didática para os professores em sala de aula. O jogo didático pode auxiliar o trabalho pedagógico em diferentes níveis de ensino e nas diversas áreas de conhecimento, bem como a compreensão de determinados conhecimentos científicos (MIRANDA, 2001).

Sendo assim, questões como histórica da ciência para explicar o dinamismo da ciência, ensino de filogenia podem ser eixos de investigação que vem contribuir para a formação inicial e continuada de professores de Biologia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. V.; FALCÃO, J. T. da 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.

AMORIM, D. de S. Paradigmas pré-evolucionistas, espécies ancestrais e o ensino de Zoologia e Botânica. **Ciência&Ambiente**, n.36, p.5-10, 2008.

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**, Maryland, USA, v.39, n.10, 952-978, 2002.

ANDERSON, R. D. Teaching the theory of evolution in social, intellectual and pedagogical context. **Science Education**, Georgetown, USA, v.91, n.4, p. 664-677, 2007.

BACHELARD, G. **A Filosofia do Não**. In: Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, p. 01-87, 1984.

BASTOS, F. Construtivismo e ensino de ciências. In: NARDI, R (org.). **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998. P9-25. (Educação para a ciência

BASTOS, F. O ensino de conteúdos de História e Filosofia da Ciência. **Revista Ciência & Educação**, v.5,n.1.p.55-72, 1998.

BASTOS, F.; NARDI, R.; DINIZ, R. E. S. Objeções em relação a propostas construtivistas para a educação em ciências: possíveis implicações para a constituição de referenciais teóricos norteadores da pesquisa e do ensino. In: MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; COSTA, S. C. (Orgs.). **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 3, 2001, Atibaia. *Atas...* Porto Alegre: [s.n.], 2001. 1CD.

BRASIL. **Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: 1997. 40p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: 1999. 364p

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**- Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2006.

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

BIZZO, N. **Ciência: fácil ou difícil?**. 2 ed. São Paulo: Ática. 2000. (Série palavra de professor)144p.

BIZZO, N., ALMEIDA, A. V.; FALCÃO, J. T. R. A compreensão de estudantes dos modelos de evolução biológica: duas aproximações. In: MORTIMER, E. F. (org.), 2007. **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis: Abrapec, 2008.

BIZZO, N. M. V. From Down House Landlord to Brazilian High School Student: What Has Happened to Evolutionary Knowledge on the way? **Journal of Research in Science Teaching**, Maryland, USA, v.31, p. 537-556, 1994.

BOER, N. A água nos conteúdos escolares: saberes e possibilidades de ensino. In: RIGUES, A.A (orgs.) **Água e Educação**: princípios e estratégias de uso e conservação. Santa Maria: Centro Universitário, p.239-267, 2009.

BOER, N.; PIGATTO, A. S.; OLEQUES, L. Menina bonita do laço de fita: concepções de estudantes do curso de Pedagogia sobre hereditariedade e ambiente. In: **III Encontro Nacional de Ensino de Biologia, IV Encontro Regional de Ensino de Biologia da Regional 05 (nordeste) e V Congresso iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales 2010**. Fortaleza. Anais ... Fortaleza (no prelo).

BRUMBY, M. N. Misconceptions about the concept of natural- selection by medical biology students. **Science Education**, v.68, n.4, p.493-503, 1984.

CAMPANARIO, J. M.; MOYA, A. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 179 -182, 1999.

CARNEIRO, A. P. N. **A Evolução Biológica aos olhos de professores não licenciados**. 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CHAVES, S. N. **Evolução de idéias e idéias de evolução**: a evolução dos seres vivos na ótica de aluno e professor de Biologia do ensino secundário. 1993. 117f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

COIMBRA, R. L.; SILVA, J. Ensino de evolução biológica e a necessidade de formação continuada. In: MORTIMER, E. F. (org). 6, 2007. Florianópolis. **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte: Abrapec, 2008.

COBERN, W. Point: belief, understanding, and the teaching of evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, Maryland, USA, v. 31, p. 583-590, 1994.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Educação em Ciências e prática docente**: ensino de Ciências- fundamentos e métodos, São Paulo: Cortez. 2002.

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

DONNELLY, L. A.; KAZEMPOUR, M., AMIRSHOKOOHI, A. High Scholl student's Perceptions of evolution instruction: Acceptance and evolution learning experiences. **Research Science Education**, v.39, n.5, p.643-660, 2008.

DRIVER, R. Y. ; OLDHAM, V. Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias. In: PORLÁN, R., GARCIA, J. E., CAÑAL, P. **Constructivismo y enseñanza de las ciencias**, Sevilla: Diada, p 113-134, 1988.

DUIT, R. Conceptual Change Approaches in Science Education *In* SCHONTZ, W.; VOSNIADOU, S.; CARRETERO, M. **New Perspectives on Conceptual Change**. New York: Pergamon, 1999.

GLORIA, P. J. T. Seria a teoria da evolução darwiniana domínio exclusivo dos biólogos? implicações da Evolução Biológica para as ciências humanas. **Revista da Biologia**, v.3, p.1-5, 2009. Disponível em <www.ib.usp.br/revista>. Acesso em: 20 jul. 2010.

GOEDERT, L. **A Formação do Professor de Biologia na UFSC e o Ensino da Evolução Biológica**. 2004. 122f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.

GUIMARÃES, M. A. **Cladogramas e Evolução no ensino de Biologia**. 2005. 233f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência)- Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru. Bauru. 2005.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. 2 ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq. 1992. 646 p

FUTUYMA, D. J. (Org.). **Evolução, Ciência e Sociedade**. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, SP. 2002.46 p. (disponível em: <http://www.sbg.org.br>)

HOKAYEM, H.; BOUJAOUDE, S. College students' perceptions of the theory of evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, Maryland, USA, v. 45, n. 4, p. 395-419, 2008.

KRASILCHIK, M. Caminhos do ensino de ciências no Brasil. **Em Aberto**. Brasília, ano.11, n. 55, Jul/set.1992.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo 2004. 197p.

KUTSCHERA, U.; NIKLAS, K. J. The modern theory of biological evolution: an expanded synthesis. **Review**, p.255–276, 2004

LICATTI, F. **O ensino de Evolução Biológica no nível Médio**: Investigando concepções de professores de Biologia. 2005. 240f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru. Bauru, 2005.

MARTINS, L. A. C. P. Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. **Episteme**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 33-54, 1997.

MATTHEWS, M. R. A role for History and Philosophy of science. **Science Teaching**. London: Routledge, 1994.

MAYR, E. (1904-2005). **O que é Evolução**/Ernst Mayr; tradução e prefácio de Ronaldo Sergio de Biasi e Sérgio Coutinho de Biasi. Rio de Janeiro: Rocco, [2009].

MAYR, E. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica ("What makes biology unique?: Considerations on the autonomy of a scientific discipline")*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 266p. Resenha de: FONSECA, A. T. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. **Varia Historia**. Belo Horizonte, v. 22, n.36: p.574-576, Jul/Dez 2006.

MEGLHIORATTI, F. A. **História da construção do conceito de Evolução Biológica**: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de Biologia. 2004. 272f. Dissertação (mestrado em Educação para a ciência)-faculdade de ciências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Bauru. 2004.

MELLO, A. de C. **Evolução Biológica**: concepções de alunos e reflexões didáticas. 2008.114f. Dissertação (mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

MEYER, D; EL-HANI C. N. *Evolução*. In: EL HANI, C. N, VIDEIRA, A. A. P. **O que é vida?** Para entender a biologia do século XXI. 2ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, p.153-185, 2001.

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: O Sentido da Biologia**. São Paulo: UNESP, 2005.132 p (Paradidáticos; Série Evolução).

MIRANDA, S. No fascínio do jogo, a alegria de aprender. **Ciência Hoje**, v. 28, n. 168, p. 64-66, 2001.

MORAES, R. Mergulhos Discursivos: análise textual qualitativa entendida como processo integrado de aprender, comunicar e interferir em discursos. In. GALIAZZI, M. do C.; FREITAS, J. V. de. (org.). **Metodologias emergentes em educação ambiental**. Ijuí: Unijuí, 2005, 216 p.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.1, p.20-39, 1996. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>> acesso em 10 de novembro de 2009.

MORTIMER. E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000. 383p.

PAZZA, R.; PENTEADO, P. R., KAVALCO, K. F. Misconceptions about evolution in Brazilian freshmen students. **Evolution: Education and Outreach**, v.3, n.1, p.107-113, 2009.

PINTÓ, R., ALIBERAS, J. E GÓMEZ, R. Tres Enfoques de La Investigación sobre Concepciones Alternativas. Investigación y experiencias didácticas. **Enseñanza de las ciencias**, v.14, n.2, p.221-232, 1996.

PIOLLI, A. DIAS, S. Escolas não dão destaque à Evolução Biológica. **Revista ComCiência**. 2004 Disponível em < <http://www.conciencia.com.br>>. Acesso em 15 de dezembro de 2009.

RIDLEY, M. **Evolução**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SANTOS, C. M. D., CALOR, A. R. Using the logical basis phylogenetics as the framework for teaching biology. **Papeis Avulsos de Zoologia**, v.48, n.18, 2008.

SALZANO, F. M. Perspectivas sobre o pensamento evolutivo. **Ciência&Ambiente**, n.36, p.5-10, 2008.

SEPÚLVEDA C., MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C. Construção de um perfil para o conceito de adaptação evolutiva. Atas do **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Científica**. Florianópolis: ABRAPEC. 2007.

SEPÚLVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Adaptacionismo x Exaptacionismo. **Ciência&Ambiente**, n.36, p 93-124; 2008.

SEPÚLVEDA, C. A. S. E.; EL-HANI,C. N. Quando visões de mundo se encontram: religião e Ciência na trajetória de formação de alunos protestantes de uma licenciatura em Ciências Biológicas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.9, n.2, p.137-175, 2004. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em 20/07/2010

SEQUEIRA, M.; LEITE, L. A História da Ciência no Ensino- aprendizagem das ciências. **Revista Portuguesa de Educação**. v.1, n.2, p. 29-40, 1988.

TEODORO, S.R.; NARDI, R. A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. In: NARDI, R (org.). **Educação em Ciências da pesquisa à prática docente**, 1 ed. São Paulo: Escrituras Editora, p.57-68, 2001.

TIDON, R., LEWONTIN, R.C. Teaching evolutionary biology. **Genetics and Molecular Biology**, v.27, n.1, p.124-131, 2004.

TIDON, R.; VIEIRA, E. O ensino da Evolução Biológica: um desafio para o século XXI Evolucionismo **ComCiência**: revista eletrônica de jornalismo científico n.107, 2009. Disponível em < <http://www.conciência.com.br>>. Acesso em 15 de dezembro de 2009

VOSNIADOU, S. Conceptual Change Research: State of the Art and Future Directions. *In*: SCHONTZ, W.; VOSNIADOU, S.; CARRETERO, M. **New Perspectives on Conceptual Change**. New York: Pergamon, p. 3-14, 1999.

ANEXOS

ANEXO 1- Jogo didático desenvolvido para o ensino médio

JOGO DA EVOLUÇÃO

Objetivos didáticos: Este jogo destina-se a estudantes do Ensino Médio e Graduação visando mostrar aos participantes a dinâmica da seleção natural. Também pode ser usado com estudantes do Ensino Fundamental, desde que se retirem algumas cartas relacionadas a conceitos mais complexos, só estudados a partir do Ensino Médio.

Princípio do jogo:

O jogo constitui-se em quatro populações de uma **mesma espécie animal**, as quais devem ser conduzidas de seus habitats originais a um local que oferece excelentes condições de sobrevivência e reprodução. Inicialmente, as quatro populações apresentam 20 indivíduos cada, além das mesmas condições de sobrevivência e reprodução. Entretanto, ao longo da jornada, as populações são submetidas a diferentes condições ambientais (disponibilidade de recursos alimentares e água, doenças, secas, inundações, etc), possibilitando a atuação da seleção natural sobre as características herdáveis (genéticas) que diferenciam os indivíduos entre si, de forma que os mais resistentes a determinadas condições sobrevivam e se reproduzam. As populações poderão ganhar ou perder indivíduos, podendo, até mesmo, se extinguir. A população "vencedora", ou seja, aquela que chegando ao novo local vai ter excelentes condições de sobrevivência e reprodução será calculada da seguinte maneira:

Ordem de chegada + número de sobreviventes (mínimo de 5)

Ordem de chegada:

Primeiro lugar = 20 pontos

Segundo lugar = 10 pontos

Terceiro lugar = 5 pontos

Quarto lugar = 3 pontos

Componentes do jogo:

O jogo consiste de dois dados (um dado normal com os números de 1 a 6 e outro com a cor vermelha de um lado e verde de outro). Consiste também de 100 peões, divididos em quatro populações de 20 indivíduos, além de 20 indivíduos que serão os filhotes (que irão nascer no decorrer do jogo). Consta ainda de um tabuleiro com dois caminhos, um verde e outro vermelho. E, ainda, de um baralho com 25 cartas verdes e 25 cartas vermelhas. As cartas verdes contêm condições

favoráveis à sobrevivência e reprodução dos indivíduos de uma população, enquanto as vermelhas contêm condições desfavoráveis.

Regras:

O jogo comporta quatro jogadores. Um número menor de participantes é possível, mas não é o ideal. Cada jogador recebe uma população de 20 indivíduos, os quais devem ser colocados em um dos círculos no tabuleiro. Um peão irá se mover no tabuleiro, representando toda a população. O baralho deve ficar separado em dois blocos (montes), um com as cartas verdes e outro com as vermelhas, as quais devem ser embaralhadas no início do jogo. Cada jogador joga os dois dados simultaneamente. Um dos dados dará o número de casas a ser percorrida, e o outro, o caminho. Cada vez que o jogador cair em uma das casas marcadas deverá tirar uma carta do baralho verde ou vermelho, de acordo com o caminho que estiver percorrendo, e fazer o que a carta mandar. Ao final do caminho, as populações deverão chegar a um novo local, que oferece ótimas condições de sobrevivência e reprodução. Para atingir este local, deve-se jogar o dado quantas vezes forem necessárias até sair o número exato de casas para atingi-lo. O jogo termina quando a terceira população atingir o final do jogo. Porém, o vencedor será aquele que atingir a maior pontuação. Esta deverá ser calculada somando os pontos adquiridos com a ordem de chegada ao término do jogo ao número de indivíduos da população, desde que a população tenha um mínimo de cinco indivíduos. Populações com menos de 5 indivíduos não pontuam, mas continuam no jogo até o final.

Bibliografia Consultada:

Frankham, R.; Ballou, J.D. & Briscoe, D.A. **Introduction to Conservation Genetics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 617p.

Ridley, M. **Evolução**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 752p.

RECOMENDAÇÕES PARA O PROFESSOR

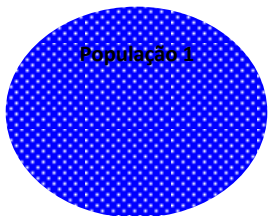
Participação do professor: é fundamental que o professor participe ativamente do jogo, discutindo os conceitos sobre os fatores evolutivos apresentados no tabuleiro. Também é fundamental mostrar aos alunos em quais momentos a seleção natural pode atuar (ou seja, quando um determinado fator ambiental provocar uma resposta em função da variabilidade genética presente na população), assim como os momentos em que a seleção natural não vai atuar (por exemplo, na carta com os dizeres "Está um lindo dia, com sol e temperatura agradável").

O professor precisa enfatizar para os alunos que a seleção natural age somente quando há variabilidade genética em uma população e que sem essa, não há evolução. Também é necessário enfatizar que a seleção natural age em função das condições ambientais num dado momento. Em um certo período, a seleção pode atuar diminuindo a frequência de genótipos que naquele ambiente não estão contribuindo para a sobrevivência e reprodução dos indivíduos que o possuem, mas se as condições ambientais se alterarem, esse mesmo genótipo pode vir a ser selecionado positivamente, aumentando em frequência, se aumentar as chances de sobrevivência de seus portadores.

Jogo da Evolução

Universidade Federal de Santa Maria
PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Laboratório de Diversidade Genética

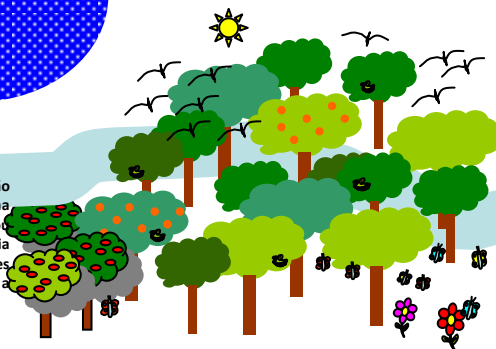
População 1



População 2



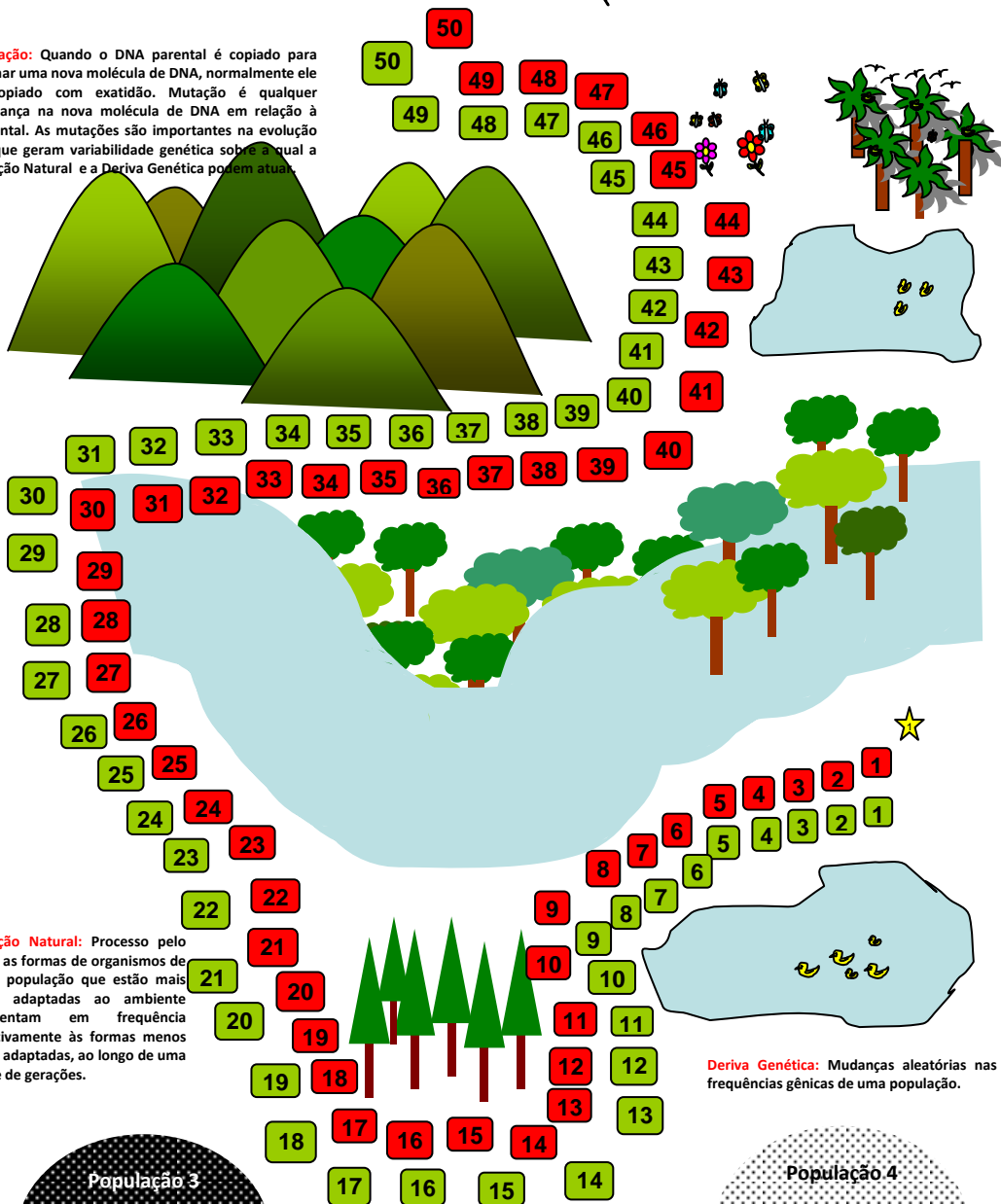
Diversidade Genética: Extensão da variação herdável em uma população, ou espécie, ou grupo de espécies. É necessária para que populações e espécies evoluam em resposta a variações ambientais.



Microevolução: Mudanças evolutivas em pequena escala, como as mudanças de frequências gênicas em uma população.

Macroevolução: evolução em grande escala; o termo refere-se a eventos em nível superior ao de espécie, como por exemplo, o surgimento dos vertebrados.

Mutação: Quando o DNA parental é copiado para formar uma nova molécula de DNA, normalmente ele é copiado com exatidão. Mutação é qualquer mudança na nova molécula de DNA em relação à parental. As mutações são importantes na evolução porque geram variabilidade genética sobre a qual a Seleção Natural e a Deriva Genética podem atuar.



Seleção Natural: Processo pelo qual as formas de organismos de uma população que estão mais bem adaptadas ao ambiente aumentam em frequência relativamente às formas menos bem adaptadas, ao longo de uma série de gerações.

Deriva Genética: Mudanças aleatórias nas frequências gênicas de uma população.

População 3



População 4



Fluxo gênico: Movimentação de genes para uma população, através de intercruzamento ou por migração e

Endocruzamento: Acasalamento entre indivíduos relacionados por descendência, por exemplo, autofecundação, irmão X irmão, etc. Pode levar à **Depressão Endogâmica**, ou seja, redução na sobrevivência e reprodução.



CARTAS

Ocorreu uma seca severa e diminuiu a quantidade de alimento disponível. Você perdeu 20% de sua população.	Sua população encontrou um novo local com grande disponibilidade de alimentos. Nasceram cinco filhotes.
Após uma inundação, você perdeu 5% dos indivíduos de sua população.	Uma doença dizimou uma espécie que competia por alimento, portanto há mais alimento disponível. Avance três casas.
Sua população foi infectada por um novo tipo de vírus. Apenas 50% dos indivíduos resistiram.	Primavera amena, com boa floração. Migraram 5 indivíduos para a sua população.
Os predadores atacaram dois indivíduos de sua população.	Ambiente perfeito para camuflagem, sua população não será predada. Avance duas casas.
Introdução (invasão) de uma espécie exótica, provocando competição por alimento. Morreram três indivíduos de sua população.	Os indivíduos de sua população têm grande habilidade de movimentação, apresentando maior chance de escapar de predadores e, portanto, de sobrevivência. Avance quatro casas.
O rio onde a população ingeria água foi contaminado por agrotóxicos das lavouras próximas e a metade da população morreu.	Dois indivíduos da população na sua diagonal migraram para a sua população.
Há pouco alimento disponível e cinco indivíduos da sua população migraram para a população à esquerda.	A estação reprodutiva foi excelente, nasceram muitos filhotes. Para cada 2 indivíduos (um macho e uma fêmea) nasceu um filhote.
Há pouco alimento disponível e cinco indivíduos da sua população migraram para a população à direita.	Estação do ano com chuvas regulares. Ótimas condições de sobrevivência e reprodução para sua população. Avance cinco casas.
O inverno foi muito rigoroso, dois terços dos indivíduos da sua população morreram.	Sua população resistiu a um inverno rigoroso, avance duas casas.
Sua população foi infectada por endoparasitas e perdeu dois filhotes.	Sua população resistiu a uma seca severa, avance duas casas.
Houve uma mudança brusca de temperatura e 20% dos indivíduos de sua população morreram.	Dois indivíduos desgarraram-se da população na sua diagonal e agora se juntaram a sua população.
Ocorreu uma seca severa e diminuiu a quantidade de alimento disponível. Volte três casas.	Não há predadores por perto, avance três casas.

A área está inundada, volte cinco casas.	O ambiente pelo qual sua população está passando apresenta uma alimentação rica em nutrientes, córregos de água pura e temperatura amena. Não há espécies competidoras ou predadoras. Jogue outra vez.
O inverno está muito rigoroso, a locomoção está difícil, fique uma rodada sem jogar.	A população resistiu bem a uma virose, avance três casas.
Uma bactéria presente na água ingerida de um rio provocou diarreia em vários indivíduos da população, fique uma rodada sem jogar.	A população a sua esquerda está com dificuldades para encontrar alimentos, cinco indivíduos migraram para a sua população.
Predadores estão à espreita, cuidado! Fique uma rodada sem jogar.	A população a sua direita está com dificuldades para encontrar alimentos, cinco indivíduos migraram para a sua população.
A população precisa descansar, fique uma rodada sem jogar.	A população está bem nutrida, jogue outra vez.
A temperatura está muito alta, fique uma rodada sem jogar.	Época de acasalamento avance duas casas.
Alguns filhotes se desgarraram e ficaram para trás, volte cinco casas.	Uma inundação atingiu a população a sua esquerda, chegaram cinco novos migrantes.
Uma doença causada por uma bactéria atingiu todos os indivíduos da população. Volte para o início do jogo.	Sua população passou por um rio de águas limpas e frescas e revigorou-se após uma longa caminhada. Jogue outra vez.
Ocorreu uma grande queimada na área que sua população ocupava, morreram cinco indivíduos.	Sua população sobreviveu a uma mudança brusca de temperatura, avance duas casas.
Sua população precisa atravessar uma montanha para prosseguir, e este percurso demanda tempo. Fique duas rodadas sem jogar.	A lua cheia esta iluminando a noite, sua população pode prosseguir. Avance três casas.
Esta ocorrendo uma grande tempestade, sua população não pode prosseguir, fique uma rodada sem jogar.	Chuva leve refrescou o dia. Avance duas casas.
Floresta muito densa e com espinhos, volte cinco casas para tentar outro caminho.	Está um lindo dia, com sol e temperatura agradável. Jogue novamente.
Sua população precisa atravessar o rio, mas choveu muito e ele esta cheio. Fique uma vez sem jogar.	Sua população passou por um lago com sombra e água fresca, recuperou as energias. Jogue novamente.

<p>Um tipo de doença causada por uma bactéria patogênica infectou a sua população. Todos os indivíduos são geneticamente suscetíveis à infecção e ficaram doentes. Volte para o início do jogo.</p>	<p>A taxa de mutações em geral é baixa, mas uma mutação rara e benéfica ocorreu em um indivíduo da população há várias gerações passadas e foi fixada na geração atual (isto é, todos os indivíduos a possuem). Essa mutação aumenta a resistência dos indivíduos a alguns fungos patogênicos presentes no ambiente em que a população vive. Avance 4 casas.</p>
<p>A sua população se alimentou de uma planta contendo uma substância tóxica. Geralmente, a ingestão dessa planta não tem efeitos maiores, pois a toxina é rapidamente metabolizada por uma enzima. Entretanto, vários indivíduos da sua população são homozigotos para um alelo mutante que codifica uma forma inativa da enzima e, conseqüentemente, são incapazes de metabolizar a toxina, que provoca dor estomacal e diarreia. Volte 5 casas.</p>	<p>A sua população apresenta uma alta variabilidade genética em alguns locos relacionados à resposta imune contra parasitas, de forma que poucos indivíduos ficam doentes por não conseguirem eliminar o parasita. Avance 3 casas.</p>
<p>O rio onde a sua população ingeriu água foi contaminado por certo tipo de agrotóxico utilizado nas lavouras próximas, o qual é metabolizado por 3 tipos de enzimas codificadas por 3 locos cromossômicos diferentes. Metade da sua população morreu, pois era constituída de indivíduos homozigotos para alelos mutantes em um dos locos, e produzia uma forma inativa da enzima, incapaz de metabolizar o agrotóxico. Retire metade dos seus indivíduos.</p>	<p>Há predadores por perto, mas a sua população tem cores que permitem uma ótima camuflagem no ambiente em que se encontram nesse momento.</p>

ANEXO 2- Carta de aprovação pelo CEP

 <p>MINISTÉRIO DA SAÚDE Conselho Nacional de Saúde Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP)</p>	 <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa Comitê de Ética em Pesquisa - CEP- UFSM REGISTRO CONEP: 243</p>
--	---

CARTA DE APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa – UFSM, reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – (CONEP/MS) analisou o protocolo de pesquisa:

Título: Concepções sobre evolução biológica de professores de biologia da rede pública de Santa Maria

Número do processo: 23081.006567/2009-89

CAAE (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética): 0094.0.243.000-09

Pesquisador Responsável: Marlise Ladvocat Bartholomei

Este projeto foi APROVADO em seus aspectos éticos e metodológicos de acordo com as Diretrizes estabelecidas na Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde. Toda e qualquer alteração do Projeto, assim como os eventos adversos graves, deverão ser comunicados imediatamente a este Comitê. O pesquisador deve apresentar ao CEP:

Janeiro/2011 Relatório final

Os membros do CEP-UFSM não participaram do processo de avaliação dos projetos onde constam como pesquisadores.

DATA DA REUNIÃO DE APROVAÇÃO: 14/07/2009

Santa Maria, 21 de julho de 2009.



Edson Nunes de Moraes
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa-UFSM
Registro CONEP N. 243.

ANEXO 3- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

CONCEPÇÕES SOBRE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA DE PROFESSORES DE BIOLOGIA DA REDE PÚBLICA DE ENSINO DE SANTA MARIA, RS

Pesquisador (a): Luciane Carvalho Oleques

e-mail: loleques@gmail.com

Orientador(a): Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos

e-mail: marliselbs@gmail.com

Telefone para contato: (55) 3220 - 8339 ramal 212

Caro colega, você está sendo convidado para participar como voluntário, em uma pesquisa de mestrado do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Antes de concordar em participar é importante que você entenda as informações e instruções contidas neste documento.

Objetivo da pesquisa: Esta pesquisa tem como objetivo levantar as concepções de Evolução Biológica por professores de Biologia do ensino médio da rede pública estadual contribuindo para o entendimento dos problemas que permeiam a abordagem deste tema.

Procedimentos para a execução da pesquisa: A pesquisa é de abordagem qualitativa e os participantes serão professores de biologia do ensino médio das escolas públicas Estaduais de Santa Maria. Para a coleta de dados serão utilizados, um questionário que será aplicado aos professores. Para a análise das informações será utilizada a técnica de Análise Textual fundamentada em Moraes (2005).

Enfatizamos que os dados obtidos com a aplicação dos instrumentos investigativos, serão objetos de tratamento em conjunto, logo, serão desnecessários a identificação do respondente e do nome de sua respectiva instituição.

Tendo em vista as limitações do cronograma de trabalho, solicitamos que a devolução do questionário preenchido não ultrapasse a data estipulada. Para tanto, basta utilizar-se do envelope-resposta anexo.

Os pesquisadores concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente para execução do presente projeto. As informações somente poderão ser divulgadas de forma anônima e serão mantidas no Departamento de Biologia em um armário chaveado, na sala 3131 do prédio 16 A, por um período de 2 anos sob a responsabilidade da Orientadora Prof. Dra. Marlise Ladvoat Bartholomei Santos. Após este período, os dados serão destruídos.

Fui informado (a) ainda:

- Dos **benefícios** do presente estudo, assim como da garantia de receber respostas a qualquer pergunta e esclarecimentos a qualquer dúvida acerca da metodologia, benefícios e outros aspectos relacionados à pesquisa em desenvolvimento. Fui esclarecido que não existem **riscos** previsíveis uma vez que, se trata de responder a um questionário referente à Evolução Biológica. Em caso de **possíveis desconfortos** em relação ao teor das perguntas, poderei recusar em respondê-las. Os **benefícios** esperados possibilitam um melhor entendimento dos problemas que permeiam a abordagem deste tema, contribuindo para uma reflexão da prática pedagógica do professor traçando novos caminhos no processo ensino-aprendizagem compatíveis com o conhecimento científico.

- Do **sigilo** que assegura a privacidade dos dados coletados no questionário e da **liberdade** ou não de participar da pesquisa, tendo assegurado esta liberdade sem quaisquer represálias atuais ou futuras, podendo retirar meu consentimento em qualquer etapa do estudo sem nenhum tipo de penalização ou prejuízo.

- Da **segurança** de que não serei identificado (a), e de que se manterá o caráter confidencial de informações relacionadas à minha privacidade, a proteção de minha imagem e a não estigmatização.

- Da garantia de que as informações **não** serão utilizadas em meu **prejuízo**;

- Da liberdade de acesso aos dados do estudo em qualquer etapa da pesquisa;
- De que não terei nenhum tipo de despesas econômicas, bem como, não receberei nenhuma indenização pela minha participação na pesquisa.

Nestes termos e considerando-me livre e esclarecido (a), consinto em participar da pesquisa proposta, resguardando à autora do projeto, propriedade intelectual das informações geradas e expressando concordância com a divulgação pública dos resultados, sem qualquer identificação dos sujeitos participantes.

O presente documento está em conformidade com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Será assinado em duas vias, de teor igual, ficando uma em poder do participante da pesquisa e outra em poder das pesquisadoras.

EuRG nºCPF nºda escola concordo em participar do estudo. Fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador.

Local e data

Nome e assinatura

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato:

Comitê de Ética em Pesquisa - CEP-UFSM

Av. Roraima, 1000 - Prédio da Reitoria – 7º andar – Campus Universitário – 97105-900 – Santa Maria-RS - tel.: (55) 32209362 - email: comiteeticapesquisa@mail.ufsm.br

ANEXO 4- Termo de Confidencialidade

Título do projeto: **CONCEPÇÕES SOBRE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA DE PROFESSORES DE BIOLOGIA DA REDE PÚBLICA DE ENSINO DE SANTA MARIA, RS**

Pesquisador responsável: Luciane Carvalho Oleques

Instituição/Departamento: UFSM/ Biologia

Telefone para contato: (55) 3220 - 8339 ramal 212

Local da coleta de dados: Escolas Estaduais de Santa Maria

Os pesquisadores do presente projeto se comprometem a preservar a privacidade dos participantes cujos dados serão coletados através de questionário. Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente para execução do presente projeto. As informações somente poderão ser divulgadas de forma anônima e serão mantidas no Departamento de Biologia por um período de 2 anos sob a responsabilidade da Prof. Marlise Ladvocat Bartholomei Santos. Após este período, os dados serão destruídos. Este projeto de pesquisa foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM em/...../....., com o número do CAAE

Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos
RG 20.130.126 SSP/SP

ANEXO 5- Questionário

QUESTIONÁRIO PARA OS PROFESSORES DA REDE ESTADUAL DE ENSINO DE SANTA MARIA

Questões para caracterização geral do grupo

I – Dados Gerais

1) Gênero:

() M () F

2) Idade:

() de 20 a 29 anos

() de 30 a 39 anos

() de 40 a 49 anos

() mais de 50 anos

II- Formação superior

Graduação

3) Curso: _____ () Em curso () Concluído no ano de _____

4) Modalidade:

() Licenciatura curta

() Licenciatura plena

() Bacharelado

5) Instituição: () Pública () Privada

Nome da instituição: _____

Pós- Graduação

6) Nível: () Especialização () Aperfeiçoamento () Mestrado profissionalizante

() Mestrado () Doutorado () Outro _____

7) Área: _____

() Em curso () Concluído no ano de _____

8) Instituição:

() Pública () Privada

Nome da instituição: _____

III- Situação Funcional

9) Tempo de magistério: _____ _ anos

10) Situação Funcional: () Efetivo () Contratado (a)

11) Atuação: (Você pode assinalar mais de uma opção)

() escola pública estadual () escola pública municipal () escola particular

12) Turno (s) em que ministra aulas atualmente, na escola pública estadual: (Você pode assinalar mais de uma opção).

() manhã () tarde () noite

13) Há quanto tempo leciona Biologia na (s) escola (s) onde trabalha atualmente?

14) Disciplina (s) que ministra ou já ministrou aulas: (Você pode assinalar mais de uma opção)

() Ciências () Biologia () Química () Física () Matemática () Outras: _____

IV- Questões específicas sobre as concepções e ensino de Evolução Biológica

1) Como você define Evolução Biológica? _____

2) Situação de ensino 1: (U. Gama Filho-RJ- *adaptada*) Observe a explicação de um paleontólogo para o surgimento de carapaças em tartarugas.

"Tudo começou há 245 milhões de anos com o *Pareiassauro*. Esse lagartão

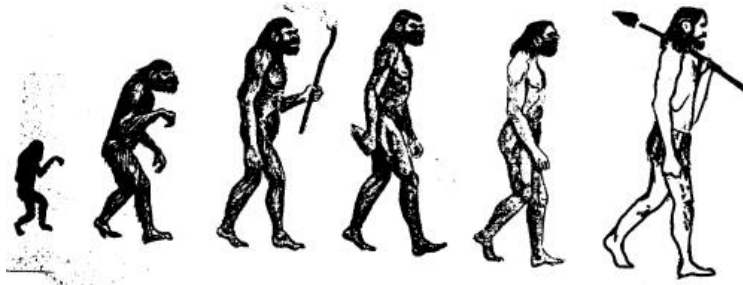
herbívoro tinha uma digestão muito lenta e precisava se entupir de comida. Então desenvolveu a carapaça para se proteger dos predadores enquanto fazia sua demorada digestão."

a) Você acredita que possa haver algo que comprometa o aprendizado de evolução no texto acima?

() sim () não

Justifique: _____

3) Situação de ensino 2: Analise a figura abaixo:



A figura **representa** uma explicação correta da evolução do homem?

() sim () não

Por quê? _____

4) Em relação às afirmações que se seguem, assinale V (verdadeiro) ou F (falso). Coloque um (*) ao lado das afirmativas que você tenha dúvida ou não se lembra mais.

() Conforme Darwin o ser humano é o mais evoluído dos animais.

() O homem veio do macaco.

() a evolução se processa dos seres vivos mais simples para os mais complexos.

() Através da Evolução, as diversas formas de vida foram se aperfeiçoando e melhorando ao longo do tempo.

- () De acordo com Lamarck, a girafa evoluiu de ancestrais de pescoço curto, o qual se desenvolveu gradativamente pelo esforço do animal para alcançar as folhas das árvores mais altas.
- () A Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo procurou integrar os conhecimentos da genética com as ideias de Evolução propostas por Darwin, conciliando em uma única teoria conceitos como a seleção natural, migração, mutação, recombinação gênica e deriva genética
- () A unidade da evolução pode ser tanto um indivíduo quanto uma população, ou seja, pode-se pensar na evolução de um único organismo ou de um conjunto de organismos da mesma espécie.
- () Para se comprovar que a evolução ocorreu e ainda ocorre, recorre-se a algumas evidências, tais como o registro dos fósseis e as homologias anatômicas, fisiológicas e embriológicas.
- () de acordo com Darwin Os antibióticos levam à formação de bactérias resistentes