

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Ciências e Matemática



**EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: uma proposta de construção do conhecimento em
uma turma de ensino médio**

RENATA PORTUGAL OLIVEIRA

Pelotas, 2015

RENATA PORTUGAL OLIVEIRA

**EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: uma proposta de construção do conhecimento em
uma turma de ensino médio**

Produto retirado da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof^a Dr^a Rita de Cássia M. Cossio Rodriguez

Co-orientador: Prof Dr. César Jaeger Drehmer

Pelotas, 2015

Lista de Figuras

Figura 1: O naturalista Jean Piaget	14
Figura 2: O naturalista Charles Darwin.....	18
Figura 3: Rota da Viagem do Beagle.....	19
Figura 4: Ciclo de Investigação-ação.....	21
Figura 5: Quadro-resumo dos conteúdos desenvolvidos na unidade didática	22
Figura 6: aula sobre fósseis e tempo geológico.....	27
Figura 7: aula sobre fósseis e tempo geológico.....	27
Figura 8: jogo sobre seleção natural.....	29
Figura 9: jogo sobre seleção natural.....	30

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A: Instrumento para coleta de ideias prévias

Apêndice B: Instrumento de avaliação escrita final

Apêndice C: Termo de Consentimento livre esclarecido

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Artigo sobre o jogo “ A Seleção Natural em Ação: o caso das joaninhas”

Anexo B: Atividade sobre fósseis

SUMÁRIO

1- Introdução.....	7
2- A construção da pesquisa.....	8
2.1- O problema de pesquisa.....	8
2.2- As questões de pesquisa.....	8
2.3- Justificativa.....	8
2.4- Objetivo Geral.....	9
2.5- Objetivos Específicos.....	9
3 - Referencial Teórico.....	10
3.1- Jean Piaget e a construção do conhecimento.....	11
3.2- A teoria da equilibração.....	11
3.3 - Evolução Biológica e ensino.....	14
3.4 - Charles Darwin.....	16
3.5- Mudança Conceitual.....	19
4- O cenário e os sujeitos da pesquisa.....	20
4.1- Metodologia de Pesquisa.....	20
4.2- Procedimento e instrumentos de coleta de dados.....	21
4.3- Desenvolvimento da unidade didática e relato dos encontros	22
5- Resultados: análises das produções dos alunos.....	30
5.1- Construção da prática pedagógica interacionista.....	30
5.2- Mudança conceitual e evolução biológica.....	32
5.2.1 Noção de evolução como mudança.....	32
5.2.2 Confusão entre os conceitos de adaptação e seleção natural.....	32
5.2.3 Convicção de que os indivíduos SE adaptam ao meio ambiente.....	33
5.2.4 Abstração e dificuldade de compreensão do tempo geológico.....	33
6- Considerações Finais	
Referências	
Apêndices	
Anexos	

1 Introdução

São muitas as dúvidas de um docente ao pensar práticas alternativas e diferenciadas no ensino. Nesse sentido, a troca de experiências entre os professores amplia a visão e a discussão em torno da necessidade constante de se repensar a prática de ensinar. Este texto é o relato de um projeto desenvolvido ao longo de dois anos de um curso de mestrado em uma turma de 1º ano do ensino médio de uma escola pública com o objetivo de trocar, discutir e repensar as metodologias utilizadas para ensinar o conteúdo evolução biológica.

Espera-se que este trabalho possa enriquecer a pesquisa na área do ensino de ciências e sobretudo auxiliar os (as) professores (as) de ciências e biologia com metodologias alternativas e que despertem o interesse do aluno para a temática abordada. Contudo é importante dizer que se trata de uma proposta com o intuito de inspirar novas propostas a partir do compartilhar da experiência em sala de aula incluindo erros e acertos, focando mais no percurso do ensino e da aprendizagem do que no resultado.

A presente pesquisa, intitulada “ O Ensino de Evolução Biológica sob a Perspectiva da Construção do Conhecimento”, objetivou investigar as possibilidades pedagógicas de uma prática que oportunize a construção de conhecimentos sobre a temática “Evolução Biológica” em uma turma de 1º ano do Ensino Médio.

O texto encontra-se dividido em capítulos. O primeiro apresenta uma breve introdução, localizando o leitor no proposto. O segundo capítulo aborda o processo de construção da pesquisa, enfatizando o delineamento do problema e das questões de pesquisa, apresentando ainda, a justificativa e os objetivos do trabalho. O terceiro capítulo descreve o embasamento teórico escolhido. No quarto capítulo são apresentados os aspectos metodológicos são organizados iniciando pela contextualização da pesquisa, abordando o cenário do estudo, bem como os sujeitos pesquisados. Após, faz-se uma breve apresentação do método de pesquisa escolhido, qual seja, a pesquisa-ação. Em seguida descreve-se o procedimento e os instrumentos de coleta de dados e a metodologia de análise de dados. No quinto capítulo são apresentados os resultados da prática pedagógica. No sexto capítulo são colocadas algumas considerações acerca do percurso da pesquisa e suas conclusões.

2 - A construção da pesquisa

2.1. O problema de pesquisa

As trajetórias e as questões postas em seu decorrer levaram-nos a buscar, através da pesquisa-ação, atender a seguinte questão: É possível construir uma prática pedagógica que oportunize a construção dos conhecimentos sobre a temática de Evolução Biológica, em uma turma de 1º. ano do Ensino Médio?

2.2. As questões de pesquisa

Deste questionamento, originaram-se as seguintes questões:

Quais as concepções prévias dos alunos sobre o tema Evolução Biológicas em uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública do município de Pelotas?

Quais as principais dificuldades dos alunos do 1º ano na compreensão do tema Evolução Biológica?

Como viabilizar uma prática pedagógica sobre o tema Evolução Biológica, que privilegie a construção de conhecimentos?

O uso de metodologias diferenciadas de ensino oportunizam a construção do conhecimento e o esclarecimento das dificuldades apresentadas inicialmente pelos alunos?

Quais as principais dificuldades enfrentadas pela professora-pesquisadora para ensinar o tema Evolução Biológica de forma voltada a oportunizar a construção do conhecimento dos alunos, bem como refletir constantemente sobre a sua prática?

2.3. Justificativa

Tradicionalmente, a pesquisa tem sido focada nos aspectos científicos de seu processo, tais como, metodologias, análises, resultados, estruturada considerada complexa quando investigamos o processo pedagógico e o fazer docente. A realidade de sala de aula, a construção de saberes pelos alunos, a partir de seus conhecimentos prévios, culturas e vivências pessoais, assim como os caminhos diferentes tomados por professores em seu ensino, são percursos mutantes e de difícil enquadramento em uma estrutura pré-estabelecida.

De outra parte, a reflexão sobre o processo pedagógico e o fazer docente, urgentes e necessários, podem e devem ser foco de investigação e considerados como produções científicas válidas para o mundo acadêmico. Assim, considera-se que investigar a construção do conhecimento, tendo como foco o acompanhamento dos processos de ensino e aprendizagem individuais e coletivos, é de suma importância para que o professor, também pesquisador, possa refletir e reorganizar a sua prática constantemente.

No que diz respeito ao ensino de evolução biológica no atual contexto do ensino de biologia, esta temática organiza e centraliza todo o conhecimento biológico. Ainda assim, para Gould (1997), o conceito de evolução biológica é o mais importante e também o mais mal compreendido. Desta incompreensão, resta uma biologia ensinada de forma fragmentada, descontextualizada onde os alunos não conseguem visualizar a evolução das formas de vida no tempo e no espaço. Baseado nestas questões, julga-se que a investigação aqui proposta possa levantar dados importantes, relevantes e principalmente úteis, especialmente aos professores de biologia.

2.4 - Objetivo Geral

Diante das colocações feitas o objetivo geral desta pesquisa assim se define: investigar o ensino e a aprendizagem do tema evolução biológica, em uma perspectiva de construção do conhecimento em uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública no município de Pelotas-RS.

2.5 - Objetivos Específicos

Partindo do objetivo geral, constituem-se em objetivos específicos desta pesquisa:

- Coletar as concepções prévias dos alunos sobre evolução biológica;
- Discutir junto aos alunos o conceito de evolução biológica e suas implicações na ciência moderna;
- Oportunizar a construção de conceitos sobre evolução biológica, priorizando o resgate histórico do pensamento evolutivo;

- Possibilitar informações sobre a história de vida de Charles Darwin enfatizando sua Viagem a bordo do H.M.S Beagle e suas descobertas, através de atividades que auxiliem na construção de conceitos e compreensão de como um pesquisador realiza suas investigações;
- viabilizar uma prática pedagógica sobre o tema Evolução Biológica, que privilegie a construção de conhecimentos;
- Acompanhar o aprendizado dos alunos de acordo com o modelo de mudança conceitual;
- Avaliar se as metodologias utilizadas na unidade didática se constituem em recursos apropriados ao ensino da evolução biológica numa perspectiva epistemológica construtivista;
- Registrar o percurso e principais dificuldades enfrentadas pela professora-pesquisadora para ensinar o tema Evolução Biológica de forma voltada a oportunizar a construção do conhecimento dos alunos, bem como refletir constantemente sobre a sua prática.

3 - Referencial Teórico

Este capítulo aborda os principais autores que sustentam o referencial teórico do estudo. Apresenta-se uma descrição sobre Jean Piaget e a construção do conhecimento. Após, uma breve discussão acerca do histórico do ensino de biologia no Brasil seguindo com colocações a respeito da evolução biológica como eixo norteador do ensino de biologia. Segue um breve resumo sobre a vida e obra de Charles Darwin, naturalista britânico escolhido para ser o foco da unidade didática, com destaque para a viagem que realizou a bordo do H.M.S Beagle e suas descobertas sobre a evolução. Por fim explica-se o que é o modelo de Mudança Conceitual e qual a sua relação com o interacionismo.

3.1- Jean Piaget e a Construção do Conhecimento

Jean Piaget nasceu em 9 de agosto de 1896, na cidade de Neuchâtel na Suíça. Filho de Arthur Piaget, professor de literatura e de Rebeca-Suzanne, psicóloga, recebeu educação voltada para o âmbito intelectual desde menino. Naturalista de formação, sua maior inquietação durante a trajetória profissional foi a de descobrir como o ser humano adquire o conhecimento, como este se apropria do saber. Sua busca por respostas o levou a pesquisar diversas áreas do conhecimento como a biologia evolutiva, a filosofia e a psicologia social.

A grande produção bibliográfica de Piaget contribuiu para diversas áreas do conhecimento como a biologia, a psicologia, a neurociência, a pedagogia e inclusive a matemática, mais especificamente no campo da álgebra. Mais tardiamente sua teoria construtivista do conhecimento alcançaria os professores, estudiosos da educação e do papel da escola para com a sociedade como consistência científica de uma necessidade: a quebra do paradigma de uma escola tecnicista, que formava indivíduos aptos a cumprir tarefas e deficientes em criar soluções e adaptar-se a diferentes situações.

3.2 A teoria da equilíbrio

Ainda que os termos 'construtivismo' e 'construção do conhecimento' sejam amplamente conhecidos, discutidos e estudados no meio educacional, o seu entendimento enfrenta obstáculos e interpretações diversas. Uma das principais dificuldades que os professores enfrentam, é conseguir relacionar os pressupostos teóricos com a sua aplicação prática em sala de aula.

Para Piaget, o desenvolvimento do sujeito é resultado da interação com o meio, não esquecendo de sua raiz genética. Construir conhecimento e desenvolver a inteligência estão na base do ser humano, assim como a utilização da linguagem. Somos geneticamente organizados para aprender, interagir e desenvolver.

Piaget considera que o conhecimento não é pré-formado no indivíduo, nem produto de imposições do meio, mas resultado das interações que o sujeito irá estabelecer.

Para o autor, em "O nascimento da inteligência na criança"(1970, pág. 15)

A inteligência é uma adaptação. Para apreendermos as suas relações com a vida em geral, é preciso, pois, definir que relações existem entre organismo e meio ambiente. Com efeito, a vida é uma criação contínua de formas cada vez mais complexas entre essas formas e o meio.

A cognição, um dos objetos no qual Piaget focou seu estudo é a parte funcional do cérebro responsável pela aprendizagem humana. Entre as funções cognitivas estão a memória e o raciocínio auxiliados por nosso sistema sensorial. O sistema cognitivo possui mecanismos autorreguladores que fazem parte do nosso repertório de sobrevivência e adaptação ao meio (LAJONQUIÈRE, 1993). Para Piaget, nos primeiros meses de vida, sobrevivemos através de atividades e reflexos inatos. Superada esta fase, seguimos sendo desafiados por processos de adaptação e complexidade (KESSEIRING,1993). Tais processos são diferentes em cada indivíduo porque o meio passa a ser um elemento de grande influência desde o nascimento tanto no aspecto orgânico quanto no aspecto mental (PIAGET & INHELDER, 1990) dependendo da sua estrutura cognitiva e da situação em questão. O desenvolvimento do pensamento é um processo contínuo de adaptação do organismo ao meio, composto pelas fases de assimilação, acomodação e equilibração (KESSEIRING,1993).

Quando o sujeito sofre um conflito cognitivo ou desequilíbrio no seu pensamento sobre determinado conhecimento, este sujeito busca informações que possam sanar as suas dúvidas. A etapa da assimilação tem a função de integrar um conhecimento novo ao sistema próprio do indivíduo ao qual Piaget chamou de estrutura de aprendizagem. Neste momento, as respostas que o sujeito tem não são suficientes para explicar a suas dúvidas sobre o novo conhecimento. Ele busca então por recursos internos (ligar a nova informação ao conhecimento que já possui) e externos (novas informações que possam estabelecer esta ligação). Subsequente, a fase de acomodação é a modificação da estrutura do sujeito. É nesta fase que está a origem do processo de aprendizagem e uma vez modificada a estrutura, ocorreu a construção daquele conhecimento.

A relação entre a assimilação e a acomodação é um processo de busca por equilíbrio em um ciclo que torna o saber do indivíduo cada vez mais complexo, conforme explica (PIAGET, 1973), *“Uma primeira relação possível entre a assimilação e a acomodação é a procura de um equilíbrio entre as duas. Falamos, neste caso, de adaptação e são as formas superiores dessa adaptação que vêm a dar na atividade inteligente. (p. 348)”*.

Portanto fica claro, adaptação é sinônimo de inteligência para Piaget e esta adaptação ocorre em um ciclo contínuo de desequilíbrio/equilíbrio intelectual.

Subjetivamente é possível extrair do conceito de adaptação que a inteligência não possui um padrão composto por habilidades pré-definidas para que o indivíduo possa ser considerado inteligente. De acordo com as experiências pessoais que este indivíduo passar ele terá as condições físicas, psicológicas e sociais para resolver desafios, tomar decisões e por fim, de acordo com o construtivismo, tomar consciência daquilo que aprendeu e que sabe fazer.

A tomada de consciência é o termo utilizado por Piaget para a manifestação seja através de pensamento, discurso ou atitude acerca do que aprendeu. Este processo pode ser individual ou realizado coletivamente e na escola pode ser aproveitado para formalizar o conhecimento, por exemplo, construindo alguns conceitos com a turma toda.

Para (RUSSELL,2002.p.141), a essência da teoria piagetiana é a modificação à vontade da percepção do mundo, a modificação do ponto de vista que interfere na aprendizagem do sujeito.

Os módulos especificados de modo inato são as nossas estruturas e esquemas mentais inerentes à cognição. No entanto, o processo de aprendizagem não ocorre somente na cognição. A capacidade de transformar à vontade as entradas perceptivas é um processo neurológico, mas o ambiente dá o leque das possibilidades de transformação. A leitura em Piaget é óbvia ou não dependendo da atenção perceptiva de quem o lê. O autor deixa claro que o ambiente e as experiências pessoais de cada sujeito “forçarão” a sua cognição a adaptar-se em atividade inteligente. No entanto, Piaget é biólogo e sua linguagem aproximada da gênese e das estruturas cognitivas do pensamento afasta os leitores que formaram seu ponto de vista de que o sujeito é produto exclusivamente do meio social. Nesta pesquisa corrobora-se a ideia principal trazida em Piaget: só se constrói conhecimento em interação constante com o objeto de estudo, com o mundo e com os outros sujeitos. Aprender é, portanto, um processo multifacetado que envolve nossos sistemas biológicos sensório-motor e cognitivo em interação com os processos sociais e culturais.



Fig 1: Jean Piaget

Fonte: <http://www.faculdadeprojecao.edu.br>

3.3 – Evolução Biológica e ensino

A biologia é a ciência que estuda o complexo mecanismo da vida, um dos temas que move a curiosidade humana em sua busca por respostas. Algumas questões desde sempre motivam o homem a pesquisar, como por exemplo o parentesco entre os seres vivos e o entendimento de processos complexos do corpo humano bem como as interações dos seres vivos com o meio físico. Essas e outras questões estão constantemente presentes em discussões no campo científico no qual diversos autores como Mayr, Gould e Futuyama concordam que o estudo e a compreensão da evolução biológica se fazem extremamente necessários. (GOEDERT, 2004) afirma que é provável que a Evolução Biológica responda nossas principais curiosidades sobre a vida, precisamente aquelas relacionadas à sua diversidade (p. 45).

Segundo (OLIVEIRA, 2009.p.26),

A teoria evolutiva é uma estrutura útil e frequentemente essencial dentro do que os cientistas organizam e interpretam sobre o mundo vivo. Por exemplo, se o pesquisador não entender de seleção natural, não entenderá a base de processos como a resistência de insetos aos pesticidas, a resistência de bactérias a antibióticos, ou o processo e o desenvolvimento de doenças como a AIDS.

Apesar de o autor utilizar o termo pesquisador, não é apenas o profissional dedicado a carreira científica que se beneficia com o entendimento sobre a evolução dos seres vivos. Como o próprio comenta, temas relacionados com nosso dia-a-dia como os direcionados à saúde, por exemplo, são explicados de forma mais completa com o auxílio da evolução. Um bom exemplo são as reações do nosso sistema

imunológico para combater as doenças. É uma batalha onde as adaptações de sobrevivência são a peça-chave inclusive para que os pesquisadores possam criar medicamentos e vacinas. Na escola, há outros temas para os quais a evolução contribui muito. Um deles é a alimentação. Ao aprender que cada alimento tem seu papel em fornecer nutrientes que garantam o funcionamento adequado do sistema imunológico, percebemos que além de criar tratamentos, é possível uma medicina que esteja preocupada também na prevenção, contribuindo assim, para uma melhor qualidade de vida.

Nesse sentido, destaca-se a importância de um ensino de biologia onde todas as áreas estejam permeadas pelo eixo principal que lhe dá sentido: a evolução da vida (CARNEIRO, 2004). Ao ser passada de forma transmissiva aos alunos sem uma organização, a biologia se resume a um ensino de nomes científicos, características morfológicas e moléculas além de outras estruturas que por si só não explicam corretamente um conteúdo.

Procurando compreender os diferentes significados que alunos de ensino médio atribuem a termos relacionados a teoria da evolução, (BIZZO, 1991) em sua pesquisa constatou que a evolução dos seres vivos é entendida como progresso e modificação. O autor também destaca que os entrevistados têm a opinião de que evoluem os animais que tem utilidade ao homem, revelando um ponto de vista antropocêntrico.

O homem no topo da evolução como o “mais evoluído” dos seres vivos, é uma ideia presente no senso comum da sociedade. Tal afirmação dificulta o entendimento de que a evolução não é necessariamente, progresso, sucessão ou melhora. Como afirma (GOULD,1997) a não mudança é uma estratégia adaptativa igualmente bem sucedida à primeira. O exemplo mais notável são as bactérias que pouco modificaram sua estrutura morfológica simples, mas seguem se reproduzindo de forma eficiente.

Como se pode perceber, são muitos os equívocos apresentados no ensino da biologia em sua visão evolutiva, dada a complexidade do tema e os obstáculos que ele traz consigo como a noção de tempo geológico e de abstração, já que a seleção natural é de difícil observação. (CARNEIRO, 2004) defende que, assim como outros temas, a evolução biológica necessita de estratégia de ensino que contemple tanto o conhecimento científico quanto o histórico para seu entendimento,

fato que levou a escolher a história de Charles Darwin como ponto referencial da unidade didática. Embora diversos autores tratem da evolução com riqueza de argumentos e a considerem eixo unificador da biologia (MAYR, 2008; FUTUYMA, 1992; CARNEIRO, 2004; GOEDERT, 2004), foi Darwin quem vivenciou a sua descoberta e a revelou para o mundo, portanto saber sobre a sua história de vida também é essencial para compreender os dados e os argumentos que ele uniu sob as suas observações, especialmente durante a viagem do Beagle e os anos que se seguiram à sua volta para a Inglaterra.

3.4 – Charles Darwin

Charles Robert Darwin¹, naturalista inglês, nasceu em 12 de fevereiro de 1809 na cidade de Shrewsbury, Inglaterra. Seu pai, Robert Darwin, era médico, e sua mãe, Susannah Wedgood era uma mulher muito religiosa e faleceu quando Darwin tinha apenas oito anos de idade. O avô de Charles, Erasmus Darwin era poeta e interessava-se pelos estudos da filosofia e da natureza. Ainda jovem, aos dezesseis anos, Darwin deixou sua cidade e família para estudar medicina na Universidade de Edimburgo. Este era o grande desejo de seu pai, porém as aulas práticas de cirurgia na qual utilizava-se apenas sedativos temporários, pois a anestesia ainda era desconhecida, fizeram com que Darwin tomasse a decisão de deixar a medicina, o que causou grande inquietação em seu pai. Darwin então segue para a Universidade de Cambridge, com o objetivo (imposto por seu pai) de tornar-se clérigo da Igreja Anglicana. A vida religiosa também não estava nos planos do jovem inglês, porém a convivência acadêmica se fez muito útil, pois foi no ambiente da universidade que Darwin conheceu colegas que assim como ele, se interessavam pelo estudo das ciências naturais. Ao ler a obra do geólogo Charles Lyell “Princípios de Geologia”, sua curiosidade aumenta ao passo que ele recebe um convite para tornar-se membro de uma expedição científica a bordo do navio H.M.S Beagle, para fazer companhia ao capitão Fitzroy, comandante da expedição. No dia 27 de dezembro de 1831, Darwin inicia sua viagem, a bordo do navio H.M.S

¹ As informações deste capítulo foram retiradas das seguintes obras:
DARWIN, C. Esboço autobiográfico In: Origem das Espécies;
DESMOND, A & MOORE, J. DARWIN. A vida de um evolucionista atormentado;
KEYNES, R. Aventuras e Descobertas de Darwin a bordo do Beagle.

Beagle, no qual durante quase cinco anos visitou diversos lugares mundo afora passando por todos os continentes entre eles, ilhas da costa da América do sul.

Em seu Diário de Bordo, cujos relatos foram publicados posteriormente em um livro de mesmo título Darwin escreveu:

“A viagem do Beagle, não resta dúvida, foi o acontecimento mais importante de minha vida, pois decidiu todo o meu desenvolvimento ulterior. Devo-lhe a própria educação do meu caráter, sua efetiva formação, uma vez que, tendo de dividir minha atenção pelos diversos ramos da História Natural, isso me obrigou a desenvolver minhas faculdades de observação”. Esboço autobiográfico, 1881.

Darwin reuniu exemplares de plantas e animais oriundos de todos os locais por onde passou. Este material era enviado pelo naturalista a colegas pesquisadores em seu país com os quais também trocava cartas dividindo suas dúvidas e aflições. Ao regressar à Inglaterra, Darwin passou a analisar e anotar seus achados durante a viagem além de confrontar o que observou e coletou com obras de outros autores numa tentativa de reunir, compreender e sistematizar seus dados principalmente sobre a variação das espécies, ponto que o intrigava em especial.

Os fósseis que encontrou e as camadas geológicas que avistou na América do Sul, foram seu ponto de partida para explicar seres que tinham habitado a Terra milhares de anos atrás. Como surgiram e desapareceram? Por que se diferenciavam em outras espécies ou se modificavam com o passar dos tempos? Dúvidas importantes foram esclarecidas ao ler "Ensaio sobre a População", de autoria do economista americano Thomas Malthus.

A ligação foi simples: os indivíduos se reproduzem ao ponto de gerar mais descendentes do que o volume de recursos que a natureza produz, logo, necessitam travar uma competição. Alguns indivíduos estão mais aptos para vencer esta competição por recursos naturais. Alguns são mais fortes no confronto físico para ficar com as fêmeas ou para disputar alimento, outros tem a capacidade de se camuflar e assim fugir de predadores, outros ainda adaptam-se mais facilmente a mudanças climáticas. Não há um padrão estabelecido, está mais adaptado aquele que consegue se reproduzir com sucesso (e passar seus genes à próxima geração) dentro das condições e circunstâncias na qual sua espécie vive. Fatores como alimentação, ocupação de nicho ecológico e clima são exemplos de obstáculos que os seres vivos enfrentam para conseguir gerar seus descendentes e assim, transmitir a estes as suas características adaptativas. Ao longo de várias gerações,

algumas características são selecionadas positivamente ao passo que pequenas variações podem aparecer também. Ao longo de várias gerações estas diferenciações podem gerar novas espécies. A este processo Darwin chamou de Seleção Natural.

Durante os vinte anos que seguiram a volta de Darwin a Inglaterra, o naturalista dedicou-se a realizar experimentos, (dentre eles criações de pombos que utilizou para explicar a seleção artificial) além de conversar com outros naturalistas enquanto escrevia o livro que posteriormente seria considerado a maior obra de sua vida e uma das mais importantes para a ciência. A Origem das Espécies foi publicado em 1859, após Darwin ser pressionado pelo fato de que o também naturalista Alfred Russel Wallace chegara as mesmas conclusões de Darwin, com a diferença de que Wallace, entre outros pontos, negava que o homem também seria produto do processo evolutivo. Mantendo sua convicção de que a espécie humana é igualmente aparentada dos demais seres vivos, Darwin ficou com os maiores créditos e também com as maiores críticas e comentários controversos, especialmente por conta dos mais religiosos.

Em seu livro, Darwin expõe e argumenta suas ideias acerca das variações entre os indivíduos de uma mesma espécie, defende que todos os seres vivos que habitam a Terra hoje descendem de formas mais primitivas – processo que remete ao termo Evolução, mas que o autor se refere durante todo o livro como “Descendência com Modificação” e que este processo acontece por meio da Seleção Natural.

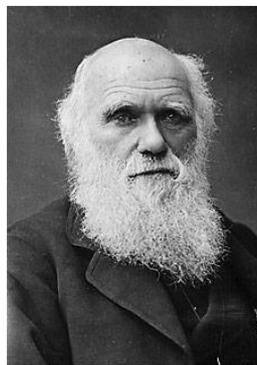


Fig 2: O naturalista Charles Darwin
Fonte: <http://www.livescience.com/>



Fig 3: Rota da Viagem do Beagle
 Fonte: <http://chc.cienciahoje.uol.com.br/>

3.5 Mudança Conceitual

O Modelo de Mudança Conceitual foi teorizado por Posner e colaboradores no final da década de 70 contrariando o modelo positivista de conceitos científicos (ARRUDA & VILLANI, 1994; AGUIAR, 2001). Por forte influência do construtivismo a pesquisa em educação em ciências passou a estudar a importância das concepções prévias dos alunos e seus conhecimentos de senso comum chegando a conclusão de que os processos de aprendizagem de conceitos científicos passariam por processos de “mudanças conceituais” (AGUIAR, 2001). Segundo (SANTOS, 2002) o pensamento pode sofrer mudança significativa em seus conceitos quando um novo conceito for considerado mais inteligível, plausível e fértil do que outro.

Quando o sujeito tem um conhecimento prévio acerca de determinado tema, porém não tem explicações suficientes sobre o mesmo este sujeito irá buscar informações que possam auxiliar no seu entendimento (SANTOS, 2002).

A mudança conceitual passa pela intervenção pedagógica na escola que visa oportunizar ao aluno buscar novas respostas tornando seu conhecimento mais amplo e complexo. A mudança conceitual não ocorre de forma fechada a um conceito e não necessariamente ocorre de forma individual. O aprendizado em grupo também auxilia na discussão e interpretação de olhares e pontos de vista diferentes ampliando a visão e a complexidade do aluno acerca do tema trabalhado.

Estabelecendo as conexões necessárias entre a teoria piagetiana da equilíbrio e a teoria da mudança conceitual, pautando a necessidade de criar

novas metodologias e estratégias para o ensino de biologia, mais especificamente dos conceitos de evolução, organizou-se a prática pedagógica e a unidade didática objetos desta investigação.

4 - O cenário e os sujeitos da pesquisa

A turma que integrou a pesquisa é do 1º (primeiro) ano do Ensino Médio do turno da manhã de uma escola pública estadual do município de Pelotas, RS. A turma conta oficialmente com 31 (trinta e um) alunos matriculados, porém em torno de 25 (vinte e cinco) frequentam as aulas. Por se tratar de uma pesquisa e todos os alunos envolvidos serem menores de idade, os responsáveis pelos alunos, a professora titular da turma e a diretora assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme o modelo no apêndice E.

4.1 - Metodologia de Pesquisa

A metodologia de pesquisa escolhida para dar conta desta pesquisa foi a Pesquisa-ação, caracterizada por (ESTEBAN, 2010) como um método voltado para a prática educacional, cuja finalidade essencial não é o acúmulo de conhecimentos sobre o ensino ou sobre a sua realidade, mas com o principal objetivo de melhorar a prática do professor-pesquisador.

Neste sentido, pode-se destacar a importância de pesquisas com a referida metodologia no espaço escolar, já que investigar as relações de ensino e aprendizagem constitui-se em uma difícil tarefa porque exige abordagens múltiplas, considerando a aprendizagem individual e coletiva dos sujeitos, sem esquecer que estes sujeitos se relacionam entre si e com seu ambiente e sua cultura. Há ainda a figura do professor-pesquisador que está imerso no processo e é também sujeito da construção de sua atuação em sala de aula. A pesquisa-ação é uma metodologia interessante para trabalhos cujo foco é a melhoria do ensino porque não padroniza ações ou engessa planejamentos. Há rigor e sistematização no seu uso, porém o pesquisador pode ajustar seu percurso de investigação sem deixar de vivenciar sua prática ou tabular e analisar seus resultados. É possível observar em síntese o método da Pesquisa-ação no esquema abaixo proposto por (TRIPP, 2005):

Ciclo de investigação-ação

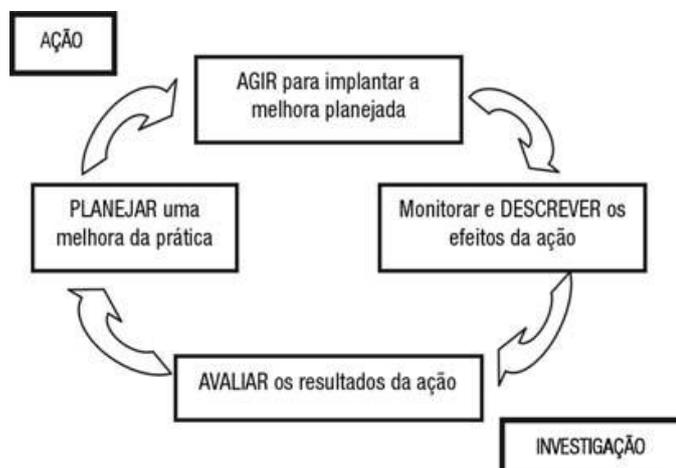


Fig 4: Ciclo de Investigação-ação.

Fonte: Retirado de Tripp (2005).

ESTEBAN (2010) define o processo de pesquisa-ação em um modelo de “espiral de ciclos” cujas principais características são o caráter cíclico, a flexibilidade e a interatividade em todas as etapas que o constituem.

A escolha da pesquisa-ação para este trabalho, justifica-se pelo fato de que se encaixa adequadamente na proposta de construção do conhecimento que é uma proposta de ensino inacabada, ou seja, sem ações estanques. Há um planejamento prévio, porém os resultados de uma ação ou estratégia metodológica fornecem subsídios para o planejamento das próximas.

4.2 - Procedimento e instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de registro do desenvolvimento de uma unidade didática, através de instrumentos propostos para este fim. Foram utilizados como instrumentos para o registro da coleta dos dados: questionário aberto (apêndice A) , o qual foi utilizado para coletar as concepções prévias dos alunos sobre “evolução biológica”, diário de campo, o qual foi distribuído um por aluno e onde estes foram orientados a anotar o que aprenderam em cada aula, bem

como suas impressões pessoais sobre as atividades, citando pontos positivos e negativos e sugestões para as próximas aulas. No entanto, no decorrer do trabalho a professora percebeu uma dificuldade por parte dos alunos em anotar de forma mais ampla o que aprenderam, de modo que o diário foi substituído por outras atividades individuais e coletivas. A professora também anotou suas impressões sobre as aulas e sobre o desenvolvimento das atividades e a participação dos alunos. Os materiais desenvolvidos pelos alunos nas atividades propostas foram o foco principal da análise de dados, descrita no item a seguir. O percurso de construção do planejamento da unidade didática e a sua aplicação são comentados em um item a parte dos resultados empíricos com o objetivo de auxiliar os professores de biologia tanto em seus planejamentos quanto a reflexão e análise da própria prática.

4.3 Desenvolvimento da unidade didática e relato dos encontros

Nesta seção estão descritos o desenvolvimento da unidade didática aula a aula, os conteúdos envolvidos, os recursos escolhidos, as dificuldades encontradas pela professora pesquisadora e pelos alunos, bem como as impressões da experiência de acompanhamento de aprendizagem dos alunos.

Descrição da atividade proposta e conteúdos envolvidos
<p>1° Encontro: breve discussão acerca do que é a Evolução?</p> <p>Apresentação da professora e da unidade didática aos alunos e coleta de concepções prévias sobre Evolução Biológica por meio de questionário aberto.</p>
<p>2° Encontro: coleta de concepções prévias sobre adaptação e seleção natural por meio de questionário com questões-problema para resolver.</p>
<p>3° Encontro: história e origem do pensamento evolutivo</p> <p>Aula expositiva e dialogada abordando os seguintes tópicos: Antiguidade e a necessidade de classificar os seres vivos; principal dificuldade da época: qual a idade da Terra? Lamarck: uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos;</p>
<p>4° Encontro: apresentação e discussão do Vídeo “ Nós os seres vivos. Uma breve história sobre a evolução”.</p> <p>Atividade: os alunos serão solicitados a fazer um texto no diário de bordo comentando o que entenderam sobre o vídeo.</p>

<p>5° Encontro: biografia de Darwin. Exibição do filme “O Desafio de Darwin” contando a história de Darwin; a infância, a família, a adolescência, as universidades, as principais leituras e influências e a viagem do Beagle.</p>
<p>6° Encontro: Conversa sobre o filme. O objetivo é comentar com os alunos em uma conversa os principais trechos do filme que lhes chamaram atenção, bem como esclarecer algumas dúvidas com anotações de esquemas no quadro.</p>
<p>7° Encontro: construção coletiva de conceitos sobre evolução. A turma junto com a professora construirá os seus conceitos sobre: evolução dos seres vivos, adaptação, seleção natural, descendência com modificação e espécie.</p>
<p>8° Encontro: fósseis, as evidências da evolução. Aula com slides explicando o que são fósseis e qual a sua importância no estudo da evolução dos seres vivos. Após, atividade sobre a interpretação de um registro fóssil.</p>
<p>9° Encontro: jogo seleção natural - o caso das joaninhas. Jogo retirado do <i>site</i> da Secretaria de Educação do Estado do Paraná. Tem por objetivo a visualização de como ocorre o processo de seleção natural.</p>
<p>10° Encontro: Avaliação final. Aplicação de instrumento escrito individual para avaliar a aprendizagem dos alunos após as atividades da unidade didática</p>

Fig 6: Quadro-resumo dos conteúdos desenvolvidos na unidade didática.

Fonte: Portugal, R., 2015

Relato da 1° aula:

Na primeira aula a professora apresentou-se para a turma e pediu que os alunos fizessem o mesmo. Eles começaram tímidos, o que já era esperado. A professora perguntou se gostavam de biologia e a maioria respondeu que não. Alguns argumentaram que não gostam da grande quantidade de conteúdo e das exigências nos estudos para as provas, mas que gostam de ir até a escola para ver os amigos e conversar. A professora logo percebeu que tratava-se de uma turma muito tranquila, sendo que apenas um aluno não demonstrava vontade de realizar o trabalho e as atividades propostas. A professora explicou como seria a unidade didática, qual o conteúdo seria trabalhado. Escreveu-se no quadro sete questões com o objetivo de investigar os conceitos prévios gerais dos alunos sobre evolução. Eles passaram o segundo período respondendo e algumas vezes chamavam a professora para tirar dúvida sobre alguma questão. Uma aluna comentou que sempre confunde seleção

natural com adaptação. Neste momento, outros alunos relataram a mesma dificuldade. A professora anotou rapidamente em seu caderno esta dúvida para considerá-la no planejamento das próximas aulas.

Relato da 2° aula:

O segundo encontro foi de apenas uma hora aula, portanto, foi possível apenas aplicar o segundo instrumento para coletar as ideias prévias dos alunos. Este instrumento foi composto de questões-problema tratando principalmente dos tópicos 'adaptação' e 'seleção natural'. Os alunos responderam tranquilamente ao questionário e alguns alunos solicitaram ajuda para entender melhor o enunciado de uma das questões. Nesta aula a turma estava um pouco desmotivada, pelo fato de ser uma aula um pouco estática, cuja atividade era responder mais questões além das que eles já haviam respondido na aula anterior. Refletindo sobre isso, a professora chegou a conclusão de que teria sido mais adequado não fazer tantas questões. Nesta aula a professora entregou um diário de bordo para cada aluno e explicou que, a partir daquele momento eles deveriam registrar todas as aulas de biologia nele.

Relato da 3° aula:

Os alunos fizeram vários e interessantes questionamentos, sobretudo na parte que se referia a teoria Lamarckiana. A professora explicou o que é a transmissão dos caracteres adquiridos e imediatamente os alunos ligaram esse tema com a genética. Então, de forma breve, a professora explicou 'o que é um gene' e como os filhos recebem herança genética dos pais, porém sem isso representar um fenótipo idêntico. Neste momento também foi necessário diferenciar genótipo e fenótipo. Sobre a lei do uso e desuso a turma quase em unanimidade acredita ser um conceito ultrapassado e impossível de ser útil aos seres vivos. A professora então explicou que ao longo de milhares de anos, o uso e desuso poderia sim ter sentido e exemplificou sua afirmação falando do dente siso e do apêndice.

Relato da 4° aula:

A turma assistiu ao vídeo “Nós, os seres vivos. Uma breve história sobre a evolução”. A maioria da turma afirmou ter gostado muito do vídeo, por este ser bem didático e explicativo. Percebe-se que o vídeo auxiliou os alunos a começar a entender a diferença entre seleção natural e adaptação, conceitos descritos por eles como confusos entre si. A preocupação se fez no momento em que a professora leu os relatos nos diários de bordo. De maneira geral, todos os alunos apresentaram dificuldade na escrita. Ao explicarem suas ideias verbalmente na aula, as fizeram com facilidade e colocações adequadas, porém na hora de escrever o que aprenderam, houve uma descoordenação total das palavras. Foi necessário começar a considerar além do diário de bordo, os trabalhos dos alunos como principal fonte de coleta de dados.

Relato da 5° aula:

Nesta aula foi possível apenas assistir ao filme “O Desafio de Darwin” , sem comentários ou discussões, pois o tempo do filme encaixava exatamente nos dois períodos de aula. Antes, porém, a professora fez uma rápida introdução solicitando que eles prestassem muita atenção no filme, além de anotar suas dúvidas no diário de bordo pois na aula seguinte seria uma discussão sobre o filme. A turma pareceu prestar atenção e gostar da atividade.

Relato da 6° aula:

A professora percebeu que não seria adequado logo após ao filme solicitar um trabalho, ou que escrevessem algo a respeito do filme, principalmente depois de ter lido os diários de bordo. Estava um pouco perdida em relação ao que fazer para recuperar o foco dos alunos e no caminho para a escola a professora decidiu então que a aula seria uma conversa sobre o filme. Ao chegar na sala então, convidou os alunos que fizessem um meio círculo próximo ao quadro e sentou-se junto à eles. A professora iniciou a conversa perguntando o que eles acharam do filme, e o que lhes chamou a atenção. Os alunos afirmaram que o que mais havia lhes chamado a atenção foram os experimentos que Charles Darwin fez com os pombos e as coletas

de fósseis que ele fez durante a viagem do Beagle e principalmente no experimento que ele fez junto com os filhos sobre o comportamento das abelhas. A professora foi para o quadro e desenhou um esquema bem simplificado sobre Deriva Continental e explicou a especiação por isolamento geográfico. Lançou questionamentos sempre tentando mexer com o raciocínio dos alunos sem dar respostas prontas. A resposta dos alunos a esta aula foi muito interessante no sentido da participação e disposição para aprender. A professora perguntou-se se não devia começar a gravar as aulas. No entanto, teve a opinião de que gravando iria interromper a espontaneidade dos alunos e por esse motivo optou por continuar com as anotações e registros.

Relato da 7ª aula:

Nesta aula, a professora propôs uma atividade em conjunto com toda a turma afim de formalizar os conceitos mais fundamentais os quais estavam sendo trabalhados desde o início da unidade didática. Um dos equívocos a respeito do professor trabalhar de forma interacionista é a crença de que não há a necessidade de se usar o quadro e escrever de forma a organizar o conhecimento que está sendo construído. No quadro, a professora escreveu os seguintes conceitos: evolução dos seres vivos, adaptação, seleção natural, espécie e descendência com modificação. Solicitou então que os alunos levantassem a mão e fossem colocando palavras ou frases de acordo com o que entenderam. Mais uma vez a professora foi surpreendida com as respostas pois ficaram muito próximas da literatura aceita sobre evolução. Algumas vezes foi necessário formalizar os termos utilizados por eles, como por exemplo, ao explicarem a descendência com modificação os alunos afirmaram: *“por exemplo, os filhos são iguais aos pais mas não totalmente iguais. Os olhos são da mãe e o cabelo do pai”* e então a professora foi perguntando mais até encontrarem o termo apropriado. Ao final da aula eles anotaram os conceitos no caderno e a professora também.

Relato da 8ª aula:

Esta aula teve o objetivo de a turma aprender o registro fóssil e o tempo geológico, conceitos apontados por pesquisadores e professores como o mais difícil de ser entendido dentro do conteúdo de evolução, por serem abstratos. O vídeo passado na 4ª aula contou com uma explicação bem clara sobre o tempo, no entanto foi preciso retomar para chegar no tópico dos fósseis. A professora planejou a aula em slides como se contasse uma história. Alguns alunos apontaram questionamentos. Queriam saber sobre a teoria do Big Bang e demonstraram curiosidade sobre as grandes extinções ocorridas na Terra. Após terminar a parte teórica da aula a qual rendeu uma excelente discussão a professora mostrou para a turma um pedaço de um tronco de árvore fossilizado (material cedido pelo professor José E. F. Dornelles, da UFPel) e um tronco de uma árvore que estava caído no pátio da escola. Eles ficaram surpresos porque o tronco fóssil tem uma consistência parecida com a de uma rocha, já que sofreu processo de mineralização. Após a professora entregou uma atividade (Anexo B) ²na qual eles deveriam interpretar um registro fóssil. A turma inteira realizou a atividade com rapidez, de modo que a professora percebeu a turma completamente concentrada nas atividades do início ao final.



Fig 7: aula sobre fósseis e tempo geológico.

Fonte: Portugal, R., 2015

² Atividade retirada de AMABIS & MARTHO. Guia de Apoio Didático ao Professor.



Fig 8: aula sobre fósseis e tempo geológico.

Fonte: Portugal, R., 2015

Abaixo, a relação completa dos conceitos formalizados pela turma:

Conceitos Fundamentais sobre a Evolução dos Seres Vivos

Turma 211- Ensino Médio Politécnico- Colégio Estadual Dom João Braga

Evolução dos Seres Vivos:

Adaptação ao meio, reprodução, hereditariedade, mudança ao longo de muitas gerações. Descendência com modificação.

Adaptação:

Características apropriadas a sobrevivência no ambiente de cada espécie. Estas características podem ser físicas, genéticas ou de comportamento (alimentação e reprodução).

Espécie:

É um conjunto de seres vivos com características bem parecidas porém não totalmente idênticas. Um conjunto de espécimes.

Descendência com Modificação:

Os seres vivos se reproduzem e passam suas características aos filhotes, porém com modificações pequenas que são resultados de misturas de genes.

Seleção Natural:

Mecanismo da natureza que seleciona as características positivas à sobrevivência e reprodução de cada espécie de acordo com seu ambiente. Não é visível, sendo possível enxergar apenas o seu resultado que é a grande diversidade dos seres vivos na Terra.

Tempo Geológico:

É uma medida de tempo diferente do tempo comum, no qual nós seres humanos vivemos. É um tempo muito mais profundo, que começa quando nenhum ser vivo existia ainda, há milhões de anos atrás.

Fósseis:

São restos biológicos de seres vivos que estão há pelo menos mais de 11 mil anos no solo que sofreram um processo de mineralização. Através deles é possível reconstruir a história da vida na Terra. Eles são as maiores provas da evolução dos seres vivos.

Relato da 9ª aula:

Nesta aula a turma foi dividida em dois grupos e cada grupo ficou reunido ao redor de uma das bancadas do laboratório de ciências. Considerando que o tempo de um professor em exercício é pequeno e com muitas turmas, a professora retirou de um site da Secretaria de Educação do Estado do Paraná um jogo ³ (ANEXO A) para explicar de forma mais lúdica o processo de seleção natural. A utilização de materiais compartilhados na internet constitui-se em uma ferramenta de importante ajuda na preparação de aulas lúdicas e diferenciadas. A professora seguiu o manual de instruções junto com os alunos e, à medida que as rodadas do jogo aconteciam, eles demonstravam estar aprendendo de forma descontraída. Foram abordados tópicos básicos de genética, explicando por exemplo o que é gene, alelo e frequência gênica ligando as aulas passadas. Esta foi uma necessidade devido ao jogo ter como foco a seleção natural, a especiação dentro das populações e termos de genética. Os alunos então responderam as questões propostas no manual do jogo e ao final a professora leu as questões, debateu para que eles construíssem uma resposta adequada coletivamente.

³ MORIL, Lyria; MIYAKI, Cristina Yumi; ARIAS, Maria Cristina. **A Seleção Natural em Ação: o caso das joaninhas.** Jogo sobre seleção natural retirado de <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=297>



Fig 9: jogo sobre seleção natural

Fonte: Portugal, R., 2015

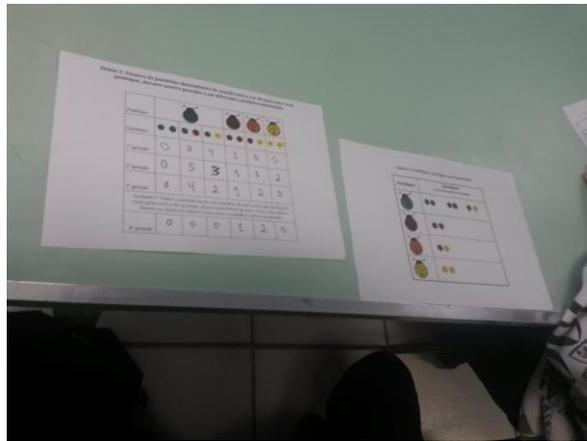


Fig 10: jogo sobre seleção natural

Fonte: Portugal, R., 2015

Relato da 10ª aula A última aula foi para a aplicação de um instrumento de avaliação escrita com o objetivo de avaliar a aprendizagem individual dos alunos. Após a realização do mesmo pelos alunos a professora despediu-se e encerrou a unidade didática.

5 - Resultados: análise das produções dos alunos

As produções dos alunos foram analisadas com base no método da análise de conteúdo, o qual consiste em elencar eixos investigativos *a priori* ou *a posteriori*, sendo que neste trabalho, optou-se por selecionar *a priori*, em um segundo momento organizar instrumentos de coleta de dados e por fim cruzar os dados coletados com o referencial teórico de apoio construindo categorias de análise a

posteriori. Sendo assim, foi possível destacar duas categorias neste trabalho as quais serão melhor detalhadas a seguir.

5.1- Construção da prática pedagógica interacionista

Um dos problemas que nortearam esta pesquisa foi como um professor pode planejar e avaliar uma prática pedagógica interacionista. É importante salientar que uma prática embasada nos pressupostos interacionistas não se opõe a aulas expositivas ou uso de livros didáticos como recursos. É mito afirmar que o professor que ministra uma aula no quadro e giz não é interacionista. Na realidade, o interacionismo opõe-se a ideia de que a repetição pela mesma via sucessivas vezes de um sujeito que sabe mais e por isso detém o conhecimento (professor) para um sujeito que sabe menos e por isso é uma folha em branco (aluno) pode resultar em efetiva aprendizagem. O interacionismo, na verdade, não se opõe aos métodos, mas a visão de que a repetição sucessiva, a transmissão de informações, irá garantir a aprendizagem. Por não ser uma proposta pedagógica, mas uma teoria de como o conhecimento se dá, não indica métodos, nem os invalida.

O percurso desta pesquisa iniciou com a busca por referencial teórico. Após muita leitura concluiu-se que o autor base deveria ser Piaget por representar o construtivismo clássico, visto que superar os mitos em torno da prática de ensino construtivista era um dos principais desafios. Feito o delineamento do problema de pesquisa e de seus objetivos, a fase seguinte foi a de definir o tema da unidade didática: evolução biológica. Em seguida escolheu-se o eixo norteador da unidade, “ A evolução pelos olhos de Charles Darwin” . O objetivo foi que os alunos entendessem o percurso que Darwin fez, incluindo seus erros até chegar aos conceitos fundamentais dentro da teoria evolutiva proposta por ele. Uma unidade didática interacionista não trabalha com listas de conteúdo, mas com conceitos a serem construídos, articulando os conteúdos em torno do eixo principal. O próximo passo foi a escolha dos recursos didáticos considerados pertinentes para cada aula.

Os recursos didáticos utilizados foram slides, quadro e giz, vídeo de sete minutos “ Nós, os fantásticos seres vivos: uma breve história sobre a evolução” retirado do site www.youtube.com, filme sobre a vida de Charles Darwin, jogo sobre genética e seleção natural retirado do site do Secretaria da Educação do Estado do

Paraná e atividade sobre fósseis retirada do Guia de Apoio Didático (AMABIS & MARTHO, 2001).

O fundamental em uma prática pedagógica que se pretende interacionista é a reflexão dos alunos e a construção autônoma dos conceitos, a partir das abstrações, experimentações, buscas, questionamentos e conclusões que serão oportunizadas e possibilitadas nas atividades.

Avaliar em uma prática interacionista também se constitui em um grande desafio, na medida em que se remete a planejar questões que se articulam, oportunizando construções de conhecimento e não medidas das informações obtidas. Entende-se ainda, que os enunciados explicativos das questões necessitam remeter o aluno ao contexto, ao momento da aula em que o tema foi abordado, ou as atividades de construção realizadas.

Assim, a avaliação em uma proposta interacionista, não objetiva quantificar o número de acertos, o quanto o aluno sabe, mas sim, orientar alunos e professor sobre quais pontos ainda ficaram pendentes e precisam ser retomados.

5.2 - Mudança Conceitual e evolução biológica

De acordo com a análise dos trabalhos produzidos pelos alunos destacaram-se quatro principais dificuldades na compreensão dos conceitos sobre evolução biológica.

5.2.1 - Noção de evolução como mudança

O entendimento de que o processo evolutivo resulta em mudança aparece nas respostas dos alunos nas primeiras aulas e para alguns permanece até o final da unidade didática. Conforme a frase retirada de um dos trabalhos da turma:

A1: *“Com as mudanças do meio ambiente, os seres vivos vêm se adaptando ao meio ambiente para sobreviver perdendo coisas que não eram necessárias como a cola e ganhando outras coisas como o polegar, posição ereta e etc.”*

É possível perceber que A1 associa evolução à mudança e entende que os seres vivos se adaptam diretamente às mudanças do meio físico. Faltam noções do papel da genética, da aleatoriedade das mutações e do acaso no princípio da evolução.

5.2.2 - Confusão entre os conceitos de adaptação e seleção natural

O termo adaptar-se aparece quase sempre atribuído a uma capacidade de inteligência dos indivíduos em si, mas as adaptações explicadas por Darwin são características observadas nas populações de seres vivos na natureza e que conferem uma facilidade para sobrevivência e reprodução. Sendo assim, seleção natural é o mecanismo que propicia o aumento da frequência destas características (adaptações) nas próximas gerações. As respostas de alguns sujeitos da pesquisa ilustram o confuso entendimento entre estes dois conceitos chaves da evolução.

A2: *“Sei que muitos seres vivos por falta do seu habitat são forçados a mudar e se adaptar a outro”.*

A2 associa evolução com mudança imposta pela ação do ambiente. Não fica claro se essa mudança ocorre em uma população no tempo de uma geração ou na espécie sendo resultado de mudanças ao longo de várias gerações. A ideia de que são as espécies que se adaptam as ‘exigências’ dos fatores físicos e ambientais também faz parte do conceito expresso por A2.

5.2.3 - Convicção de que os indivíduos SE adaptam ao meio ambiente

A teoria de Jean Baptiste Lamarck, naturalista francês sobre a transmissão dos caracteres adquiridos através do uso e desuso é apresentada em livros como sendo o grande erro corrigido por Darwin. De fato, a seleção natural veio a explicar de forma mais precisa como a diversidade se sustenta, no entanto, Lamarck não estava tão errado assim. Ao longo de milhares de anos o uso ou não de uma característica pode fazer a diferença e é exatamente a falta de noção do tempo que a evolução leva para deixar seus rastros que culmina na rejeição das observações de Lamarck. Os alunos em suas respostas entendem que são os indivíduos que se adaptam as mudanças impostas pelo ambiente como se evoluir significasse ser mais esperto.

A3: *“A adaptação é o processo que faz com que os seres se 'adapitam' em um habitat natural, onde cada ser tem de se acostumar com o modo de vida oferecido.”*

A3 apresenta afirmações semelhantes às anteriores de que o ambiente é o fator que determina e os seres vivos adaptam-se as suas exigências. O termo acostumar-se aqui empregado confunde o que é comportamento aprendido e características inatas e genéticas. A definição de adaptação como processo apresenta o equívoco mais

destacado, pois em sentido biológico, adaptações são características resultantes da ação da seleção natural ao longo de várias gerações.

5.2.4 - Abstração e a dificuldade de compreensão do tempo geológico

A dificuldade de entendimento do tempo geológico e da seleção natural verificada nas respostas dos alunos constitui-se em um obstáculo para aprender sobre evolução. De acordo com nossos estudos em Piaget abstrair é primeiramente isolar um objeto ou aspecto do seu contexto e posterior generalizar seu entendimento (KESSEIRING,1993).

Um dos exemplos na dificuldade de abstração no ensino da evolução é a compreensão de quanto tempo leva para que a mudança significativa ocorra a ponto de gerar especiação. Richard Dawkins explica que, a maioria das pessoas não acredita ou não entende a evolução porque teria de ver todos os espécimes de uma linhagem ao longo do tempo lado a lado para ver as mudanças como “provas “ da evolução (DAWKINS, 2009).

Para o professor de ciências e biologia a dúvida de como proceder ao ensinar conceitos abstratos é no sentido de optar por inciar do concreto para o abstrato ou o contrário, sendo que para (MACHADO, 2005.p. 39) não há uma forma correta e sim uma definição feita pelo próprio professor.

Durante o desenvolvimento da unidade didática e o acompanhamento do processo de ensino e aprendizagem não foi planejada ou realizada uma atividade específica para explicar o tempo geológico de modo abstrato. Como (MACHADO, 2005.p.41) explica em um fundo predominantemente piagetiano a abstração não deve ser o início ou o fim da atividade ou da construção de um conceito e sim, deve fazer parte do processo de forma intermediária como uma mediação do professor, pois o conhecimento em nossa cognição tem início e “fim” no concreto.

6 - Considerações Finais

A experiência de realizar uma pesquisa unindo uma teoria de aprendizagem a um conteúdo específico de biologia me pareceu desafiadora desde o início. Do planejamento do projeto à sua aplicação na sala de aula percebi que o construtivismo torna-se complexo ao professor porque é uma teoria que coloca o

sujeito no centro da autonomia do seu conhecimento sem deixar de levar em consideração todas as circunstâncias que estão no entorno dele. A construção do conhecimento é um processo natural e biológico, que ocorre na cognição do sujeito. O seu perfil único para cada indivíduo, se constrói a partir de aspectos particulares e ambientais como por exemplo, valores familiares ensinados pelos pais, culturas distintas em um país, valores religiosos específicos, além da vasta gama de informações que as fontes midiáticas de comunicação e tecnologia com as quais interagimos diariamente.

Desta forma fica claro que todos aprendemos em interação com o objeto do conhecimento, no entanto, ensinar de forma a proporcionar esta interação em sala de aula não é tarefa fácil, por dois motivos principais: o primeiro é que a formatação do ensino nas escolas que busca a padronização de respostas em seus processos de avaliação obedece ao sistema capitalista vigente, o qual busca formar um indivíduo que repita hábitos e não seja crítico. O segundo obstáculo se encontra em torno dos mitos do construtivismo, rótulos que engessam conceitos que não condizem com as pesquisas realizadas por Piaget como por exemplo, que uma aula para ser construtivista deve utilizar materiais de entretenimento no intuito de ser inovadora e que livros, quadro e giz são recursos ultrapassados. O construtivismo refere-se a interação de aprendizagem e não aos recursos utilizados. Caso assim fosse, crianças que vivem em comunidades humildes e estudam em escolas pequenas e com poucos recursos não poderiam aprender. Esta ideia é capitalista e não construtivista. Outro mito comum é que a memória é ignorada ao construirmos conhecimento. Com isso, muitos professores confundem o processo natural de utilização da memória do ser humano na sua aprendizagem e seu desenvolvimento com um ensino transmissivo e repetitivo. É a este último que o construtivismo se contrapõe.

Um outro ponto importante de ser destacado é que o construtivismo é uma teoria científica sobre como o conhecimento se dá, como o sujeito passa de menos saber para mais saber, fruto de pesquisas clínicas sobre cognição. Desta forma é importante que o professor pesquisador entenda que esta e outras teorias devem embasar seus estudos sobre o ensino e a aprendizagem e os projetos que ele visar desenvolver na escola. No entanto, uma educação para a vida se constrói com as relações sociais e com o respeito entre os sujeitos. Portanto, a escola não deve

obedecer a uma teoria e sim, abrir espaço para que as diferentes opiniões e vivências de alunos, professores e comunidade em geral possam gerar sujeitos críticos e questionadores com a capacidade do respeito mútuo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, O. Mudanças conceituais (ou cognitivas) na educação em ciências: revisão crítica e novas direções para a pesquisa. **Ensaio - Pesquisa em educação em ciências**. V. 03, nº1. 2001.

ARRUDA, S.M; VILLANI, A. Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.11,n2: p.88-99, ago.1994.

BECKER, F. **Educação e Construção do Conhecimento**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2001, p. 72

BECKER, F; FRANCO, S.R.K.(orgs) **Cadernos de Aatoria 3: Revisitando Piaget**. Porto Alegre: Mediação, 1998.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil,1991.

BORGES, R.M.R; VALDEREZ, M.R.L; Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 6 Nº 1,2007.

BRASIL, Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica**. Brasília, 2013.

CARNEIRO, A.P.N; **A Evolução Biológica aos olhos de Professores Não-Licenciados**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

DARWIN, C. **Origem das Espécies**. São Paulo. Ed. Itatiaia. 1985

DAWKINS, R. **O Maior Espetáculo da Terra: as evidências da evolução**. Trad. Laura Teixeira Motta. Companhia das Letras. São Paulo, 2009.

DESMOND, A & MOORE, J. **DARWIN. A vida de um evolucionista atormentado**. São Paulo. 3º edição. ED. Geração Editorial. 2000.

ESTEBAN, S. **Pesquisa qualitativa em educação: fundamentos e tradições**. Porto Alegre: AMGH, 2010.

EL-HANI, C. N; BIZZO. N. Formas de Construtivismo: teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual. **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2000.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia. Saberes Necessários à Prática Pedagógica**. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 1996.

GOEDERT, L. **A Formação do Professor de Biologia e o Ensino da Evolução Biológica**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica/Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

GOULD, S. J; **O Polegar do Panda** – Reflexões sobre História Natural. Ed, Martins Fontes. São Paulo, 1989.

GOULD, S. J. **Os três aspectos da Evolução**. *In*: BROCKMAN, J. & MATSON, K. **As coisas são Assim: pequeno repertório científico do mundo que nos cerca**. São Paulo: Companhia da Letras, 1997.

GOULD, S. J.; LEWONTIN, R. C. "The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: a critique of the adaptationist programme," Royal Society of London, series b, vol. 205, n°. 1161 (1979), p. 581-598.

KESSELRING, T. **Jean Piaget**. Tradução de Antônio Estevão Allgayer e Fernando Becker. Petrópolis: ed. Vozes, 1993.

KEYNES.R. **Aventuras e descobertas de Darwin a bordo do Beagle**. Rio de Janeiro. Ed. Jorge Zahar,2004.

LAJONQUIÈRE, de.L. **De Piaget a Freud. A (psico)pedagogia entre o conhecimento e o saber**. Petrópolis: 2° edição. ed. Vozes, 1993.

LOOS, H; SANT'ANA, R.S. **Reflexões sobre Pesquisa em Educação: A Atitude do Pesquisador como base da Convergência Teórica entre Piaget e Vygots** *In*: RAMOS, E.C; FRANKLIN, K.(org) **Fundamentos da Educação. Os diversos olhares do educar**. Curitiba: Juruá, 2010. p. 139- 155.

LUCI, B. L (org) **Piaget e a Escola de Genebra**. 3° Ed. São Paulo: Cortez, 1995.

MACHADO, N.J. Epistemologia e Didática. As concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente. 6° ed. São Paulo. Ed. Cortez, 2005.

MAYR, E. **Isto é Biologia**. A ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MAYR, E. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. Trad. Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das letras, 2009.

OLIVEIRA, G. S. **Aceitação/rejeição da evolução biológica: atitudes de alunos da educação básica**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2009.

PIAGET, J; INHELDER, B. **A Psicologia da Criança**. Trad. Octavio Mendes Cajado. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 11° ed. 1990

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança**. Trad. Álvaro Cabral e Christiano Monteiro Oiticica. 3° edição. Ed, JC. Rio de Janeiro, 1973.

RUSSELL, J. Desenvolvimento cognitivo e funções executivas. "O essencial de Piaget" In: HOUDÉ, O; MELJAC, C. (org) **O Espírito Piagetiano. Homenagem Internacioanl a Jean Piaget**. Trad. Vanise Dresch. Ed. Artmed. Porto Alegre, 2002.

SANTOS, S. **Evolução Biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula**. Ed. Annablume. 1° ed. 2002.

SILVEIRA, F.L. A Teoria do Conhecimento de Kant: o idealismo transcendental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.19, número especial: p. 28-51, jun. 2002.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

APÊNDICES

APÊNDICE A: Instrumento para coleta de Concepções Prévias sobre Evolução Biológica



Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Educação- FaE
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Mestrado Profissional
Mestranda- Pesquisadora: Renata Portugal Oliveira
Orientadora: Rita Cóssio M. Rodriguez
Co-orientador: César Jaeger Drehmer

Instrumento para coleta de Concepções Prévias sobre Evolução Biológica

Nome do aluno(a):

Turma:

1. As imagens abaixo apresentam animais que mimetizam. Você sabe o que é Mimetismo? Circule os animais nas imagens e responda porque eles apresentam esta característica.



Fonte: <http://www.novas.blogspot.com.br/2010/04/mimetismo.html>



<http://gustavobiologia.blogspot.com.br/2009/06/ecologia-aula-4.html>



2. O Arminho possui a característica de trocar a sua pelagem acompanhando a troca de estações do ano. A imagem A ilustra como este mamífero fica durante o verão e a imagem B mostra o Arminho no inverno. Por que você acha que isso ocorre com o pelo do Arminho?
3. Muitas pessoas tem de usar aparelhos ortodônticos para corrigir imperfeições da arcada dentária. Suponha que uma pessoa tenha nascido com pouco espaço no maxilar e necessite retirar um dente para aliviar a pressão que sente. Os seus filhos nascerão sem este dente? Explique sua resposta

4. No inverno passado, Ana teve uma amigdalite, infecção bacteriana nas amígdalas. Ela foi ao médico e este receitou um antibiótico que curou Ana da doença. Passado quase um ano, Ana voltou a sentir dores fortes na garganta e voltou ao médico, onde descobriu que estava novamente com amigdalite. Ana tomou o mesmo remédio da primeira vez, porém não obteve sucesso no tratamento, tendo que retornar ao médico. Este explicou a Ana que a bactéria que lhe causa amigdalite desenvolveu resistência ao antibiótico e que agora ele terá de lhe receitar uma medicação diferente. O que significa dizermos que uma bactéria desenvolveu resistência a um antibiótico? Comente.

APÊNDICE B: Instrumento de avaliação escrita final



Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Educação- FaE
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Mestrado Profissional
Mestranda- Pesquisadora: Renata Portugal Oliveira
Orientadora: Rita Cóssio M. Rodriguez
Co-orientador: César Jaeger Drehmer

Caro aluno(a),

Neste trimestre trabalhamos juntos o processo de evolução dos seres vivos. Este é um instrumento para avaliar os conhecimentos mais básicos sobre evolução biológica uma vez que este tema é extremamente complexo e amplo dentro da biologia. Considerando todas as atividades que você realizou junto com seus colegas e com a professora, responda as questões abaixo da forma mais completa o possível.

1. Observe as figuras e diga quais adaptações estão visivelmente destacadas em cada um dos animais e explique como essa adaptação auxilia na sobrevivência deste animal.
 - a.



Fonte: <http://animais.culturamix.com/informacoes/aves/beija-flor>

b.



Fonte: <http://revistacrescer.globo.com/>

b.



Fonte: <http://www.varbak.com/foto-de/cobra-fotos-de-borboletas>

c.



Fonte: <http://www.meioemensagem.com.br/>

2. O naturalista Charles Darwin denominou de 'seleção natural' um dos principais processos responsáveis pela evolução dos seres vivos. Neste processo, as características que conferem vantagem de sobrevivência e reprodução a uma espécie, são selecionadas e tendem a aumentar a sua frequência nas próximas gerações, enquanto que as características menos favoráveis tendem a diminuir a sua frequência nas próximas gerações. De acordo com o que você aprendeu, comente:
 - a. Para que haja seleção natural é necessário que todos os indivíduos de uma espécie sejam iguais ou diferentes? Explique o porquê da resposta.
 - b. É correto afirmar que os mamíferos (grupo no qual nós, seres humanos, somos classificados biologicamente) são 'mais evoluídos' do que os insetos, por exemplo? Justifique sua resposta.
3. Aprendemos que a noção de tempo comum com a qual estamos acostumados (horas, dias, semanas, meses e anos), é muito diferente do tempo geológico, o tempo que levou desde que a Terra surgiu até os dias atuais. Explique o tempo geológico com as tuas palavras.
4. Fósseis são vestígios deixados por seres que habitaram a Terra no passado como, por exemplo, ossos, pegadas de animais e restos de plantas. Eles são o objeto de maior estudo entre os pesquisadores que se dedicam a entender a evolução biológica. Comente qual a importância de se estudar os fósseis para entender a história da vida na Terra.
5. Reunindo os teus conhecimentos e todas as atividades e discussões feitas em aula, define com as tuas palavras o que a 'Evolução dos Seres Vivos'. Podes escolher uma destas maneiras para responder esta questão:

- respondendo com uma frase completa;

- citando uma ou algumas palavras que representem a resposta pra ti.



APÊNDICE C: Termo de Consentimento Livre Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA/FACULDADE DE EDUCAÇÃO

“O ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA SOB A PERSPECTIVA DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO”

Mestranda: Renata Portugal Oliveira – rzportugal@gmail.com

Orientadora: Rita de Cássia Morem Cossio Rodriguez - rita.cossio@ig.com.br

Co- orientador: César Jaeger Drehmer – cjaeger@terra.com.br

TERMO DE CONSENTIMENTO

Pelo presente termo de consentimento, declaro que autorizo a participação do(a) aluno: _____ na coleta de dados para a pesquisa “**O USO DE MODELOS E MAPAS CONCEITUAIS EM BUSCA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA ANÁLISE PARA O ENSINO DE QUÍMICA**”, pois fui informado (a), de forma clara e detalhada, livre de qualquer constrangimento e coerção, dos objetivos, da justificativa, dos procedimentos adotados, bem como do registro e publicação dos dados coletados, sem identificação e nomeação dos pesquisados.

Fui igualmente informado(a):

1. da garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados à pesquisa;
2. da liberdade de retirar meu consentimento a qualquer momento, e deixar de participar do estudo, si assim julgar necessário.
3. da garantia da não identificação quando da divulgação dos resultados e que as informações obtidas serão utilizadas apenas para fins científicos vinculados à dissertação em questão;

Nome: _____

CI: _____

Assinatura do Responsável : _____

ANEXOS

ANEXO A: Artigo sobre o jogo “ A Seleção Natural em Ação: o caso das joaninhas”

ISSN 1980-3540



04.02, 41-46 (2009)
www.sbg.org.br



A SELEÇÃO NATURAL EM AÇÃO: O CASO DAS JOANINHAS

Lyria Mori¹, Cristina Yumi Miyaki² e Maria Cristina Arias³

1- lmori@ib.usp.br; 2- cymiyaki@ib.usp.br; 3- marias@ib.usp.br
Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

Atividade de ensino de genética, evolução e ciência ambiental para o ensino médio.

Introdução

A manutenção da diversidade dos seres vivos depende da preservação dos ambientes naturais em que esses organismos vivem. Quando uma espécie de animal ou planta se extingue, os seus genes juntamente com toda a variabilidade de alelos são perdidos para sempre. Esses conjuntos gênicos são resultados de milhões de anos de evolução, são recursos valiosos e insubstituíveis da natureza. Em geral, a perda da variabilidade genética leva à redução do potencial evolutivo, ou seja, à diminuição de possibilidades genéticas selecionáveis que resultam na habilidade de adaptação dos organismos.

A presente atividade trabalha conceitos básicos de genética e evolução, e mostra, de forma lúdica e visual os efeitos que mudanças ambientais podem causar nas frequências alélica e fenotípica de uma população, aqui representada por um grupo de joaninhas. Esta atividade permite simular o efeito da seleção natural, facilitando a compreensão desse mecanismo que é um dos responsáveis pela evolução dos organismos.

Objetivo

A atividade visa promover a discussão e reforçar a compreensão de conceitos como: genes, alelos múltiplos, dominância e sua ausência, genótipos, fenótipos, homozigose, heterozigose e seleção natural. Para alcançar tal objetivo é apresentada uma simulação da interação entre genes, fenótipos e o meio ambiente.

Material para cada grupo (dois a cinco estudantes)

- Um saquinho, não transparente, de cerca de 15 X 30 cm.
- 8 contas verdes.
- 8 contas vermelhas.

- 8 contas amarelas.
- Um pedaço de madeira (ou isopor) de cerca de 50 X 5 cm com uma fileira com 12 pares de orifícios e uma fileira paralela abaixo com 12 orifícios (Figura 1).
- 24 palitos colocados aos pares na primeira fileira de orifícios (Figura 1).
- 10 joaninhas (botões em forma de joaninha) de cada cor de asas: verde, vermelha, cor de laranja e amarela.
- Roteiro da atividade para o aluno impresso (ver “Procedimento para o aluno”).
- Tabela 1 impressa mostrando as interações entre os três alelos.
- Tabela 2 impressa para marcar o número de joaninhas com cada uma das cores de asas durante quatro gerações e em diferentes condições ambientais.

Aplicando a atividade

Essa atividade é designada para estudantes de ensino médio e de cursos de graduação. Os estudantes já devem conhecer os conceitos básicos de genética, como, por exemplo, que em indivíduos diplóides há um par de alelos para cada gene, e que o alelo herdado é resultado da aleatoriedade da segregação desses alelos durante a meiose, na formação dos gametas. Os estudantes também precisam entender os conceitos de dominância e recessividade.

1. A classe deverá ser dividida em grupos de 2 a 5 alunos;
2. O professor deverá entregar a cada grupo um conjunto de material (acima descrito) e solicitar que os alunos sigam as instruções do “Procedimento para o aluno”;
3. Ao explicar a atividade, o professor deverá enfatizar: (a) que cada conta representa um alelo e a composição desses dois alelos é que vai determinar a cor das asas da joaninha (b) que de cada par de contas retirado ao acaso do saquinho, uma delas representa o alelo proveniente da mãe, e a outra, o alelo proveniente do pai da nova joaninha;

4. O professor poderá nesse momento introdutório, discutir com os alunos os tipos de interação entre os alelos do gene para cor das asas, e a correspondência dos fenótipos com os genótipos, utilizando as ilustrações e informações da Tabela 1;

5. Ao chegar na instrução 3 do "Procedimento", o professor poderá reforçar que o ambiente pode atuar de forma decisiva. Como as joaninhas de asas amarelas não estão bem camufladas, são comidas por predadores antes de deixarem descendentes. Assim, o professor poderá explicar esse passo para a classe e enfatizar que: "se você tem joaninhas de asas amarelas, elimine-as do restante, assim como as suas contas". É importante certificar-se de que todos os grupos eliminaram as joaninhas de asas amarelas antes de começarem a retirar as contas da geração seguinte.

6. Os estudantes deverão prosseguir para as instruções 4 e 5 e simular mais duas gerações, perfazendo o total de três gerações. Os números de joaninhas com os diversos genótipos e fenótipos deverão ser anotados na Tabela 2. Os estudantes não deverão prosseguir para o item 6, pois nesse momento o professor deverá colocar na lousa a tabela 2 com os resultados da classe toda para cada geração sorteada, obter os totais de cada geração e fazer perguntas como:

- Por que há tantas joaninhas de asas verdes?

- Por que há tão poucas joaninhas vermelhas, amarelas e cor de laranja?

7. A instrução 6 do "Procedimento para o aluno" solicita que os estudantes eliminem as joaninhas de asas verdes e só então devem sortear a quarta geração e registrar sua composição na Tabela 2. O professor deverá fazer uma tabela semelhante na lousa, somando todos os resultados da classe.

8. Ao final da atividade, o professor deverá promover uma discussão com base nas questões propostas na ficha de "Procedimento para o aluno".

Procedimento para o aluno (esse roteiro deverá ser impresso e entregue a cada grupo)

1. Cada conta representa um alelo do gene que confere a cor das asas das joaninhas. Certifique-se inicialmente de que há oito contas de cada cor no saquinho.

2. Simule uma primeira geração de joaninhas (12 indivíduos). Para isso, retire, sem olhar, um par de contas do saquinho, uma delas representa o alelo presente no espermatozóide e a outra, o alelo presente no óvulo. Coloque uma conta em cada palito e na frente de cada genótipo (par de contas), coloque a joaninha com o fenótipo correspondente, seguindo a Tabela 1. Faça o

sorteio até completar as 12 joaninhas.

3. Conte o número de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2, na linha correspondente à primeira geração.

O ambiente onde as joaninhas vivem é muito verde e com muita vegetação. As joaninhas de asas verdes estão bem camufladas dos predadores. As joaninhas de asas vermelhas ou cor de laranja estão razoavelmente camufladas. Entretanto, as joaninhas de asas amarelas são facilmente predadas nesse ambiente. **Se você tem joaninhas de asas amarelas, elimine-as juntamente com seus alelos.**

4. Coloque o restante dos alelos no saquinho. Simule a segunda geração de joaninhas de modo semelhante à primeira. Some o total de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2. Elimine as joaninhas de asas amarelas e os respectivos alelos, coloque o restante das contas de volta no saquinho.

5. Simule a terceira geração, do mesmo modo descrito acima, e preencha a linha da terceira geração na Tabela 2.

6. Ocorreu um acidente! Uma indústria lançou dejetos de herbicida no ambiente, matando toda a vegetação. As rochas expostas são excelentes camuflagens para as joaninhas de asas amarelas, vermelhas e cor de laranja. Agora as joaninhas de asas verdes são facilmente vistas e predadas. Retire as joaninhas com asas verdes e seus respectivos alelos. Não remova as joaninhas com asas amarelas, caso elas tenham aparecido. Coloque o restante das contas no saquinho e sorteie a quarta geração. Preencha a Tabela 2.

7. Discutam em grupo:

- Todos os alelos amarelos desapareceram após três gerações de eliminação das joaninhas com asas amarelas?
- O tamanho da população diminuiu? Por que? Você esperaria que algo semelhante acontecesse na natureza?
- Como é a população da terceira geração quando comparada com as gerações anteriores?
- Algum alelo desapareceu completamente?
- Compare a ocorrência dos diferentes alelos após a seleção contra as joaninhas com asas amarelas e após a seleção contra as joaninhas com asas verdes. Há diferença?
- Como a interação entre os alelos explica os resultados do item e?
- O que pode acontecer ao grupo de joaninhas da quarta geração se a vegetação verde crescer novamente?

Notas para o professor e respostas das questões do “Procedimento para o aluno”

Na presente atividade os estudantes geram os genótipos e indicam os fenótipos de uma população fictícia de joaninhas. Os alunos devem ser capazes de notar que as frequências genotípica e fenotípica de cada geração sofrem mudanças em resposta às condições ambientais e ao sorteio ao acaso de gametas. Além disso, é importante citar que eventos catastróficos semelhantes ao simulado nessa atividade (morte da vegetação devido à poluição) podem acontecer no mundo real.

Como todo modelo, a presente atividade possui simplificações que podem ser discutidas com os alunos, dependendo da profundidade da discussão gerada. Alguns alunos podem perceber que, assim como o número total de joaninhas a cada geração tende a diminuir, o número total de alelos também tende a diminuir com o passar das gerações, pois os alelos das joaninhas predadas não voltam para o sorteio da geração seguinte. Outra simplificação é que não consideramos a composição genotípica de joaninhas da geração anterior na formação da geração seguinte. Ou seja, se em uma geração temos duas joaninhas com asas verdes, uma com asas vermelhas e uma com asas cor de laranja, não consideramos que uma com asas verdes vai se reproduzir com uma com asas vermelhas e a outra com asas verdes com uma com asas cor de laranja, mas simplesmente devolvemos os alelos para o saquinho de sorteio.

Como extensão dessa atividade o professor poderá explorar o efeito do mimetismo (camuflagem) na seleção natural.

Questões do “Procedimento para o aluno” e respostas:

a) Todos os alelos amarelos desapareceram após três gerações de eliminação das joaninhas de asas amarelas?

R.: Não, ainda há alelos amarelos presentes. O alelo amarelo claramente não está aumentando a chance de sobrevivência das joaninhas de asas amarelas, mas levará algum tempo até que todos os alelos amarelos desapareçam. Isso ocorre porque eles estão frequentemente mascarados pelos alelos dominantes e passam de uma geração para outra.

b) O tamanho da população mudou? Por quê? Você esperaria que isso acontecesse na natureza?

R.: Sim, o tamanho da população diminuiu ligeiramente. Porque joaninhas de asas amarelas são removidas junto com seus alelos e, portanto, esses alelos não farão parte do conjunto gênico (“gene pool”) da geração seguinte.

Não, nós não esperamos que isso aconteça na natureza porque cada fêmea realiza a postura de muitos ovos, portanto sempre haverá um grande número de joaninhas recém eclodidas em relação ao número das que irão sobreviver até a fase adulta, não importando a sua cor das asas. Esse é um aspecto da simulação que simplifica a realidade.

c) Como é a terceira geração quando comparada com as gerações anteriores?

R.: Provavelmente haverá menos alelos amarelos do que nas gerações anteriores. Nessa simulação, o número de joaninhas não aumenta de uma geração para outra. Peça aos alunos para considerar as limitações da simulação e sugerir modificações para superar esses problemas. Uma possibilidade, talvez complicada de ser implementada, seria aumentar o número de alelos restantes, respeitando suas frequências antes de realizar o sorteio da geração seguinte.

d) Na quarta geração algum alelo desapareceu inteiramente?

R.: Sim. O alelo verde desapareceu completamente.

e) Na quarta geração houve mudança no tamanho e na composição de alelos da população em comparação com as demais gerações? Como?

R.: Sim. Agora a população é significativamente menor e alelos, além do verde, podem ter desaparecido completamente.

f) Como a interação entre os alelos explica os resultados do item e?

R.: O alelo para a cor de asas verdes é dominante sobre os alelos para as cores vermelho e amarelo, por isso o alelo para verde desapareceu imediatamente quando houve seleção contra as joaninhas de asas verdes. Ou seja, os alelos para asas verdes desapareceram imediatamente porque eles são dominantes e sempre se manifestam no fenótipo. Qualquer joaninha que tenha pelo menos um alelo para a cor verde terá o fenótipo asas verdes, e, portanto, sofrerá seleção contra quando a vegetação verde for eliminada. Já o alelo para asa amarela declinou em número lentamente quando as condições ambientais não eram favoráveis ao fenótipo amarelo. Os alelos para asa amarela declinam lentamente porque eles são recessivos e mascarados pela presença de alelos para outra cor (verde ou vermelho). Uma mensagem importante é que alelos dominantes podem ser eliminados rapidamente da população por pressão seletiva. Os alelos recessivos declinam lentamente porque eles estão escondidos ou mascarados.

g) O que pode acontecer ao grupo de joaninhas da quarta geração se a vegetação verde crescer novamente?

R.: As joaninhas de asas amarelas voltarão a ser predadas e como o alelo para asa verde foi totalmente eliminado, joaninhas com asas dessa cor só aparecerão novamente mediante nova mutação.

Deixe os estudantes proporem as próprias questões também. Incentive os alunos a testarem algumas de suas respostas. Se houver tempo disponível, a atividade das joaninhas pode ser feita novamente com novas condições ambientais.

Glossário

Alelo: formas alternativas de um gene. Por exemplo, os alelos verde, vermelho e amarelo do gene para cor das asas nas joaninhas.

Alelismo múltiplo: A existência de vários alelos conhecidos de um gene. Esse é o caso dos alelos verde, vermelho e amarelo do gene para a cor das asas.

Alelo dominante: Um alelo que expressa seu efeito fenotípico mesmo quando em heterozigose com um alelo recessivo, assim, se A é dominante em relação a a, então AA e Aa tem o mesmo fenótipo. É o caso do alelo verde sobre os alelos vermelho e amarelo nesse exercício.

Alelo mutante: Um alelo cuja sequência de nucleotídeos difere do alelo encontrado no tipo padrão, ou selvagem. No caso da cor das asas das joaninhas, se o fenótipo asas verdes for o mais freqüente na população, o alelo representado pelas contas verdes é o alelo selvagem ou normal, e os alelos vermelho e amarelo são alelos mutantes. Os alelos mutantes surgem por mutação.

Alelo recessivo: Um alelo cujo efeito fenotípico não se manifesta em um heterozigoto. No caso desse exemplo, os alelos para cor de asas vermelhas e amarelas são recessivos em relação ao para a cor verde.

Dominância incompleta: Uma situação na qual um heterozigoto mostra um fenótipo quantitativamente (mas não exatamente) intermediário aos correspondentes homozigotos (exatamente intermediário significa sem dominância). Nesse exercício, é o caso dos alelos para

vermelho e amarelo, que quando juntos no indivíduo resultam em fenótipo cor de laranja.

Mutação: alteração por substituição, deleção ou inserção de nucleotídeos na seqüência do DNA.

Seleção natural: A sobrevivência e/ou reprodução diferencial de classes de entidades que diferem em uma ou mais características. As entidades podem ser alelos, genótipos ou subconjuntos de genótipos, populações ou, em um sentido amplo, espécies. Mortalidade ou taxas reprodutivas alteradas devido a processos ambientais naturais. Reprodução diferencial e sobrevivência de genótipos (seleção natural) levam a mudanças adaptativas evolutivas.

OBS. Esta atividade foi inspirada em “Toothpick fish – a middle school activity for teaching genetics and environmental science”.

<<http://genetics-education-partnership.mbt.washington.edu/download/toothpickfish.pdf>>

Acessado em 30/09/2009

Bibliografia e leitura complementar

Darwin – As chaves da vida. 2009. Scientific American Brasil, Gênios da Ciência.

Darwin e a Evolução: uma teoria que mudou o mundo. 2009. Ciência Hoje, 44: 34-55.

Charbel Nino El-Hani & Diogo Meyer. 2009. A evolução da teoria darwiniana. Scientific American Brasil, Especial História, nº 7: 77-85.

Ernst Mayr. 2001. O que é Evolução. Editora Rocco, Rio de Janeiro.

Evolução da Evolução. 2009. Scientific American Brasil, 81: 26-79.

Stephen J. Gould. 2009. A imprevisível e fortuita evolução da vida. Scientific American Brasil, Especial História, nº 7: 64-75.

Agradecimentos

Aos inúmeros professores, alunos e colegas que executaram a atividade no evento “Genética na Praça”, durante 55º. Congresso Brasileiro de Genética, promovido pela Sociedade Brasileira de Genética em 2009, e que fizeram várias sugestões para aperfeiçoar a atividade.

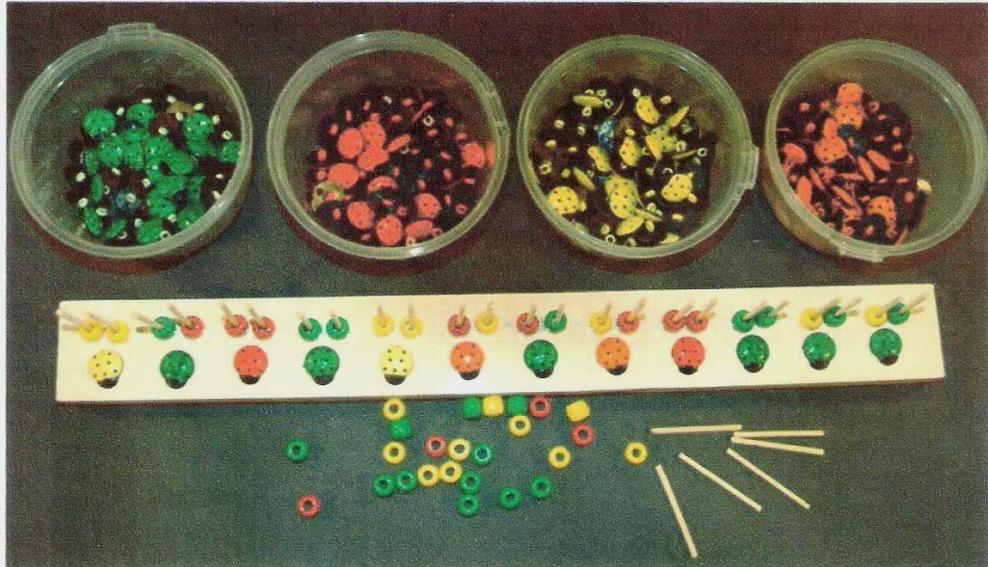


Figura 1. Foto ilustrativa do conjunto de peças utilizadas nessa atividade.

Tabela 1. Fenótipos e genótipos correspondentes

Fenótipos	Genótipos (cores dos pares de contas)
	  
	
	
	

OBS.: a combinação dos alelos vermelho e amarelo resulta em uma joaninha com as asas cor de laranja.
LEMBRE-SE, CADA CONTA REPRESENTA UM ALELO DO GENE QUE CONTROLA A COR DAS ASAS E NÃO A COR DA JOANINHA.

Tabela 2. Número de joaninhas descendentes de acordo com a cor de suas asas e seus genótipos, durante quatro gerações e em diferentes condições ambientais.

Fenótipos							
Genótipos			 	 	 	 	 
1ª geração							
2ª geração							
3ª geração							
<p>Acidente!!! Toda a vegetação morre. As joaninhas de asas verdes são facilmente vistas pelas aves e são predadas. Retire as joaninhas de asas verdes e seus alelos. Retorne os alelos dos sobreviventes para o saquinho e sorteie novamente.</p>							
4ª geração							

A seleção natural em ação: o caso das joaninhas

1. Cada conta representa um alelo do gene que confere a cor das asas das joaninhas. Certifique-se inicialmente de que há oito contas de cada cor no saquinho.
2. Simule uma primeira geração de joaninhas (12 indivíduos). Para isso, retire, sem olhar, um par de contas do saquinho, uma delas representa o alelo presente no espermatozóide e a outra, o alelo presente no óvulo. Coloque uma conta em cada palito e na frente de cada genótipo (par de contas), coloque a joaninha com o fenótipo correspondente, seguindo a Tabela 1. Faça o sorteio até completar as 12 joaninhas.
3. Conte o número de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2, na linha correspondente à primeira geração. O ambiente onde as joaninhas vivem é muito verde e com muita vegetação. As joaninhas de asas verdes estão bem camufladas dos predadores. As joaninhas de asas vermelhas ou cor de laranja estão razoavelmente camufladas. Entretanto, as joaninhas de asas amarelas são facilmente predadas nesse ambiente. Se você tem joaninhas de asas amarelas, elimine-as juntamente com seus alelos.
4. Coloque o restante dos alelos no saquinho. Simule a segunda geração de joaninhas de modo semelhante à primeira. Some o total de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2. Elimine as joaninhas de asas amarelas e os respectivos alelos, coloque o restante das contas de volta no saquinho.
5. Simule a terceira geração, do mesmo modo descrito acima, e preencha a linha da terceira geração na Tabela 2.
6. Ocorreu um acidente! Uma indústria lançou dejetos de herbicida no ambiente, matando toda a vegetação. As rochas expostas são excelentes camuflagens para as joaninhas de asas amarelas, vermelhas e cor de laranja. Agora as joaninhas de asas verdes são facilmente vistas e predadas. Retire as joaninhas com asas verdes e seus respectivos alelos. Não remova as joaninhas com asas amarelas, caso elas tenham aparecido. Coloque o restante das contas no saquinho e sorteie a quarta geração. Preencha a Tabela 2.
7. Discutam em grupo:
 - a) Todos os alelos amarelos desapareceram após três gerações de eliminação das joaninhas com asas amarelas?
 - b) O tamanho da população diminuiu? Por que? Você esperaria que algo semelhante acontecesse na natureza?
 - c) Como é a população da terceira geração quando com parada com as gerações anteriores?
 - d) Algum alelo desapareceu completamente?
 - e) Compare a ocorrência dos diferentes alelos após a seleção contra as joaninhas com asas amarelas e após a seleção contra as joaninhas com asas verdes. Há diferença?
 - f) Como a interação entre os alelos explica os resultados do item e?
 - g) O que pode acontecer ao grupo de joaninhas da quarta geração se a vegetação verde crescer novamente?

ANEXO B: Atividade sobre fósseis

conceitos de Biologia 3 - Capítulo 4

ATIVIDADE: Interpretando restos e impressões fósseis

