

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

**Análise do desenvolvimento de conceitos
científicos sobre a teoria da evolução das espécies
em alunos do ensino médio.**

DOUGLAS VERRANGIA CORRÊA DA SILVA

Orientadora: Profa. Dra. ITACY SALGADO BASSO

SÃO CARLOS - 2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

**Análise do desenvolvimento de conceitos
científicos sobre a teoria da evolução das espécies
em alunos do ensino médio.**

DOUGLAS VERRANGIA CORRÊA DA SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, do Centro de Educação e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação, área de concentração Metodologia de Ensino.

Orientadora: Profa. Dra. ITACY SALGADO BASSO

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S586ad

Silva, Douglas Verrangia Corrêa da.

Análise do desenvolvimento de conceitos científicos sobre a teoria da evolução das espécies em alunos do ensino médio / Douglas Verrangia Corrêa da Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2004.

160 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2004.

1. Aprendizagem. 2. Conceitos científicos. 3. Evolução (biologia). I. Título.

CDD: 370.1523 (20^a)

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª Itacy Salgado Basso Itacy Salgado Basso

Prof. Dr. Nivaldo Nale Nivaldo Nale

Prof. Dr. Francisco José Carvalho Mazzeu F. J. Mazzeu

Profª Drª Ana Luiza Rocha Vieira Perdigão Ana Luiza Rocha Vieira Perdigão

SUMÁRIO

Resumo	01
Abstract	02
1 – Introdução	03
2 - Referencial Teórico	13
O pensamento	13
O desenvolvimento de conceitos segundo Vygotski	18
A evolução das espécies e o desenvolvimento conceitual	22
3 - Intervenção	30
Participantes da Intervenção	31
O instrumento de ensino “Tupec e Iscan Nam”	32
Descrição detalhada da Intervenção	36
4 - Método	45
Participantes	45
Procedimento	47
Situação de coleta de dados	47
Instrumentos de coleta de dados e tipos de dados	47
Sistematização dos dados	51
5 – Resultados e Discussão	53
Participante Vanessa	53
Participante Fábio	104
6 - Conclusões	140
Bibliografia	152
Anexos	155

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos, à Profa. Dra. Ana Luiza Perdigão, pela orientação.

À Profa. Dra. Itacy Salgado, pela orientação.

Ao membro da banca examinadora, Prof. Dr. Nivaldo Nale pelas contribuições e paciência desde a qualificação, que enriqueceram o trabalho e possibilitaram sua realização.

Ao membro da banca examinadora, Prof. Dr. Francisco Mazzeu, por aceitar o convite e participar desta defesa.

À CAPES, pelo auxílio financeiro.

Aos participantes do curso. Sem a colaboração de vocês este trabalho não poderia ter sido realizado. Obrigado também por tornar os momentos de coleta de dados tão agradáveis e ricos para minha formação, como pesquisador, professor e, principalmente, como pessoa.

À Camila e Francine, pela colaboração na gravação das aulas.

À Adriana, pela colaboração na finalização do trabalho, tão trabalhosa e demorada. Obrigado por me dar carinho e força para chegar ao fim dessa etapa (ou desta?)!

Aos meus amigos da turma de mestrado, que colaboraram na elaboração do projeto e que fizeram a fase das disciplinas tão rica e divertida.

Ao Zé Pedro (Tupec da Silva) pelas lagartixas e as forças de Van der Walls.

À Ive Maria, muito obrigado por tudo nesta etapa, sua colaboração foi essencial, valeu!

Aos amigos do peito que colaboraram indiretamente e, às vezes, bem diretamente, dando forças para que pudesse ir em frente. Mariana (obrigado por tudo!), Thori, Alê Enéas, Galera de Casa, Wilson, Felipe e o Vista Grossa (vâmo Vista!), Grá, pessoal do cursinho, Roseli, Tias Terezinha (ambas são anjos) e todo o pessoal que eu tô esquecendo, se vocês soubessem... Gracias a todos!

À Cibele, pela colaboração à distância e por se manter firme em sua nova jornada, que, de certa forma, me faz sentir com novos ânimos para trabalhar, quem sabe um dia, juntos!

Ao grande Sérgio, que em quase tudo nesta vida me ajudou, não ia faltar nesta hora. Valeu irmão, sempre presente!

Ao Darwin e Lamarck, cujo interesse pelas mudanças ao longo do tempo geraram teorias que nos fizeram entender um pouco mais sobre o mundo. Espero agora, que nosso interesse por mudanças possa ajudar na promoção de mudanças, para um caminho melhor.

Ao Tupec e ao Iscam Nam, essas espécies raras e amigáveis que, um dia, Zé Pedro e eu descobrimos dentro de nós e que agora estão por aí, evoluindo.

Aos meus pais, pela incrível colaboração que, às vezes de longe, era perto suficiente para que eu pudesse sentir cada vela acesa, cada abraço dado por telefone e cada empurrão pra frente, que tem me feito ir cada vez mais longe, perto.

RESUMO

Nesta investigação, analisamos o desenvolvimento de conceitos científicos de alunos participantes de uma intervenção de ensino sobre a temática “Evolução das Espécies”, que teve como características principais: a) ser estruturada em atividades que, de forma articulada, visaram estimular o raciocínio dos alunos e interferir em suas idéias sobre a temática abordada, e b) ser apoiada por um instrumento de ensino elaborado para simular o processo evolutivo e para propiciar o desenvolvimento das referidas atividades.

A intervenção, na qual o pesquisador atuou como professor e participaram, como voluntários, alunos de um curso pré-vestibular popular, foi planejada para diagnosticar, interferir sobre e avaliar (ao fim da intervenção) os conceitos dos alunos participantes. Para tanto, a intervenção contou com três etapas: Avaliação Diagnóstica; Desenvolvimento e Avaliação de Aprendizagem (final).

Para viabilizar a investigação sobre o processo e produtos de aprendizagem, foram coletados dados sobre idéias e conceitos dos alunos, além de dados sobre as condições de ensino oferecidas – intervenções do professor, interações professor-alunos e as diferentes formas de utilização do instrumento de ensino, em todas as etapas da intervenção. Os mesmos tipos de dados foram coletados nas três etapas da intervenção e foram objeto de análise em cada etapa e como elementos de todo o processo.

O referencial teórico utilizado para a análise foi a perspectiva de Vygotski sobre o desenvolvimento dos conceitos científicos e cotidianos pelo indivíduo e a teoria da evolução das espécies, em especial a teoria neodarwinista.

Como resultados da pesquisa obtivemos uma caracterização do desenvolvimento conceitual dos participantes durante a intervenção. Foi possível observar que houve desenvolvimento de elementos de conceitos científicos, mas que o desenvolvimento de um sistema de significados, formado por conceitos científicos genuínos, foi apenas iniciado. Este desenvolvimento parcial nos possibilitou ressaltar a importância do trabalho pedagógico que envolve atividades de aplicação e sistematização dos conceitos, para que a aprendizagem de conceitos científicos se dê de forma satisfatória: por meio da aquisição de um sistema de significados formado por conceitos com alto grau de generalização e consciência.

Pudemos concluir que a consideração da perspectiva de Vygotski na prática docente relacionada ao ensino de Ciências pode oferecer um avanço para a aprendizagem significativa destes conceitos. Identificamos a importância das reflexões e ações do professor durante a intervenção, principalmente relacionadas ao conhecimento e consideração das idéias dos alunos no processo de ensino. Também pudemos chegar a algumas conclusões acerca do papel do instrumento de ensino utilizado na intervenção: ele foi positivo na execução de atividades de diagnóstico das idéias dos alunos e como gerador de motivação para as atividades do curso; ele colaborou na proposição e desenvolvimento de atividades que articulavam conceitos científicos e operações de pensamento; foi possível identificar a importância da forma de condução, pelo professor, das atividades com o instrumento para a caracterização destas atividades; o estabelecimento de regras para a utilização do instrumento gerou situações favoráveis à aprendizagem dos alunos, mas alguns elementos do instrumento estiveram relacionados com dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos participantes.

ABSTRACT

In this investigation we have analyzed the development of scientific concepts of students engaged in a teaching intervention on the theme “Evolution of the species”. That activity had as main characteristics: a) its structure was formulated in a way that aimed on stimulating students reasoning and interfering in one’s conception on the theme; b) it was also supported by a teaching instrument that was elaborated with the purpose of simulating the evolutionary process and create a proper environment to develop the intended activities.

This intervention, in which the researcher acted as the teacher and students of a University’s exam preparatory course participated as volunteers, was meant to generate a diagnosis on the ideas of the participants and also interfere and evaluate (at the end of the process) those. For such, the intervention was subdivided in three phases: Diagnostic Evaluation, Development and Evaluation of the Learning Process.

In order to make the investigation possible, a series of data were collected. The concerned: i) the ideas and concepts of the students; ii) the conditions of the learning available to them; iii) teachers interventions; iv) teacher-student interactions; v) different ways of utilizing the teaching instrument. Having in mind the objective of this research, as said before, the same kinds of data were gathered in all phases of the intervention and were subject of analysis regarding each phase and the whole process.

As a result of the research we were able to characterize the conceptual development of the participants along the process. One could observe that there was development of elements of the scientific concepts, but the development of a system of meanings, consisting on genuine scientific meanings, that had just began. This partial development enabled us to highlight the importance of the cognitive work of systematization and application of concepts, in order that the process of learning scientific concepts happens through a acquisition of a system of meanings consisting on concepts with a high level of conscience and generalization.

We were able to conclude that the consideration of Vygotski’s theory on the teaching practice related to science concepts can offer a huge advancement in a significant learning of these concepts. We also identified the important role of the reasoning and actions of the teacher along the process, including his knowledge on the students ideas, on their learning process. In addition, we have some conclusions about the teaching instrument role in the intervention: was positive in generating motivation on participating in many of the activities done during the intervention; had a positive role in the diagnosis of the students’ ideas; it helped establishing rules about the use of the instrument when regarding the discussions and situations that were good for the learning process, but it related to some learning difficulties presented by the students; it collaborated in proposing e developing activities that articulated scientific concepts and “thought operations”; was possible to allow the central role of the conduction, by the teacher, of the activities related to the instrument to characterize the activity.

1 – INTRODUÇÃO

Sabemos das dificuldades encontradas pelos professores com relação a uma prática diferenciada em sala de aula. Materiais curriculares podem ser potencialmente úteis para apoiar o desenvolvimento de práticas diferenciadas que criem maiores e mais democratizadas condições de aprendizagem. Entre esses materiais, consideramos que podem estar aqueles construídos com base em rigorosa seleção e abordagem de conceitos e princípios centrais do conhecimento em pauta e que garantam, em sua utilização, a demanda, aos estudantes, pelo exercício do pensamento. Investigações que analisem as potencialidades de instrumentos de ensino, suas limitações e contribuições para o processo de ensino e de aprendizagem, podem colaborar com a ampliação do conhecimento produzido na área de educação e com a melhoria da prática docente. Com o trabalho aqui desenvolvido não objetivamos disponibilizar, diretamente aos professores, os dados de pesquisa referidos. Mas, objetivamos que nossos resultados possam colaborar com a geração, no futuro, de iniciativas nesse sentido, mais especificamente sobre o ensino de evolução das espécies.

Mazzeu (s/ data), ao referir-se à produção e utilização de materiais de ensino/materiais didáticos, afirma que todo material carrega marcas das concepções teóricas daqueles que o criaram. Seguindo seu raciocínio, ele introduz a idéia de que os materiais didáticos assumem “vida própria” quando utilizados por diferentes profissionais. Essa “vida própria” refere-se ao fato de que aquele material, carregado pelas concepções teóricas dos que o desenvolverão, podem ser utilizados de diferentes formas, inclusive com objetivos diferentes daquelas para o qual foi concebido pelos autores/criadores. Desse ponto de vista, o uso de um determinado instrumento de ensino não pode ser considerado garantia de desenvolvimento de determinada prática pedagógica, pautada na concepção teórica/metodológica que orientou a produção do material. Compartilhamos das posições esboçadas por este autor e consideramos que é possível colaborar com a possibilidade de que a utilização do material seja conscientemente convergente com as concepções teóricas que o fundamentaram ou, ainda, conscientemente divergente. Uma dessas formas seria a produção e disseminação de conhecimento acerca da utilização do instrumento (ou desse tipo de material) e dos referenciais teóricos que fundamentaram sua elaboração ou utilização em determinado

contexto. O conhecimento sobre dados de utilização em situações de ensino aprendizagem (pontos positivos e negativos), relacionado explicitamente aos referenciais teóricos abordados poderia constituir um auxílio para professores e educadores a procura de novas ferramentas de trabalho.

Na intervenção de ensino analisada neste estudo (que será descrita no capítulo “Intervenção”) utilizamos um instrumento desenvolvido especificamente para o ensino da temática Evolução das Espécies – *Tupec e Iscam Nam*. O instrumento citado pode ser usado de forma a simular aspectos básicos do processo evolutivo e acreditamos que sua utilização possa colaborar com uma atuação docente convergente com os referenciais teóricos nos quais nos baseamos. O desenvolvimento da intervenção e da pesquisa relatadas nesse trabalho está intimamente associado à sua utilização. Cabe destacar que sua utilização relacionada à pesquisa, que foi materializada em atividades que geraram dados tanto sobre o pensamento dos alunos como sobre suas idéias e conceitos nas diferentes etapas da intervenção, pode ser transposta para situações regulares de ensino, sendo utilizado no processo de avaliação – seja ela diagnóstica, formativa/contínua ou de aprendizagem (final).

O ensino de evolução

No trabalho aqui apresentado nos dedicamos, especificamente, à pesquisa sobre o ensino e a aprendizagem da teoria da evolução das espécies. Quanto a esse objeto de pesquisa, tanto no Brasil como em outros países, os resultados dos trabalhos têm evidenciado que a aprendizagem e o ensino desta temática são problemáticos. As investigações desenvolvidas têm se dirigido a aspectos/focos específicos dessa problemática. Um dos mais explorados tem sido a relação entre a temática (seu ensino e aprendizagem) e aspectos religiosos/teológicos. Há trabalhos relacionados a estes aspectos, como o de Vlaardingerbroek & Roederer (1997), no qual os conflitos entre religiões politeístas africanas, cristianismo e currículo escolar foram analisados. Em países como os EUA, fora do âmbito da pesquisa acadêmica, o tema citado também gera muitas discussões e ações controversas, culminando com decisões como, por exemplo, a do Estado de Texas, de incentivar as escolas a excluírem a temática Evolução das Espécies do currículo. Nosso estudo não foi dedicado à compreensão das relações entre o ensino de evolução e questões teológico/religiosas, aspecto muito relevante da

problemática do ensino de evolução, mas a outro também importante: as dificuldades, apresentadas pelos alunos, de aprendizagem dos conceitos centrais dessa temática e a formas de superação destas dificuldades. Trabalhos de pesquisa, como os de Ault Jr. *et al.*, 1984; Brumby, 1984; Lawson & Thompson, 1988; Bishop & Anderson, 1990; Lawson & Weser, 1990; Demastes *et. al.*, 1995 e 1996; Bizzo, 1996; e Ferrari & Chi, 1998, têm demonstrado que estudantes, mesmo tendo se submetido por vários meses (e anos) ao ensino formal desse conteúdo, mantêm ou desenvolvem idéias divergentes do conhecimento científico.

Bishop & Anderson (1990) desenvolveram uma extensa pesquisa que se tornou referência para muitos trabalhos dedicados ao estudo da aprendizagem de estudantes sobre a teoria da evolução das espécies (Ferrari & Chi, 1998). Os autores tiveram como objetivos: a) descrever as concepções de estudantes de nível superior sobre o mecanismo da seleção natural e os fatores responsáveis pela mudança evolutiva; b) avaliar os efeitos da instrução nas concepções dos estudantes (instrução desenvolvida no curso secundário e em aulas de biologia cursadas na faculdade); e c) determinar se as concepções sobre a seleção natural estão associadas com o fato de esses estudantes acreditarem na teoria da evolução como um fato histórico (Bishop & Anderson, 1990, p. 416). A pesquisa foi realizada analisando dados de 110 estudantes que se matricularam em um curso introdutório de Biologia, na Universidade de Michigan, EUA. Os estudantes responderam a questionários antes e depois do curso e alguns, voluntários, foram entrevistados. Também foram levadas em consideração algumas afirmações orais e escritas dos alunos durante palestras e atividades em laboratório. Após uma análise que envolveu a relação entre procedimentos qualitativos e quantitativos, os autores chegaram à conclusão de que a maioria dos estudantes que iniciava o curso acreditava possuir um entendimento básico (*ibid.* p.420) sobre o processo evolutivo por meio da seleção natural. Mas, este entendimento mostrou-se significativamente diferente do conhecimento aceito como científico. As respostas dos participantes da pesquisa foram generalizadas em um modelo, cuja descrição do processo evolutivo pode ser descrita como um gradualismo de mudanças em características de todos os indivíduos de uma população. Estas idéias dos estudantes são radicalmente divergentes do conhecimento científico. Os autores caracterizaram as “*concepções dos estudantes*” e elaboraram materiais didáticos que, segundo os mesmos, “*se adequassem à realidade dos*

estudantes e que possibilitassem que estes confrontassem suas concepções com o conhecimento científico” (ibid., p. 420). A aplicação dos materiais incluiu palestras, atividades de laboratório e conjuntos de situações-problema que os estudantes resolviam em discussões em pequenos grupos. As atividades procuraram garantir que os alunos: “percebessem as limitações de suas próprias concepções; adquirissem uma compreensão mínima sobre o conhecimento científico; verificassem que o conhecimento científico é útil e plausível para um grande número de situações” (ibid.).

Após o curso, os autores chegaram às seguintes conclusões: “a) os conceitos envolvidos no processo de evolução são muito mais difíceis de compreender do que a maioria dos biólogos imagina; b) é possível alterar as concepções dos estudantes, contanto que elas sejam levadas em consideração no planejamento do trabalho pedagógico” (ibid. p. 431). Mesmo os métodos e materiais utilizados, revistos e aprimorados especificamente para o grupo de estudantes considerados, não foram suficientes para ajudar um número considerável de estudantes (50 a 60%) a modificar suas idéias. Ao fim da discussão, os autores afirmam que a persistência das “concepções divergentes se deve a sua simplicidade e lógica interna” (ibid.). Eles também atribuem essa persistência às distorções geradas pela popularização da ciência, como filmes e materiais escritos, que na intenção de simplificar conceitos para o público em geral acabam utilizando uma linguagem que reforça essas divergências.

No Brasil, Bizzo (1996) desenvolveu uma pesquisa também extensa na qual analisa o ensino e a aprendizagem da teoria da evolução das espécies. Nessa pesquisa foram estudadas as propostas curriculares de 18 estados brasileiros e do Distrito Federal, livros didáticos utilizados pelas escolas participantes da pesquisa e recomendados por professores destas, entrevistas e questionários que visaram levantar as concepções de estudantes sobre o processo evolutivo e sobre a figura de Charles Darwin. Foram entrevistados e responderam um questionário alunos de “uma escola particular de elite e duas escolas públicas” (p. 195) que já haviam se submetido ao ensino formal da teoria da evolução das espécies. Após as entrevistas, o pesquisador constata que “apesar de sua diversidade de formação, perfil socioeconômico, cultural, religioso, etc. [os alunos] apresentaram algumas concepções muito parecidas” (p. 195) e “O que há de surpreendente é a equidistância que guardam das concepções consideradas válidas no contexto científico da atualidade” (p. 195). Analisando as

respostas ao questionário, que foi respondido por 192 estudantes, foi constatado em “*um conjunto ampliado de estudantes*” (*ibid.* p. 216), que as conclusões a que tinham chegado a partir das entrevistas se mantinham válidas. Os resultados da pesquisa citada, apresentados aqui de forma muito sucinta, são convergentes com os encontrados por Bishop & Anderson (1990) no que concerne às idéias dos estudantes, majoritariamente divergentes do conhecimento científico. Bizzo (1996) aponta para falhas nos materiais didáticos e nos parâmetros curriculares, que, segundo o autor, podem favorecer a manutenção das divergências entre o conhecimento dos alunos e o científico. Há outros trabalhos dedicados à mesma temática dos citados anteriormente, dos quais gostaríamos de destacar: Demastes *et. al.*, 1996, e Lawson & Thompson, 1998.

Se considerarmos que *todo fenômeno biológico só pode ser compreendido à luz da evolução*, como afirmou Dobzanski, torna-se evidente a importância de investigações sobre o ensino e a aprendizagem desta temática para as Ciências Biológicas.

É importante destacarmos, então, que nosso estudo encontra-se inserido na temática da aprendizagem de conceitos científicos e que a análise desenvolvida está baseada em concepções teóricas, apresentadas nos **Referenciais Teóricos**, ligadas basicamente à teoria do desenvolvimento dos conceitos de Vygotski. Os trabalhos citados anteriormente e que se referem às *concepções* de estudantes sobre a temática evolução das espécies estão inseridos em uma outra abordagem, relacionada às concepções pessoais de estudantes e seu papel no ensino e aprendizagem de ciências. Na discussão e conclusões deste trabalho procuraremos estabelecer diálogo entre as idéias advindas de nossas análises e os resultados de algumas das pesquisas citadas, ligadas à aprendizagem de conceitos da teoria da evolução das espécies.

Como exemplo de um trabalho desenvolvido nessa abordagem das concepções pessoais e cuja análise se pauta na aprendizagem de conceitos científicos, mas não apenas os relacionados à teoria da evolução das espécies, podemos citar Giordan (1996). Analisando pesquisas cujo intuito era evidenciar o modo de pensar dos adultos e jovens na Europa e Estados Unidos, o pesquisador chega à conclusão que este é ainda do tipo pré-científico. Relacionado a esse tipo de conclusão, o autor relata resultados de uma pesquisa desenvolvida com estudantes franceses de 14 anos de idade em que se constatou que: 80% acreditam na geração espontânea dos micróbios; 100%, aproximadamente, acham que o frio e o calor são substâncias, na maioria das vezes

diferentes; 90% consideram normal a não-conservação da matéria; e 90% desconsideram o processo de evolução das espécies.

A problemática da aprendizagem de conceitos científicos é complexa e dados, como os levantados por Giordan (1996), são alarmantes. Nesse contexto podemos questionar: Qual tem sido efetivamente e qual deve ser o papel do ensino de Ciências em nossa sociedade contemporânea e quais suas relações com o desenvolvimento do pensamento? Qual a importância da aprendizagem desse conhecimento científico pelos estudantes, pelos membros da sociedade?

O ensino de ciências

Muito se tem escrito atualmente sobre o papel do ensino de Ciências, principalmente relacionando-o a quantidade e diversidade de informações e tecnologias disponíveis (Guará, 2002). Considerando esses aspectos, o ensino de Ciências seria uma forma de integrar o indivíduo à sociedade, dando oportunidade para que compreenda os resultados de pesquisas (ou produtos destas, como exames de DNA, laser para diagnóstico e tratamento de tumores etc.) e para que possa apropriar-se de recursos tecnológicos (como a internet, por exemplo). Compartilhamos a idéia de que os aspectos anteriormente citados do ensino de Ciências são importantes, mas gostaríamos de salientar que dizem respeito a apenas parte da responsabilidade do ensino do conhecimento científico e que há outras questões importantes relacionadas ao tema. Se lembrarmos que apenas parte da população tem realmente acesso a essas novas tecnologias e produtos, estando a grande massa à margem desses avanços – aproximadamente metade das pessoas do planeta passam fome – constatamos a importância de aprofundar a discussão. Apenas o caráter tecnológico e de inovação decorrente da pesquisa científica não pode responder por seu papel em nosso planeta, onde as duas principais causas de mortes ainda são malária e fome, a despeito de todas as guerras que estão ocorrendo agora no mundo (Guará, 2002).

Estamos em uma época em que fervilham discussões sobre as questões éticas relativas às pesquisas científicas (cada vez mais avançadas) e sobre o papel social da produção do conhecimento. Discussões relacionadas à produção de conhecimento na área de biologia molecular, patentes e propriedade intelectual, bem como a relações entre ciência e inclusão social encontram-se em estágio inicial e há, ainda, um tempo

longo a ser percorrido entre tais discussões e ações nos âmbitos institucionais (governos, instituições de ensino, instituições de pesquisa etc.). O número de encontros destinados a discussões sobre o papel social das “Ciências” e sua relação com a chamada “inclusão social” têm aumentado, o que deve gerar frutos positivos nas ações de formação de professores, refletindo nas de ensino. O ensino de Ciências não pode contribuir com os processos de exclusão, tanto econômica quanto cultural. O conhecimento científico é um bem cultural da humanidade e, como outros bens materiais e culturais, deve ser democratizado para que seja possível a chamada “inclusão cultural”. A aprendizagem significativa de conteúdos do ensino de Ciências possibilita uma maior compreensão dos fenômenos aos quais nos relacionamos e somos submetidos, possibilita uma visão mais crítica sobre a sociedade e sobre suas relações com o ambiente, com a política e interesses econômicos. A própria natureza investigativa da ciência é algo fundamental na formação do indivíduo inserido em uma sociedade como a atual, tão farta em conhecimento e pobre na distribuição deste.

O ensino de conceitos científicos pode agir sobre o desenvolvimento do raciocínio dos alunos, sendo este, talvez, um outro papel social do chamado ensino de Ciências. Devido a sua importância – enquanto bem cultural da humanidade – e devido à sua natureza – analítica, sintética e generalizante – o conhecimento científico e o ensino de Ciências tem todas as potencialidades para colaborar no estímulo ao pensamento dos alunos. Compartilhamos da idéia de que o pensamento é de extrema importância tanto para o desenvolvimento de ciência e tecnologia, quanto para a vida cotidiana.

A partir da perspectiva traçada, gostaríamos de destacar um último aspecto desta Introdução: a falta de atividades que estimulem o raciocínio nas escolas. Raths *et al.* (1977) já ressaltavam a falta de raciocínio e de oportunidades para que este fosse desenvolvido nas escolas, oportunidades estas concretizadas no que chamaram “operações de pensamento” (*ibid.*). Parece-nos que atividades que envolvam operações de pensamento, como as propostas pelos autores citados (observação, descrição, comparação, interpretação, análise, busca de suposições, criação de hipóteses etc.), ainda são raras na educação escolar, pelo menos em nosso país. Baseando-nos em Petrovski (1980), um dos autores em que nos apoiamos na construção de um referencial teórico, ressaltamos a importância do pensamento na aquisição de conhecimentos em

situações escolares. Mas, a qualidade dos processos de pensamento, e dos resultados destes processos, não tem sido considerada nas instituições de ensino, que ainda priorizam atividades memorísticas e repetitivas em detrimento das que visam desenvolvimento do raciocínio dos alunos.

No estudo aqui descrito não analisamos os dados coletados na pesquisa sobre o desenvolvimento do raciocínio dos alunos durante a intervenção desenvolvida e as relações entre esse possível desenvolvimento e a aprendizagem dos conceitos científicos abordados. Neste trabalho – que foi viabilizado por uma intervenção de ensino e investigação sobre ensino e aprendizagem do conhecimento científico, atualmente aceito, sobre a evolução das espécies – nos dedicamos à análise inserida na problemática da aprendizagem e do ensino de ciências, orientados pela questão de pesquisa e objetivos apresentados a seguir:

Como se desenvolvem, dentro de uma estratégia de ensino apoiada por um instrumento de ensino – Tupec e Iscam Nam, os conceitos científicos relacionados à variabilidade intraespecífica e quais relações há entre esse desenvolvimento e as idéias iniciais dos estudantes sobre evolução das espécies?

Objetivo Geral

Este estudo teve como objetivo analisar o desenvolvimento conceitual de alunos, relacionado à temática evolução das espécies, a partir da interação com condições de ensino especialmente planejadas para esta finalidade e com as variáveis surgidas na dinâmica do processo, relacionadas às compreensões do professor sobre o mesmo e às suas conseqüentes intervenções.

Objetivos Específicos

Analisar o desenvolvimento de conceitos e relações entre conceitos de estudantes sobre a variabilidade intraespecífica e o papel deste desenvolvimento sobre suas idéias iniciais a respeito da teoria da evolução das espécies.

Buscar relações entre o desenvolvimento analisado e as condições de ensino criadas pelo professor e pelo instrumento de ensino “Tupec e Iscan Nam”.

Orientado pela questão de pesquisa e pelos objetivos apresentados anteriormente, este trabalho – intervenção e pesquisa – apoiou-se teoricamente em Vygotski e Petrovski (1980) e utilizou como ferramenta para o planejamento e elaboração de parte das atividades de ensino as categorias de operações de pensamento propostas por Raths et al (1977). Os referenciais são apresentados no capítulo 2 - “*Referencial Teórico*”, que além da apresentação dos conceitos, princípios e idéias que fundamentam este trabalho, também apresenta os principais conceitos e princípios envolvidos na teoria neodarwinista, buscando contribuir com a leitura/compreensão da intervenção e investigação realizadas e relacionar este conhecimento à teoria de Vygotski sobre o desenvolvimento conceitual. Posteriormente, no capítulo 3, apresentamos a descrição detalhada da intervenção e do instrumento para o ensino da teoria da Evolução das Espécies - *Tupec e Iscan Nam*.

Finalmente, nos capítulos seguintes apresentamos o relato da pesquisa. No capítulo 4 – *Método*, apresentamos os participantes, descrevemos detalhadamente os procedimentos de coleta de dados e caracterizamos genericamente os procedimentos de análise dos dados. No capítulo 5 - *Resultados*, apresentamos os dados sistematizados e

sua análise e discussão e, por fim, no capítulo 6 apresentamos as *Conclusões* a que foi possível chegar.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresentamos e enunciamos os conceitos e as idéias principais às quais já nos referimos na introdução deste documento e procuramos aprofundar teoricamente a discussão previamente esboçada, com a inclusão de novos conceitos. Procuramos também posicionar este estudo em uma determinada abordagem de pesquisa sobre aprendizagem e ensino de ciências, referenciando-a na teoria vygotskiana sobre aprendizagem e desenvolvimento cognitivo. A fim de facilitar a leitura, o texto está organizado em tópicos que se referem diretamente aos conceitos e idéias centrais do trabalho: “O Pensamento” e “O Desenvolvimento de Conceitos segundo Vygotski” e “A evolução das espécies e o desenvolvimento conceitual”.

O pensamento

Quando tratamos de pensamento e raciocínio neste estudo usamos os termos como sinônimos, baseados, principalmente, em Petrovski (1980). O autor considera o pensamento como o produto superior do cérebro, que é conceituado por ele como:

“El pensamiento es el proceso psíquico socialmente condicionado de búsqueda y descubrimientos de lo esencialmente nuevo y está indisolublemente ligado al lenguaje. El pensamiento surge del conocimiento sensorial sobre la base de la actividad práctica y lo excede ampliamente”. (ibid., p. 292).

Afirma ainda, complementando a conceituação explicitada acima, que o pensamento é um processo ativo de reflexão do mundo objetivo em conceitos, juízos, teorias etc. (ibid. p. 292). Para Petrovski, o processo de pensamento “*es ante todo análisis, síntesis y generalización.*” (ibid. p. 302).

Na análise, há a divisão do objeto de conhecimento em partes e há identificação de seus componentes, propriedades, elementos, conexões e aspectos (ibid.). Na síntese há uma junção das partes separadas na análise e produz-se a união e a correlação entre os elementos identificados na análise. Análise e síntese sempre inter-relacionam-se e sua união indivisível manifesta-se na comparação. Comparando diferentes objetos de conhecimento pode-se chegar aos aspectos comuns mais gerais e substanciais destes objetos e produzir-se a generalização.

“Cada comparación de dos o más objetos empieza por la confrontación o correlación de uno con otro, o sea, empieza por la síntesis. Durante esta síntesis se produce el análisis de los fenómenos, objetos, hechos, etc., comparados, la identificación en ellos de lo general y lo particular. Por ejemplo, un niño compara diferentes ejemplares del género de los mamíferos y con ayuda del profesor paulatinamente identifica rasgos más generales de estos animales. Es así que la comparación conduce a la generalización”. (ibid., p. 303).

A generalização depende, ou origina-se, da identificação dos aspectos comuns gerais e substanciais. O autor distingue duas possibilidades de identificação de propriedades gerais inerentes aos objetos comparados e, conseqüente, generalização: “...generales en cuanto rasgos semejantes...” e “generales en cuanto rasgos sustanciales...” (ibid., p. 303). Referindo-se à duas possibilidades, Petrovski relaciona a primeira às “propiedades puramente externas, muy superficiales...” (ibid.). As generalizações baseadas em “rasgos semejantes”, realizadas a partir das características gerais superficiais, estão, em grande parte, relacionadas à percepção sensorial dos objetos do conhecimento. Já as generalizações baseadas em “rasgos sustanciales” dependem de análise e síntese, envolvendo a identificação de características comuns e exclusivas do objeto de conhecimento, sendo, ao mesmo tempo, generalizáveis e que permitem a discriminação entre este objeto e outros semelhantes.

A aprendizagem é um processo que envolve, obrigatoriamente, o pensamento. Desde aquele necessário à compreensão da informação – a atribuição de significado, sentido e re-significação da informação a que se tem acesso por diferentes meios (na escola, por exemplo) – até o mais complexo que envolve as inúmeras relações que geram o produto da aprendizagem, o conhecimento.

Nesta perspectiva e referenciando-nos em sua conceituação sobre pensamento, neste trabalho consideramos o pensamento como processo necessário à aprendizagem e, mais especificamente na situação analisada pela pesquisa, à aprendizagem de conceitos científicos. Mas, além desta preocupação com a aprendizagem de conceitos científicos, uma outra preocupação orientou o trabalho. Como já referido na introdução, consideramos o desenvolvimento do raciocínio, ou do pensamento, como um objetivo de ensino que deve orientar todo o trabalho escolar. Em outras palavras, neste estudo referimo-nos a pensamento também como produto da aprendizagem, que pode ser proporcionado por determinadas condições de ensino.

Considerando o pensamento também como produto e como resultado da aprendizagem, apoiamo-nos em Petrovick que escreve sobre as particularidades individuais do pensamento. O autor identifica, entre essas particularidades, qualidades da atividade cognoscitiva, isto é, relacionada aos processos de aprendizagem: independência, flexibilidade, rapidez de pensamento etc. (Petrovick, 1980 p. 317).

“La independencia del pensamiento se expresa en la capacidad de ver y plantear la nueva tarea, el nuevo problema y resolver después, con las propias fuerzas; y el carácter creador del pensamiento se manifiesta abiertamente en esa independencia”. (ibid. p. 317).

“La flexibilidad del pensamiento consiste en la capacidad de cambiar el camino tomado inicialmente para resolver la tarea, si no se satisfacen aquellas condiciones del problema que se van identificando paulatinamente en el proceso de resolución y que era imposible considerar desde el comienzo”. (ibid).

Já a rapidez do pensamento é especialmente necessária naqueles casos em que a pessoa deve tomar uma ou outra decisão em um tempo muito limitado (*ibid.*, p. 138). Todas estas qualidades do pensamento estão ligadas, segundo Petrovick, à qualidade característica principal: a capacidade de identificar o essencial. Vemos claramente uma conexão, que o autor ressalta, entre as características citadas e o estudante (e a escola). As qualidades do pensamento assumem importância em situações escolares e na própria aprendizagem, seja de conhecimentos específicos em situações escolares, seja nas experiências vivenciadas fora deste contexto. Essas qualidades são importantes também na vida de qualquer cidadão, interferem nas relações interpessoais e no trabalho em equipe – tão requisitado nos dias de hoje.

Dentro da perspectiva traçada anteriormente, procuramos garantir a criação de oportunidades para que o pensamento dos alunos aflorasse na estratégia de ensino que foi objeto de investigação. Procuramos garantir que estas oportunidades se configurassem em estímulo ao desenvolvimento desse raciocínio, ao mesmo tempo em que interferissem positivamente na aprendizagem. A fim de concretizar atividades nas quais houvesse a possibilidade de que o pensamento dos alunos fosse estimulado, nas quais houvesse grande possibilidade de que esse pensamento ocorresse, utilizamos o conceito de Raths *et al.* (1977) de “operações de pensamento” e as categorias propostas por estes autores. Esses autores consideram-se "*incapazes de definir o pensamento em um pequeno parágrafo que sugira a amplitude e profundidade do conceito usado...*" (*ibid.*, p. 9). Concebem o pensamento como "*processos ligados a perguntas e decisões*"

(*ibid.*, p. 5) e relacionam pensamento a necessidades e objetivos. Assim, parece-nos haver uma convergência com as proposições de Petrovski (1980).

Em vez de tentar formular uma definição deste conceito amplo, os autores descrevem alguns fenômenos que consideram intimamente associados ao pensamento, as "operações de pensamento". Raths *et al.* (1977) descrevem a manifestação dessas "operações de pensamento" em atividades que seriam realizadas pelos estudantes, tais como: comparação; elaboração de resumos; observação; classificação; interpretação; crítica; busca de suposições; obtenção e organização de dados; proposição de hipóteses; aplicação de fatos e princípios a novas situações; decisão; planejamento de projetos ou pesquisas e codificação. A realização das atividades citadas configura, para os autores, situações favoráveis para que o pensamento dos participantes da situação de ensino, ao mesmo tempo, ocorra e manifeste-se (concretize-se). Parece-nos que é possível afirmar que o que Raths *et al.* denominam "operações de pensamento" constituiriam exemplos de produtos/pensamentos dos processos de análise, síntese e generalização, referidos por Petrovski (1980). Ao final, estes processos são materializados no cérebro em pensamentos, com o caráter de produto (propriedades, características, noções, conceitos). Partindo da conceituação de pensamento de Petrovski e analisando as "operações de pensamento" acreditamos que as últimas possibilitam a operacionalização de atividades que, realizadas pelos estudantes, podem gerar estímulo aos elementos constitutivos fundamentais do pensamento: análise, síntese e generalização. As "operações de pensamento" representam situações favoráveis para que o raciocínio ocorra e os diferentes tipos de operações dão ênfase a aspectos mais específicos dos processos e produtos relacionados ao pensamento. Estes aspectos referem-se, em algumas operações, mais ao processo de análise (observação, descrição, comparação etc.), em outras mais à síntese (resumo, classificação, crítica etc.) e em outras, ainda, mais à generalização (classificação, busca de suposição e hipóteses, aplicação de fatos e princípios a novas situações etc.). Em todas as atividades citadas, o pensamento apresenta-se de forma integral (análise, síntese e generalização), mas acreditamos que o caráter específico das operações, de relacionarem-se mais diretamente a diferentes aspectos constitutivos do pensamento, pode criar condições para que o pensamento ocorra e seja estimulado. Ao mesmo tempo, estas atividades

podem colaborar para a elaboração de instrumentos de coleta de dados sobre os processos e produtos do pensamento.

Consideramos possível compatibilizar elementos dos dois referenciais por identificarmos convergências entre suas proposições. O pensamento só ocorre em função de necessidades; assim é necessário estimular sua ocorrência gerando essas necessidades. Estimulando o pensamento, os processos relativos à sua formação seriam favorecidos, mas também os produtos destes deveriam ser qualitativamente melhores. Assim, esperaríamos, a partir de estímulo e desenvolvimento, coerentemente com as proposições de Petrovski, análises mais profundas, sínteses mais significativas e generalizações baseadas em características substanciais e, portanto, o desenvolvimento de *conhecimentos aprofundados e multilaterais*, o que seria muito desejável nos ambientes de ensino, principalmente na escola. Para Petrovski (1980), a análise é a identificação no objeto de aspectos, elementos, propriedades, conexões, relações etc., é a divisão do objeto do conhecimento em diversas partes (p. 302). A síntese é a unificação dos componentes do todo separados na análise e nesse processo se produz a união, a correlação dos elementos nos quais havia sido dividido o objeto de conhecimento (p. 302). Já a generalização, que segundo ao autor tem origem na comparação, é a identificação de propriedades gerais e substanciais dos objetos comparados. Se essas propriedades são substanciais podemos dizer que cada propriedade é, ao mesmo tempo, geral para um grupo determinado de objetos homogêneos (p.303). Estas características gerais e substanciais são determinadas, segundo o autor, durante e como resultado de análises e sínteses profundas. Desse ponto de vista, é possível estabelecer certos objetivos relacionados ao estímulo e desenvolvimento do raciocínio de nossos alunos, tendo como meta análises e sínteses profundas, disparadoras de generalizações baseadas em características substanciais, que podem ser fundamentais para o desenvolvimento de conceitos científicos. Estas metas de raciocínio foram as que traçamos em nosso estudo quando descrevemos o tipo de processo e produto de pensamento que almejamos estimular e desenvolver em nossos alunos.

O Desenvolvimento de Conceitos segundo Vygostki

A partir dos resultados de uma série de pesquisas, Vygostki categoriza os conceitos como cotidianos e científicos. Segundo o autor, a formação de conceitos pelas crianças está relacionada diretamente à natureza destes, sendo o processo de formação diferente em função da natureza do conceito. Com relação aos conceitos cotidianos (“*espontâneos*”), o autor explica que:

“La aparición inicial del concepto espontáneo suele estar ligada al enfrentamiento del niño con una u otras cosas, en verdad, con cosas que explican al mismo tiempo los adultos, pero que, sin embargo, son cosas vivas y reales. Y solo a través de un prolongado desarrollo el niño llega a tomar conciencia del objeto, a tomar conciencia del concepto y de las operaciones abstractas que realiza con él.” (Vygotski, 1993, p. 252/253).

Vemos, então, que Vygotski relaciona os conceitos cotidianos às coisas ‘vivas’ e ‘reais’, às quais a criança se relaciona e com as quais tem experiências empíricas, sensoriais. Essas experiências empíricas proporcionam uma visão sobre os fenômenos, que, segundo o autor, pode se desenvolver, pois:

“El desarrollo de los conceptos espontáneos comienza en la esfera de lo concreto y lo empírico y se mueve en la dirección de las propiedades superiores de los conceptos: el carácter consciente y la voluntariedad.” (*ibid.*, p. 254).

Os conceitos cotidianos podem se desenvolver e passar a ter um caráter mais voluntário e consciente, deixando de estar relacionados tão estreitamente ‘à coisa’, ‘ao objeto’ e passando a um conhecimento mais abstrato, mais geral. Esses conceitos desenvolvem-se por meio de um processo indutivo, pela generalização a partir do conhecimento sensorial de objetos particulares.

Com relação aos conceitos científicos, o autor afirma que “*el nacimiento del concepto científico no se inicia con el enfrentamiento directo con las cosas, sino con la actitud mediatizada hacia el objeto*”. (*ibid.*, p. 253).

Os conceitos científicos têm desenvolvimento diferente dos cotidianos. Eles nascem de um plano abstrato, mediatizado por outros conceitos, até o objeto do conhecimento. Os conceitos científicos apresentam um desenvolvimento no sentido inverso dos espontâneos:

Podemos decir que la fuerza de los conceptos científicos se manifiesta en una esfera que está por completo determinada por las propiedades

superiores de los conceptos: el carácter consciente y la voluntariedad. (ibid., p. 254).

Explicando sua teoria, Vygotski localiza espacialmente e em uma posição superior as “*propiedades superiores de los conceptos: el carácter consciente y la voluntariedad*” (ibid., p. 254) e em uma posição inferior o “*ámbito de la aplicación concreta, espontánea, cuyo sentido viene determinado por la situación, en el ámbito de la experiencia y el empirismo*” (ibid., p.254). Vygotski descreve o desenvolvimento dos conceitos cotidianos e científicos como linhas, que caminham, embora de forma interdependente, em sentidos opostos, sendo que:

“el concepto espontáneo del niño se desarrolla de abajo arriba hacia propiedades superiores a partir de otras más elementales e inferiores y que los conceptos científicos se desarrollan de arriba abajo, a partir de propiedades más complejas y superiores hacia otras más elementales y inferiores” (ibid. p. 252).

Quando Vygotski localiza espacialmente as esferas nas quais as propriedades dos conceitos se encontram e explica o sentido do desenvolvimento destes – oposto –, ele não os está considerando como isolados na mente da criança. O autor inter-relaciona ambos os tipos de conceitos, explicitando sua interdependência. O desenvolvimento dos conceitos científicos depende, inicialmente, de algum desenvolvimento dos cotidianos e, em contra partida, o desenvolvimento dos conceitos cotidianos também sofre interferência determinante dos conceitos científicos em seu desenvolvimento:

“El desarrollo de los conceptos espontáneos comienza en la esfera de lo empírico y se mueve en la dirección de las propiedades superiores de los conceptos: el carácter consciente y la voluntariedad. La relación entre el desarrollo de estas dos líneas opuestas descubre sin duda alguna su verdadera naturaleza: la conexión entre la zona de desarrollo próximo y el nivel actual de desarrollo”. (ibid., p. 254).

“El concepto cotidiano, al situarse entre el concepto científico y su objeto, adquiere toda una serie de relaciones nuevas con otros conceptos y se modifica él mismo en su relación con el objeto”. (ibid., p. 259).

Para o autor, o caminho de desenvolvimento dos conceitos científicos dirige-se a um grau de aplicabilidade e de conexão com a realidade e o dos conceitos cotidianos à consciência e voluntariedade. Em ambos os casos, o autor sugere que no desenvolvimento destas linhas opostas, os conceitos cotidianos e científicos, há uma

conexão entre o nível atual do desenvolvimento daquele conceito (na mente do sujeito) e o que denomina zona de desenvolvimento proximal.

Vygotski está caracterizando o desenvolvimento dos conceitos através de uma relação entre o atual desenvolvimento deste, o conhecimento atual, e sua possibilidade de desenvolvimento. A zona de desenvolvimento proximal seria, então, a possibilidade potencial, amparada pelos instrumentos mediadores, de desenvolvimento dos conceitos. Vygotski explica que esse desenvolvimento é dependente das fases concretas determinadas pela estrutura de generalização (agrupamentos sincréticos, complexos, preconceitos e conceitos), mas não determinado por elas, já que o autor teoriza que a aprendizagem pode acelerar o desenvolvimento cognitivo. Dentro de cada fase concreta a relação entre os conceitos dá-se de forma muito diferente e as diferenças devem-se às estruturas diferenciadas de comunalidade. Na medida em que há desenvolvimento cognitivo da criança, novas estruturas são desenvolvidas e as relações entre conceitos passam a ser cada vez mais abstratas e do tipo verdadeiramente conceitual. A zona de desenvolvimento proximal, portanto, é uma possibilidade de desenvolvimento, em que a criança é capaz de desenvolver com auxílio aquilo que não faria sozinha e, a partir daí, pode tornar-se autônoma: *“porque lo que el niño sabe hacer hoy en colaboración será capaz de realizar mañana por sí mismo.”* (p. 254).

Vygotski relaciona o desenvolvimento conceitual ao desenvolvimento cognitivo da criança, sendo que a série de interferências mútuas entre conceitos cotidianos e científicos determina o conhecimento do sujeito e:

“el hecho de que la acumulación de conocimientos conduce firmemente a la elevación del nivel de los tipos de pensamiento científico, lo que a su vez se refleja en el desarrollo del pensamiento espontáneo y demuestra el papel rector de la instrucción en la evolución del niño en edad escolar. (Vygotski, 1993, p. 183).

“que los conceptos científicos transformen y eleven a un grado superior los espontáneos, formando su zona de desarrollo próximo...” (p. 254).

Como afirmamos anteriormente, o autor, ao contrário de afirmar que as fases concretas determinam e cerceiam as possibilidades de desenvolvimento, afirma que o ensino pode colaborar na superação destas. Vygotski escreve que se o desenvolvimento dos conceitos científicos repetisse, no fundamental, o desenvolvimento dos conceitos espontâneos, o resultado seria apenas o aumento, a ampliação do círculo de conceitos, apenas enriquecimento de vocabulário (Vygotski, 1993, p. 255). Mas, se:

“los conceptos científicos establecen una parcela de desarrollo que el niño no há recorrido aún. Si la asimilación del concepto científico se anticipa, es decir, se produce em una zona em que aún no han madurado las posibilidades correspondientes, comenzaremos a darnos cuenta de que la enseñanza de los conceptos científicos puede desempeñar em realidad um enorme y decisivo papel em el desarrollo mental del niño.” (ibid. p. 255).

O desenvolvimento dos conceitos científicos está mediado por meio de outros conceitos, formados com anterioridade e, diferentemente dos cotidianos, não ao seu objeto diretamente (*ibid.* p. 259). Segundo Vygotski, *“el problema del sistema es el punto central de toda historia del desarrollo de los conceptos genuínos em la infancia...”* (*ibid.* 259). Um sistema de significados surge junto com o desenvolvimento dos conceitos científicos e exerce uma ação transformadora nos conceitos cotidianos (*ibid.*). O sistema de significados formado por conceitos científicos genuínos – de elevado grau de consciência e voluntariedade – é a estrutura cognitiva que permite aplicabilidade destes conceitos científicos e elevação a um nível superior daqueles conceitos cotidianos já existentes. Relacionando-se à questão do *“sistema”*, o autor referiu-se ao que chamou de *“tejido conceitual”*. Este *“tejido conceitual”* seria uma rede de conceitos que estão em conexão e que, graças a isto, em fases superiores do desenvolvimento *“...cualquier concepto puede ser designado con ayuda de otros conceptos mediante uma cantidad innumerable de procedimientos.”* (Vygotski, 1993 p.262). A rede descrita pelo autor poderia ser explicada por uma analogia com a esfera terrestre. Cada intersecção entre meridianos e paralelos, cada ponto, representaria um conceito. Podemos compreender a longitude do conceito como *“... el lugar que ocupa entre los polos extremos del pensamiento visual y abstrato.”* (p.264). Já a latitude do conceito caracterizará *“el lugar ocupado por éste entre otros conceptos de igual longitud, pero que se refieren a otros puntos de la realidad...”* (*ibid.*). A partir das apresentadas podemos imaginar que as relações estabelecidas, conceitos formados por outros conceitos subordinados, estão intimamente relacionadas ao desenvolvimento dos conceitos utilizados na relação. Se admitirmos que o sujeito está em uma fase concreta desenvolvida, a fase conceitual, parte das relações será refletida no que Vygotski denominou de medida de comunalidade. A medida de comunalidade seria o *“... lugar del concepto dentro del sistema de todos los conceptos, determinado por su longitud y latitud, (...) este núcleo contenido em la interpretación de sus relaciones con otros conceptos...”* (*ibid.*). As considerações apresentadas parecem-nos interessantes do ponto

de vista das investigações centradas nos processos de aprendizagem e ensino, sendo que o esclarecimento de suas relações pode colaborar para o desenvolvimento de uma prática pedagógica convergente com as proposições de Vygotski.

Devido às características do processo de desenvolvimento que aqui descrevemos, um processo de ensino que se propõe estar baseado na teoria de Vygotski não pode ignorá-las. Da mesma forma, uma análise mais aprofundada dos processos de aquisição de conhecimento, relacionada à aprendizagem de conceitos científicos, pode beneficiar-se muito da consideração desta teoria na investigação dos processos de aprendizagem em âmbito escolar.

Vygotski dedicou-se ao estudo do desenvolvimento dos conceitos em crianças e do desenvolvimento cognitivo que levava à superação das fases concretas que descreveu. A teoria que deixou e o trabalho de seus contemporâneos (como Luria e Leontiev) e seguidores (como Davidov e outros) fornecem subsídios a uma tentativa de compreensão mais aprofundada destes processos de transformação e à proposição de estratégias de ensino coerentes com o referencial apresentado.

A evolução das espécies e o desenvolvimento conceitual.

Neste trabalho, como já citamos anteriormente, nos dedicamos ao estudo do desenvolvimento conceitual de participantes de um curso sobre um aspecto da teoria da evolução das espécies – a variabilidade intraespecífica – e do papel deste (desenvolvimento conceitual) nas idéias dos participantes sobre a teoria referida.

O desenvolvimento que analisamos está relacionado aos conceitos científicos (e relações entre conceitos) que fazem parte do que consideramos, a partir da leitura de três autores, como fundamental para a compreensão de um aspecto da teoria neodarwinista da evolução das espécies – a variabilidade intra-específica. Estes conceitos fazem parte do conhecimento científico atual sobre o processo evolutivo, a perspectiva chamada “neodarwinista”, sobre a qual desenvolveremos algumas informações nesta secção do trabalho. Objetivamos, com as informações apresentadas, fornecer ao leitor alguns elementos que auxiliem em sua compreensão sobre o conhecimento abordado na intervenção. Também objetivamos estabelecer algumas relações entre o conhecimento científico e a teoria de Vygotski, a fim de caracterizar alguns aspectos deste conhecimento como um sistema de relações, a partir do qual nossa

análise foi desenvolvida. Apresentaremos, primeiramente, uma visão geral do processo evolutivo. Logo depois, apresentaremos uma descrição mais detalhada sobre o princípio de variabilidade intraespecífica, relacionando-o à teoria de Vygotski que baseou a análise que desenvolvemos.

As informações aqui apresentadas foram extraídas, basicamente, de três fontes: Ferrari & Chi, 1998; Freeman, 1995 e Futuyma, 1987. O primeiro é um artigo que relata um trabalho de pesquisa sobre o ensino da temática. Os outros dois são livros técnico-científicos utilizados como textos básicos no curso de graduação em Ciências Biológicas.

A Evolução das Espécies

Um dos primeiros pensadores a abordar o processo da evolução dos seres vivos de um ponto de vista científico, com análise de fósseis e estruturas anatômicas (provas empíricas), foi Jean Baptist de Lamarck, no fim do século XVIII.

Lamarck explicava a evolução por meio de duas Leis: a “lei do uso e desuso” e a “lei da herança dos caracteres adquiridos”. A primeira explicava que, devido às necessidades impostas pelo ambiente, os organismos utilizavam mais ou menos determinados órgãos. Este uso desenvolvia os órgãos, assim como seu desuso fazia com que atrofiassem (assim como o exercício físico aumenta e desenvolve a musculatura e a não realização de exercícios faz com a musculatura fique frágil, flácida e até atrofiada, em casos extremos). Para Lamarck, estas alterações seriam transmitidas aos descendentes (herança dos caracteres adquiridos), que teriam maior chance de sobrevivência que seus ancestrais naquele ambiente, pois já nasceriam com vantagens adquiridas.

As idéias de Lamarck foram superadas, enquanto teoria científica, pelo desenvolvimento do conhecimento em diversas áreas (como a Fisiologia e Anatomia), assim como pelas idéias de Darwin. A teoria de Lamarck contém, subentendido, um elemento de intencionalidade no processo de evolução, já que as necessidades impostas pelo ambiente geram mudanças nos organismos. Explicações sobre a teoria evolutiva pautadas em uma certa intencionalidade do processo evolutivo e que, mesmo implicitamente, estão relacionadas às duas leis citadas são chamadas lamarckistas, ou com elementos lamarckistas.

Charles Darwin, no meio do século XIX, revolucionou o pensamento científico criando uma teoria evolutiva mais explicativa e menos falha que a de Lamarck. Esta teoria passou a ser chamada de “darwinismo”. De forma muito sucinta, alguns princípios básicos do darwinismo são, segundo Ferrari & Chi, 1998:

- Existem variações entre os indivíduos de uma população (variação intra-específica);
- Parte destas variações é transmitida aos descendentes (herança dos caracteres);
- Estas características diferentes permitem aos indivíduos diferentes possibilidades de atuação no ambiente ou em diferentes ambientes, o que pode configurar-se como vantagem ou desvantagem em relação a outros indivíduos da mesma população (taxa diferencial de sobrevivência);
- Vantagens em um dado ambiente possibilitam, ao indivíduo, uma maior taxa de sobrevivência, o que pode levar a uma maior taxa de reprodução e aumento da prole viável e que se reproduz (vantagem reprodutiva). Através das gerações, há um aumento na proporção daquela característica favorável – devido ao aumento de indivíduos portadores da mesma – em detrimento de outras desfavoráveis;
- Apenas pequenas variações ocorrem em uma única geração, mas como este processo é contínuo por muitas gerações, as mudanças acumulam-se até que podem tornar-se vantajosas (ou desvantajosas) de forma significativa e diferencial. Este processo pode gerar isolamento das sub-populações que possuem os diferentes caracteres e, em um longo período de tempo, originar a formação de novas espécies.

Aos princípios apresentados acrescentamos dois conceitos que, de certa forma, estão subentendidos dentro do conhecimento descrito. Mas, devido à sua importância e à forma pela qual foram abordados na intervenção, acreditamos ser relevante sua compreensão de forma destacada. Os conceitos são: seleção natural e adaptação.

- Seleção natural: é o processo de seleção de indivíduos portadores de características diferentes (vantajosas ou desvantajosas) dentro de uma população (ou entre populações), que gera mudanças nas proporções entre estes. Os indivíduos com menor número de características favoráveis em um

dados ambiente são selecionados negativamente (menor taxa de sobrevivência e menor taxa reprodutiva). Em contraposição, os com maiores taxas de sobrevivência e reprodução são selecionados positivamente. É importante destacar que a expressão “em um dado ambiente” está sublinhada para ressaltar o fato de que a mesma característica pode ser vantajosa em um ambiente e desvantajosa em outro.

– Adaptação: durante a intervenção utilizamos o conceito de adaptação para designar o processo pelo qual as características, que chamamos de adaptativas – que permitem aos organismos sobreviverem e se reproduzirem em dado ambiente –, são adquiridas e tornam-se cada vez mais eficientes ao longo das gerações de uma população de organismos. A permanência de uma nova característica em dada população e o possível desenvolvimento desta característica, tornando-se cada vez mais eficiente, acontece por meio da seleção natural sobre a variação surgida aleatoriamente na população. Não há intencionalidade neste processo, o ambiente não pode interferir no surgimento das características nem em sua mudança, ele apenas seleciona os indivíduos que apresentam variações, positiva ou negativamente.

Darwin não podia explicar de forma conclusiva como surgiam as características novas e esta lacuna em sua teoria só foi preenchida quase cem anos depois, pela síntese entre os conhecimentos gerados pela Genética e as idéias de Darwin. A esta síntese denominou-se “Teoria Sintética da Evolução” ou “neodarwinismo” e o elemento desconhecido por Darwin, a origem da variação intra-específica, foi chamado mutação. Este é o componente aleatório da evolução, que impede a intencionalidade do processo e que é transmitido geneticamente de geração para geração. Como as mutações ocorrem de forma aleatória, o surgimento da característica independe do ambiente. Então, cada mutação, que pode ou não originar uma manifestação fenotípica correspondente, traz a chance de gerar de vantagens ou desvantagens adaptativas. A mutação pode continuar existindo na população, pela sobrevivência e reprodução do indivíduo em quem ela aconteceu e dos que a receberam de seus ancestrais. As mutações que geram desvantagem podem ser eliminadas da população, desde que interfiram nas taxas de sobrevivência e/ou reprodução de forma negativa.

Variabilidade Intraespecífica

Como já mencionamos, analisamos neste trabalho o desenvolvimento de conceitos (e relações entre conceitos) dos participantes relacionados à variabilidade intraespecífica e seu papel no processo evolutivo. O conhecimento científico relacionado à variabilidade intraespecífica pode ser compreendido como um sistema de relações entre conceitos científicos. Este sistema de relações forma um conhecimento aplicável e que assume um papel central no sistema de todas as relações que formam o conhecimento científico relativo à teoria da evolução das espécies, segundo a perspectiva neodarwinista.

Segundo Ferrari & Chi (1998), a variabilidade intraespecífica pode ser explicada, inicialmente, como:

“Indivíduos de uma geração, de uma espécie em particular, diferem-se uns dos outros em um número de dimensões, incluindo características físicas (tamanho, cor), características mentais (percepção, memória, inteligência), e comportamentais (cuidado-parental, forrageio).”, (p. 1232)

Portanto, a variabilidade intraespecífica está relacionada à presença de diferenças entre indivíduos de uma espécie em particular em um determinado momento. Mas, apenas a existência de indivíduos portadores de diferentes características não contempla as relações importantes entre esta diversidade e o processo evolutivo. Estas relações referem-se à determinação, herança e origem da variação realmente significativa, além das relações entre esta variação e outros conceitos relacionados ao processo evolutivo. As relações abordadas na intervenção, e analisadas neste trabalho, representam nossa escolha, a partir de Ferrari & Chi (1998), Freeman (1995) e Futuyma (1987), dos aspectos principais/centrais na compreensão deste conhecimento. Nossa escolha está relacionada ao conhecimento científico expresso nas fontes citadas e ao papel importante da variabilidade intra-específica em um sistema maior de relações que compõe a teoria neodarwinista da evolução. Os conceitos, e relações entre conceitos, relacionados à variabilidade intraespecífica formam um sistema menor de relações, dentro do conhecimento sobre evolução, que foram objeto de ensino e que desempenham um papel significativo na compreensão da teoria neodarwinista.

Os aspectos relacionados à variabilidade intraespecífica e seu papel no processo evolutivo que definimos como principais foram:

Existência de diferenças entre indivíduos de uma espécie

Existem diferenças entre os indivíduos de determinada espécie em um determinado espaço e momento. Essas diferenças referem-se a características físicas, mentais e comportamentais. Para o processo evolutivo apenas as variações de características determinadas geneticamente são importantes, porque podem ser transmitidas às próximas gerações. Estamos denominando a existência desta diversidade de características geneticamente determinadas como, simplesmente, variação.

Conceito de espécie

Conjunto de indivíduos com capacidade de inter cruzamento e produção de descendentes férteis na natureza.

Geração da variação é aleatória

A geração da variação intraespecífica, determinada geneticamente, é determinada por processos que ocorrem aleatoriamente (mutação e recombinação) e que produzem mudanças que se distribuem nos organismos, e em suas características, ao acaso. Durante a intervenção apenas o conceito de mutação foi abordado.

Relação entre variação e mutação

Mutação é uma mudança no material genético (genótipo) que pode ou não causar mudanças em características do organismo (fenótipo). Na intervenção, abordamos o conceito de mutação enfatizando as mudanças no material genético que podem gerar mudanças em características dos organismos. Essas mudanças estão relacionadas à origem de variações favoráveis, desfavoráveis e neutras em dado ambiente.

Princípio da herança dos caracteres

Ferrari & Chi (1998), cita o papel da herança dos caracteres, determinados geneticamente, no processo evolutivo:

“Algumas dimensões da variação são determinadas geneticamente, outras dimensões são adquiridas. Apenas características determinadas geneticamente são relevantes para a evolução”, (p. 1232)

Como já descrevemos anteriormente, e como os autores citados ressaltam, as variações importantes para o processo evolutivo são aquelas determinadas geneticamente. Esta importância refere-se ao fato de que apenas mudanças genéticas – e seu possível reflexo na alteração de características determinadas por esses genes – podem ser transmitidas às novas gerações, possibilitando mudanças nas populações ao longo do tempo. O princípio da herança dos caracteres refere-se, então, também à determinação genética das características importantes no processo evolutivo e à sua transmissão, ao longo das gerações. Este princípio, por extrapolação, faz menção à impossibilidade de transmissão das características adquiridas, idéia relacionada à visão lamarckista do processo evolutivo. Mudanças em características adquiridas em um determinado momento da vida dos indivíduos – como, por exemplo, mudanças na musculatura devido a exercícios – não podem ser transmitidas às novas gerações.

Relação entre variação e adaptação

A variação intraespecífica é a base da adaptação, pois gera diversidade sobre a qual age a seleção natural, como, por exemplo, a possibilidade de que em uma mudança ambiental características já presentes em parte da população possam ser favoráveis a esses indivíduos, apenas. A geração da variação intraespecífica a partir das mutações é responsável pela possibilidade de que novas características – e mudanças em características já existentes –, inclusive favoráveis, surjam em um dado ambiente. A variação surgida por mutações é responsável pela existência de diferenças em uma mesma característica portada por diferentes indivíduos de uma população. Estas pequenas diferenças, selecionadas pelo ambiente, podem possibilitar que as características tornem-se cada vez mais favoráveis ao longo das gerações, configurando, assim, o processo de adaptação.

Neste trabalho o conceito de adaptação dos participantes não foi analisado, apenas a relação entre o mesmo e a variabilidade intraespecífica.

Relação entre variação e ambiente

A variação existente nas populações só pode ser avaliada a partir de sua relação com o ambiente. Indivíduos que possuam uma mesma característica em diferentes ambientes ou em populações submetidas a mudanças ambientais, podem ser favorecidos

ou prejudicados por esta, em função da configuração ambiental à qual estejam submetidos. O ambiente não pode interferir na probabilidade de surgimento de características, apenas atua como força seletiva sobre a variação existente, selecionando positivamente as favoráveis e negativamente as desfavoráveis.

Relação entre variação e processo evolutivo

Todos os aspectos anteriormente mencionados relacionam-se formando um sistema dentro do conhecimento sobre a teoria neodarwinista, que caracteriza o papel da variação intraespecífica no processo evolutivo.

Sem a existência de variação não há possibilidade de mudanças ao longo das gerações, que caracterizam o processo evolutivo. A variação é indispensável à evolução pois gera a base para a seleção natural e adaptação, mecanismos fundamentais no processo evolutivo. A variação surge aleatoriamente (através das mutações e recombinações) e é transmitida geneticamente, tornando possível o processo de adaptação, gerado pela seleção natural sobre a variação de uma mesma característica e sobre as características novas que possam surgir em dado ambiente. O ambiente possui elementos (predação, competição intraespecífica etc.) que agem como força seletiva sobre a variação, não atuando na probabilidade de surgimento de uma característica, mas na proporção de indivíduos portadores (ou não) da mesma na população.

3 – INTERVENÇÃO

Neste estudo, como já referido em capítulos anteriores, objetivando analisar o desenvolvimento conceitual e seu papel no desenvolvimento das idéias de estudantes sobre a teoria da evolução das espécies, optamos por implementar uma intervenção de ensino que propiciasse dados para o tipo de pesquisa proposto. A intervenção foi planejada para, com o apoio de um instrumento de ensino, criar condições para o desenvolvimento concomitante do pensamento dos estudantes que dela participaram, e de suas idéias sobre evolução das espécies. Ao mesmo tempo, o desenho da intervenção pretendeu gerar dados para a análise do processo de ensino e de aprendizagem desenvolvidos e de sua inter-relação. Assim, as atividades planejadas para compor a intervenção, que de maneira geral incluíram a utilização do instrumento de ensino – Tupec e Iscam Nam –, objetivaram conhecer e interferir nas idéias dos alunos e no desenvolvimento de seu pensamento e garantir registros dos produtos dos alunos e do processo realizado. Para tanto, a intervenção foi desenvolvida em três etapas que se distinguem pelos seus objetivos e, em conseqüência, procedimentos utilizados e atividades realizadas. As etapas foram: Avaliação Diagnóstica, Desenvolvimento e Avaliação Final – Avaliação de Aprendizagem.

Neste capítulo, descreveremos a intervenção de ensino em suas etapas, o instrumento – Tupec e Iscam Nam –, que teve papel central em seu desenvolvimento e as formas como este instrumento de ensino foi utilizado.

Como já descrevemos, a intervenção foi elaborada para gerar, concomitantemente, desenvolvimento conceitual e do raciocínio dos alunos, além de registros sobre este desenvolvimento, que se tornaram dados passíveis de análise. Mas, decidimos utilizar neste trabalho apenas os dados relativos ao desenvolvimento conceitual dos participantes. Os dados coletados sobre o raciocínio dos alunos, e seu possível desenvolvimento, durante a intervenção não foram analisados e farão parte de futuros estudos. Independentemente disto, apresentaremos a intervenção assim como ela foi elaborada e desenvolvida, em função de seus objetivos de ensino: desenvolvimento conceitual sobre a teoria da evolução das espécies e estímulo ao desenvolvimento do raciocínio dos participantes.

A intervenção teve a forma de um “Curso de Evolução” com quinze aulas, oferecido no último semestre de 2002. O curso aconteceu ao longo de quase dois meses nas dependências de um dos prédios de aulas da UFSCar. As aulas aconteceram, geralmente, duas vezes por semana e tiveram duração de duas horas cada.

Participantes da Intervenção

Como já foi mencionado anteriormente, participaram das atividades que configuraram a intervenção de ensino analisada neste estudo, além do pesquisador, que atuou como professor, 16 estudantes de um curso pré-vestibular popular, o projeto de Extensão Curso Pré-Vestibular da UFSCar¹.

Os alunos convidados a participarem da intervenção de ensino que desenvolvemos foram os alunos das três turmas da modalidade 02 anos do projeto² que haviam iniciado naquele ano e que, portanto, se encontravam no primeiro ano do curso. Decidimos divulgar o curso exclusivamente para alunos dessas turmas pelos seguintes motivos:

- a) a limitação de tempo do pesquisador não permitia a organização de muitas turmas, que atendessem a todos os alunos do projeto;
- b) algumas limitações com relação ao material utilizado na intervenção – à quantidade de conjuntos completos do instrumento de ensino – não permitiam a execução do trabalho com turmas de mais de vinte participantes;
- c) a proposta pedagógica da intervenção adequava-se perfeitamente aos objetivos da modalidade de curso, que era proporcionar condições para aprendizagem

1 O Curso Pré-Vestibular da UFSCar é um projeto de extensão da Universidade Federal de São Carlos do qual participam um grande número de membros da comunidade acadêmica e da comunidade da cidade de São Carlos e região, incluindo o pesquisador que, na época da coleta de dados, atuava como professor do mesmo. Os objetivos do projeto são proporcionar: a) possibilidade de acesso ao ensino superior público aos membros da comunidade local, oriundos das camadas mais empobrecidas da população, que não podem frequentar um curso pré-vestibular da iniciativa privada; b) um espaço diferenciado de formação de professores dentro da Universidade, no qual a experiência docente possa ser mais duradoura e contínua que a oferecida pelos estágios curriculares dos cursos de licenciatura e na qual haja o contato entre estes alunos e uma realidade social, geralmente, diferente da que conhecem.

2 Os candidatos que iniciaram o ano letivo de 2002 no “Curso Pré-Vestibular da UFSCar” puderam escolher entre duas modalidades de cursos, 01 e 02 anos. O curso de 01 ano, com relação ao tipo de aula ministrada e aos conteúdos, é muito parecido com um extensivo noturno da iniciativa privada. Já, o curso de 02 anos foi idealizado para se diferenciar do primeiro tanto do ponto de vista do tempo para o desenvolvimento da programação de conteúdos (quase o dobro) quanto da proposta pedagógica.

significativa dos conteúdos abordados, razão principal para a divulgação apenas nessa modalidade do curso.

Além disso, acreditávamos que seriam minimizados dois fatores, causados pela proximidade do fim de ano, a que estavam mais sujeitos os alunos da modalidade de um ano: a tensão da proximidade do vestibular e a ‘correria’ com os conteúdos.

O Instrumento de Ensino – Tupec e Iscam Nam

A intervenção de ensino analisada neste estudo teve como um dos elementos diferenciais o apoio constante de um instrumento de ensino, que teve participação na maior parte das atividades e que foi elemento central para gerar muitas discussões.

O instrumento de ensino caracteriza-se como uma simulação do processo evolutivo, que consiste na representação dele por meio de dinâmicas criadas para duas populações de organismos hipotéticos - Tupec e Iscam Nam – que vivem em ambientes também hipotéticos. A idéia central do instrumento é que, através do desenvolvimento de dinâmicas com os materiais e com regras estabelecidas, certos princípios e conceitos centrais da teoria da *evolução das espécies* possam ser representados de forma fiel e acentuando alguns aspectos. A acentuação possibilita que alguns processos sejam representados de forma mais evidente e que alguns fenômenos – temporalmente impossíveis no mundo real – possam ser acompanhados (como a especiação).

Cada um dos organismos, Tupec e Iscam Nam, possui características bem distintas; por exemplo, Tupec é bípede enquanto Iscam Nam é quadrúpede (Figura 01). Independente disto, cada um é formado por quatro peças (como um quebra-cabeça de quatro partes), cada uma representando uma parte do corpo do organismo (cabeça, patas, corpo, rabo etc.). Em cada peça encontram-se caracteres, que podem variar (variam, por exemplo, quanto à posição do olho, a presença ou ausência de garras etc.). As variações são conseguidas mudando-se as peças básicas, isto é, cada uma das quatro partes do corpo: cada peça apresenta três variações, o que significa que há, por exemplo, três diferentes cabeças de Iscam Nam, três diferentes pés de Tupec etc (Figura 02). Deste modo, cada organismo pode ser montado de oitenta e uma maneiras diferentes, através da combinação das quatro peças e de suas três variações. Cada organismo é montado em um *display*, que também tem um espaço para a colocação das peças com sinais + (Figura 01).

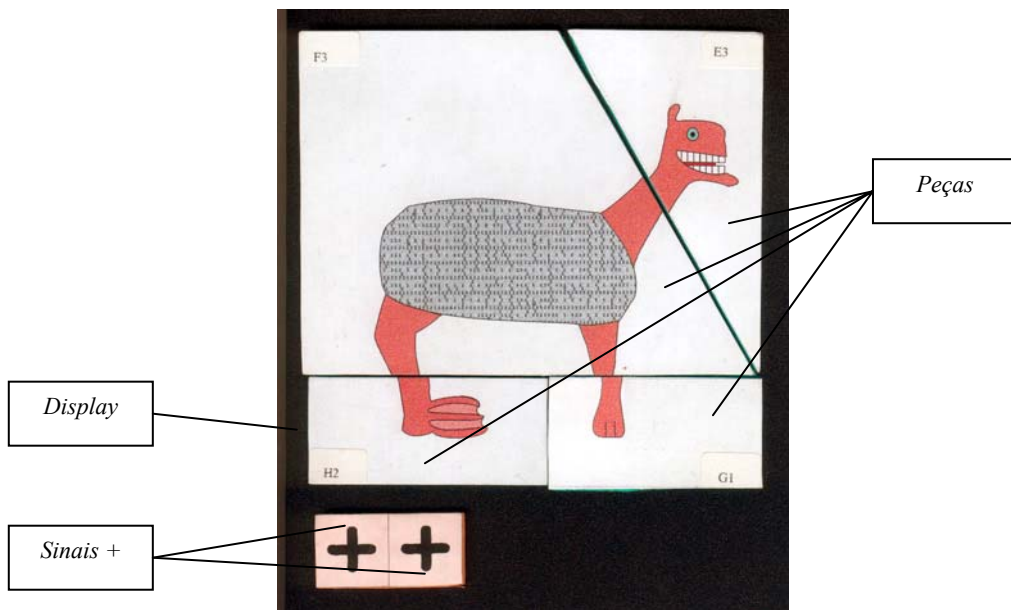


Figura 01 – Iscam Nam: Organismo de Iscam Nam montado em um “display” com dois sinais + representando as características de uma hipotética população e seu tamanho.

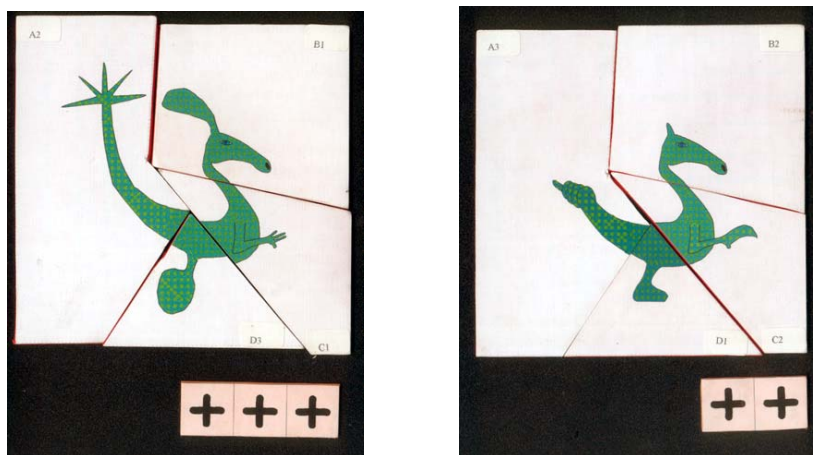


Figura 02 – Dois organismos de Tupec montados em displays. É possível perceber, comparando cada organismo, que há diferenças entre as peças de cada figura, representando dois caracteres relacionados ao rabo (rabo estrelado e rabo enrolado), dois a mão (manipuladora e garra) etc.

Cada elemento do instrumento representa um aspecto específico relacionado ao processo evolutivo. Os organismos Tupec e Iscam Nam, montados em um *display*,

representam sub-populações caracterizadas por sua configuração de caracteres. Estas sub-populações vivem em um dos ambientes hipotéticos. Existem pranchas com desenhos dos diferentes ambientes, que se diferenciam por apresentarem variações de clima, de vegetação e disponibilidade de água e, em alguns casos, variações de relevo. Estes ambientes podem representar uma força seletiva, através da relação entre caracteres dos organismos e os recursos existentes, havendo a possibilidade de representação das relações de adaptação, seleção etc. Há, também uma relação seqüencial entre os ambientes, ou seja, as alterações de cada um estão relacionadas a modificações de outro ambiente (anterior). Assim, os doze ambientes representam uma possível seqüência de modificações geológicas em uma paisagem, do ambiente 1 para o 2 e assim por diante, de forma que o ambiente 12 relaciona-se ao 1 formando um ciclo de alterações.

Também compõem o instrumento duas roletas, cada uma contendo todos os caracteres possíveis para um dos organismos (Tupec e Iscam Nam) e duas tabelas, também uma para cada. As tabelas relacionam cada uma das oitenta e uma combinações de caracteres possíveis (formando indivíduos) a uma quantidade de sinais: positivos (+); zero (0); ou negativos (-), para cada um dos doze ambientes. As roletas propiciam um meio de geração aleatória de mudanças nos caracteres das sub-populações e, portanto, representam os processos genéticos – mutações e recombinações. Os sinais (+) representam o tamanho da população e o mesmo tamanho tem relação com a tabela de eficiência, para cada tipo de organismo em dado ambiente. A tabela foi elaborada através do estabelecimento de possíveis relações entre caracteres e ambiente, de forma a explicitar um possível tamanho daquela sub-população (com dado conjunto de caracteres) naquele ambiente. Dessa forma, em um determinado ambiente, algumas populações com caracteres possivelmente favoráveis neste ambiente aparecem com grande número de sinais positivos (+, no máximo seis), enquanto outras, com caracteres possivelmente desfavoráveis, podem aparecer com poucos, nenhum (zero) ou até com sinais negativos (-).

A partir dessas relações explicitadas, muitas atividades podem ser criadas com o instrumento. Grupos de participantes podem ser montados e os elementos do instrumento distribuídos a estes. As atividades propostas podem variar muito, em função das intenções de quem as propõe, por exemplo, o professor. Uma das atividades

pode ser uma demonstração, acompanhada e desenvolvida pelos alunos, de acontecimentos gerados pela execução sistemática de regras pré-estabelecidas de utilização do instrumento. Montando-se um *display* (um dos animais hipotéticos) com certa combinação de caracteres e determinando um ambiente, tem-se, inicialmente, uma sub-população vivendo em seu meio natural. Essa população tem um número de indivíduos e este é determinado pelas relações entre características e ambiente, explicitado na tabela. Rodando a roleta para sortear variações, formam-se novas sub-populações a partir da inicial. Essas novas sub-populações apresentam ligeiras variações, cuja relação com o ambiente proporciona um determinado tamanho populacional. Portanto, a sistemática desta atividade poderia ser descrita da seguinte forma geral:

- Rodada de sorteio de variações para todas as sub-populações existentes
- Identificação dos tamanhos dessas populações em dado ambiente
- Mudança de ambiente
- Conferência dos tamanhos das populações no novo ambiente
- Rodada de sorteio de variações para todas as sub-populações no novo ambiente
- Identificação dos tamanhos de todas as sub-populações nesse novo ambiente
- Nova mudança de ambiente

Esta sistemática gera uma possibilidade de utilização do instrumento, que permite diferentes graus de participação dos alunos e que possibilita variações em função das intenções do proponente.

Do ponto de vista do material, o instrumento consiste em:

1. Peças cortadas em forma de quebra cabeça – que representam caracteres –, sendo que cada uma constitui uma estrutura de quatro que formam um animal Tupec ou Iscam Nam.
2. Peças com sinais +.
3. Roletas de mutações – roletas com todos caracteres e suas variações
4. Displays para montagem das peças.
5. Desenhos representando doze ambientes.
6. Tabela de eficiência dos animais no ambiente.

Descrição detalhada da intervenção

Antes do início da intervenção, houve um planejamento geral de como esta seria e que atividades seriam realizadas. Contudo, o planejamento sofreu alterações em função do delineamento inicial, das análises dos produtos dos alunos e reflexões do professor/pesquisador durante o curso.

No planejamento inicial foram definidas e elaboradas atividades que objetivaram contemplar as duas dimensões deste trabalho: os objetivos do ensino e os da pesquisa, para cada uma das etapas da intervenção – Avaliação Diagnóstica, Desenvolvimento e Avaliação Final. Como objetivos gerais de ensino estamos considerando o desenvolvimento das idéias dos estudantes sobre evolução das espécies e de seu pensamento. Em consonância com objetivos da pesquisa e referenciais teóricos, foram planejadas atividades orientadas por ambos objetivos de ensino, sendo que estas atividades foram, na maioria das vezes, apoiadas pelo instrumento de ensino.

Anteriormente à definição e elaboração das atividades, selecionamos os princípios considerados pelos autores Chi & Ferrari (1998) como fundamentais para uma compreensão convergente com darwinista do processo evolutivo. Esses princípios são: variação intra-específica; hereditariedade de certas características; taxa diferencial de sobrevivência (adaptação local); taxa diferencial de reprodução e acumulação de variações através das gerações³. Paralelamente, definimos o conjunto de *operações de pensamento* que seriam incluídas como conteúdo de ensino, a partir de um conjunto maior, encontrado em Raths (1977): observação/descrição; comparação; classificação; elaboração de resumos; aplicação de fatos e princípios a novas situações; interpretação; busca de suposições, proposição de hipóteses, conceituação/definição.

Para as três etapas da intervenção tentamos garantir a realização de uma variedade de atividades, por meio da combinação entre diferentes princípios e conceitos e distintas operações de pensamento. Para organizar o trabalho de forma a garantir a combinação desejada, elaboramos uma codificação e um quadro de planejamento. A codificação foi um recurso utilizado para facilitar a construção do quadro de planejamento, no qual os princípios e as operações de pensamento foram distribuídos de

³ A esses princípios foram acrescidos, ao longo do curso, dois conceitos: seleção natural e adaptação. Essa alteração foi baseada em Freeman (1995) e Futuyama, (1987) e em nossas reflexões sobre os dados da Avaliação Diagnóstica.

forma articulada. Outra função do quadro de planejamento foi assegurar que as atividades, envolvendo as *operações de pensamento* selecionadas, fossem realizadas nas três etapas da intervenção, garantindo dados para uma análise processual desta categoria.

O quadro de planejamento serviu de guia para a ação, sendo que alterações em atividades previstas nele configuraram o segundo tipo de elaboração de atividades, em processo. Uma análise dos produtos parciais dos alunos era realizada ao fim de cada aula, para compreender as idéias dos alunos e analisar as operações de pensamento, além de possibilitar uma reflexão mais geral acerca do cumprimento dos objetivos da aula. A partir dessa análise, de novas idéias que surgiram (inclusive propostas dos alunos) e da identificação de atividades que não puderam ser realizadas (ou que foram realizadas, mas de forma insatisfatória), as aulas foram sendo re-elaboradas à medida que o curso avançava.

Como já referido, o curso teve um total de 15 aulas, distribuídas em três etapas. A etapa de Avaliação Diagnóstica foi desenvolvida em 05 (cinco) aulas, ao longo pouco mais de uma quinzena. Nesta foram realizadas atividades que tiveram a função de promover a explicitação das idéias dos alunos sobre a temática abordada e obter elementos sobre sua forma de pensar. A etapa de Desenvolvimento foi realizada em 08 (oito) aulas, ao longo de quase trinta dias. Nesta fase foram desenvolvidas as atividades de ensino elaboradas para que, de forma articulada, fossem fornecidas oportunidades para que o raciocínio dos alunos fosse estimulado e para que houvesse aprendizagem de conceitos científicos sobre “Evolução das Espécies”, com possível contribuição do estímulo do raciocínio à aprendizagem. A Avaliação Final foi realizada nas duas últimas aulas, do curso, nas quais os alunos realizaram atividades que tiveram a função de explicitar suas idéias sobre a temática abordada e o possível desenvolvimento de seu pensamento. A seguir apresentaremos mais detalhadamente cada etapa, com exemplos que permitam a visualização do que foi desenvolvido.

Etapa 1 - Avaliação Diagnóstica

Nessa etapa, como já mencionado, objetivamos conhecer as idéias sobre a temática abordada e o pensamento dos alunos, explicitados nas “operações de pensamento”. Portanto, nas aulas foram propostas atividades nas quais os alunos

tiveram de explicitar suas idéias e realizar operações de pensamento, que foram registradas. Geralmente, as atividades realizadas articulavam esses dois elementos e os registros gerados em cada uma continham dados de ambas as naturezas.

No início desta etapa, apresentamos aos alunos, de forma sucinta, os objetivos do curso – a aprendizagem de princípios fundamentais da temática abordada – e as características e objetivos da pesquisa – que traduzimos como uma tentativa de compreender “*como e o que eles aprenderiam dentro do curso?*”. Durante esta primeira aula também foi aplicado um questionário de Avaliação Diagnóstica (Anexo 1), que levantava questões sobre a temática abordada. O questionário foi extraído de Bizzo (1996) e aborda todos os princípios e conceitos trabalhados na intervenção através de questões abertas, de aplicação do conhecimento sobre o processo seletivo a situações, predição e formulação de hipóteses.

Na segunda aula do curso o instrumento Tupec e Iscam Nam foi apresentado e a partir daí todas aulas procuraram articular idéias dos alunos e estímulo ao raciocínio dos mesmos, utilizando ou não o instrumento.

Atividades em que não se utilizou o instrumento de ensino – alguns exemplos

Além da aplicação do questionário, outros dois tipos de atividades realizadas não se apoiaram diretamente no instrumento para seu desenvolvimento. Na aula 03, foi distribuído um texto sobre o Projeto TAMAR (Tartarugas Marinhas – Anexo 2) e solicitado aos alunos que o lessem. Após a leitura, foi realizada uma pequena discussão suscitada por questões propostas pelo professor para possibilitar o esclarecimento de dúvidas e fomentar a apresentação de perguntas pelos próprios alunos. Em seguida distribuimos um roteiro de atividades (Anexo 3), lemos e esclarecemos dúvidas sobre as questões (palavras e termos desconhecidos, possíveis interpretações de algumas questões) e solicitamos aos alunos que as desenvolvessem individualmente. Com essa aula objetivamos explicitar alguns dados, principalmente, sobre a operação de pensamento, interpretação e sobre as idéias dos alunos a respeito da taxa diferencial de sobrevivência e taxa diferencial de reprodução e elementos relacionados a estas.

Atividades realizadas com o instrumento de ensino – alguns exemplos

Quando o instrumento de ensino foi apresentado, não foram determinadas regras de utilização. Assim, com os materiais em mãos, os próprios alunos puderam estabelecer sistemáticas de utilização do instrumento e puderam utilizá-lo para ilustrar suas idéias.

Uma atividade proposta para que os alunos realizassem em grupo (Aula 02) foi: observar, descrever e comparar os diferentes caracteres possíveis para cada um dos indivíduos de Tupec ou Iscam Nam. Durante a realização da atividade, os alunos deveriam discutir, registrar as idéias do grupo e elaborar um registro final para ser entregue ao professor. Após a realização da atividade, solicitamos que cada grupo montasse e apresentasse um indivíduo, da população observada (Tupec ou Iscam Nam), para o outro grupo e, também, que explicasse como seriam os descendentes de cruzamentos entre indivíduos com aquelas combinações (indivíduos com as mesmas combinações) e porquê teriam as características explicitadas. Após a apresentação foi solicitado que a cada aluno que respondesse individualmente: *“Por que os diferentes indivíduos de Tupec e os de Iscam Nam, mesmo tendo características diferentes, ainda são parecidos? Como podem surgir essas diferentes características?”*.

As duas atividades tiveram a função de explicitar indicadores das operações de pensamento requeridas na atividade que envolvia observação/descrição e comparação, e também da operação de pensamento ‘elaboração de resumos’, quando os alunos sintetizaram suas idéias a respeito dos organismos para o outro grupo. Esta última atividade também objetivou fornecer dados sobre as idéias dos alunos a respeito dos princípios “variabilidade intraespecífica” e “herança dos caracteres”.

Outro exemplo de atividade que ilustra o diagnóstico realizado foi a proposta apresentada na última aula desta etapa (aula 5), na qual solicitamos aos alunos, trabalhando em grupo, que demonstrassem, utilizando o instrumento, como pode ocorrer adaptação de uma população de organismos em um determinado ambiente. Os alunos discutiram sobre os elementos do instrumento, seu possível papel, o que pensavam sobre o conceito adaptação e, após a discussão, sistematizaram uma apresentação que foi gravada em vídeo. Nessa apresentação foi possível identificar dados sobre os princípios de variabilidade intraespecífica, herança dos caracteres, acumulação de variação através das gerações e sobre o conceito de adaptação. Foi possível, também, coletar dados sobre as operações de pensamento comparação,

aplicação de fatos e princípios a novas situações, proposição de hipóteses, elaboração de resumo.

Etapa 2 - Desenvolvimento

Nessa etapa, foram desenvolvidas atividades nas quais, de forma integrada, foram abordados os conceitos e princípios centrais da teoria neodarwinista da evolução das espécies, as idéias dos alunos e as operações de pensamento previamente selecionadas, gerando registros dos processos e produtos relacionados a estes.

As atividades desenvolvidas e procedimentos utilizados incluíram aulas expositivas-participativas, atividades com o instrumento, resolução de questões e outras, nas quais a consideração das idéias dos alunos e as operações de pensamento estavam sempre presentes.

A sistemática de elaboração e re-elaboração das atividades pode ser descrita genericamente da seguinte forma: consideração da análise prévia (realizada na Avaliação Diagnóstica) sobre as idéias dos alunos a respeito de cada um dos princípios e conceitos definidos como fundamentais na temática abordada; articulação das operações de pensamento pré-definidas e dos conteúdos sobre a temática abordada na proposição de atividades a serem realizadas pelos alunos; utilização do instrumento como um dos elementos centrais das atividades propostas.

Antes do início desta etapa, desenvolvemos uma análise das idéias dos alunos a respeito dos conceitos fundamentais da temática e das operações de pensamento evidenciadas no Diagnóstico Inicial. A partir dessa primeira análise, o conjunto de atividades planejadas (antes do início das aulas) foi re-analisado e adaptado. À medida que as atividades eram realizadas, após cada aula, analisávamos os produtos das mesmas, identificávamos as novas necessidades e fazíamos as alterações necessárias no planejamento.

O desenvolvimento das atividades envolvia a proposição de questões norteadoras, que configuravam desafios aos alunos. A resolução desses desafios pelos alunos, de forma autônoma, era o objetivo que guiava nossa ação, enquanto docente, e a reflexão que gerava as alterações no planejamento, que serão descritas posteriormente. A aula 12, descrita a seguir, pode exemplificar estas idéias.

Inicialmente foi realizada uma discussão sobre o filme Parque dos Dinossauros, assistido na aula anterior por sugestão dos alunos. Este filme conta a história de cientistas que, a partir de moléculas de DNA encontradas em mosquitos fósseis, conseguem dar vida aos dinossauros. Assim, aborda alguns conceitos relacionados à evolução e paleontologia, um dos protagonistas é paleontólogo, e sobre interesses comerciais relacionados à descoberta científica e seu financiamento. A discussão foi conduzida pelo professor de forma que os alunos pudessem, mais livremente, expor suas idéias. As dúvidas foram esclarecidas e os alunos descreveram as anotações que haviam feito. Antes de iniciar a atividade, selecionamos alguns conteúdos para a discussão, que seriam introduzidos se não aparecessem naturalmente ao longo da mesma. A forma de introdução desses temas foi, sempre, por meio da proposição de questões, como: *“Por que o pesquisador achava que as aves têm origem a partir dos dinossauros? Que evidências ele tinha disto? Vocês concordam? Os dinossauros viraram pássaros? Como podem ter surgido as aves a partir dos dinossauros?”*. Ao fim da discussão foi proposta a seguinte atividade:

Com Tupec e Iscan Nam, mostrem como um grupo poderia dar origem a outro, como foi o caso dos dinossauros e aves.

Ao tentar resolver esse desafio, os alunos estavam em uma situação na qual era possível conhecer suas idéias; na impossibilidade de resolução, poderíamos interferir de modo a colaborar com seu processo de aprendizagem. Assim, procuramos identificar as causas das dificuldades de resolução e criar condições para que os alunos resolvessem o problema que era o objetivo da atividade. Algumas das ações de apoio foram: introdução de novas informações; formulação de novas questões; elaboração e desenvolvimento de novas atividades, em etapas posteriores; entre outras.

Além da elaboração e proposição de atividades e da condução de discussões, o trabalho docente também se caracterizou pela disponibilização de informações. Além das informações fornecidas em textos e nas próprias atividades com o instrumento, o professor utilizou-se de exposições participativas nas quais procurou fornecer informações fundamentais para a aprendizagem dos conteúdos. Esse tipo de aula (expositivo/participativa) foi introduzido a partir da identificação da necessidade de informações específicas para possibilitar a aprendizagem dos princípios e conceitos

científicos abordados. A aula 06, que descreveremos a seguir, pode servir de exemplo para o tipo de intervenção realizada.

Nessa aula expusemos um conjunto de regras que determinam uma das alternativas de utilização do instrumento⁴. Após a explanação, propusemos que os alunos realizassem uma atividade com o instrumento, isto é, manuseassem as peças e controlassem as alterações necessárias ao desenvolvimento da dinâmica, mas obedecendo as regras. Na aula anterior, havíamos constatado dificuldades dos alunos com relação ao conceito de espécie (idéias divergentes do conceito científico e dificuldades de expressão de idéias a respeito desse conceito). Continuando a atividade, fizemos uma explanação sobre o conceito de espécie, na qual algumas eram fundamentais à definição do conceito e outras não. Finalmente, solicitamos aos alunos que, a partir da atividade com o instrumento e das informações fornecidas, definissem espécie.

A descrição anterior traduz o esquema geral de desenvolvimento do curso. Ainda como parte da sistemática de condução do trabalho, sempre que, ao longo do curso, foram identificadas novas necessidades para garantir a aprendizagem objetivada, foram introduzidas alterações no planejamento inicial e na condução do trabalho. A seguir, descreveremos os tipos de alterações e forneceremos um exemplo ilustrativo para cada um:

a) alterações relacionadas à identificação, durante o processo de ensino, de idéias dos alunos, divergentes do conhecimento científico:

Sempre que houve identificação deste tipo de ocorrência, foram planejadas atividades complementares. Por exemplo, na aula 10 os alunos discutiram e formularam hipóteses sobre o surgimento de uma espécie a partir de informações sobre grupos ancestrais destes, fósseis. Os registros da atividade evidenciaram idéias dos alunos divergentes do conhecimento científico. Foi, então, planejada uma atividade complementar, desenvolvida na aula 12. Nesta atividade eles deveriam demonstrar, com o instrumento, como poderia se dar a formação de novas espécies; em seguida, deveriam analisar o processo simulado com o instrumento e, ao final, definir especiação. O trabalho de análise desenvolvido pelos alunos contou com intervenções

⁴ Explicitada no item “O Instrumento de Ensino”.

do professor na forma de questionamentos. A atividade referida não estava programada e foi incluída devido à análise dos registros da aula 10.

b) alterações relacionadas à identificação de atividades envolvendo operações de pensamento cuja abordagem foi considerada insatisfatória (devido à falta de tempo ou problemas na execução das atividades). Assim, na aula 09, havia uma atividade na qual os alunos deveriam identificar os critérios utilizados pelos cientistas para classificar os grupos de dinossauros. Durante a atividade, foi realizada uma discussão sobre critérios e classificação, mas a partir da análise dos produtos ficou claro que os alunos não haviam conseguido identificar os critérios utilizados. Planejamos, então, uma nova atividade relacionada a esta operação de pensamento (classificação);

c) alterações relacionadas à inclusão de atividades propostas pelos alunos e adequação destas aos objetivos da intervenção. Desde o início do curso os alunos explicitaram o desejo de conhecer algum laboratório da Universidade. Para isso, contatamos previamente os pesquisadores do Laboratório de Biologia Molecular da Universidade, solicitando permissão para uma visita dos alunos e pedindo que falassem sobre o seu trabalho e o relacionassem ao conceito de mutação. Aos alunos foi proposto que formulassem questões específicas sobre o conteúdo de genética que estávamos discutindo (mutação e herança dos caracteres) e tentassem relacionar as questões às discussões realizadas no curso.

d) alterações na condução ou proposição das atividades pelo professor, a fim de evitar problemas identificados em aulas anteriores. Por exemplo, percebemos que a descrição, feita pelos alunos, dos processos evolutivos simulados durante as atividades com o instrumento não contemplava todos os eventos importantes. Identificamos como determinantes deste problema: a orientação dada para a realização da atividade (foi solicitado que eles descrevessem os processos ao final) e a condução da mesma (a partir da orientação de que os alunos anotassem os acontecimentos ao longo de toda a atividade de simulação, não colaboramos com esse trabalho de forma efetiva). Feito esse diagnóstico, na aula 13 a proposição da atividade continha a solicitação explícita para que os alunos descrevessem certos acontecimentos ao longo da atividade (e não somente ao final da mesma). Nesta atividade procuramos colaborar de forma efetiva com a descrição durante o processo, ajudando na formulação dos textos e ressaltando a importância dos registros realizados por eles.

Etapa Final – Avaliação da aprendizagem

Nessa etapa final da intervenção procuramos obter dados sobre a aprendizagem conceitual – o estágio de desenvolvimento dos conceitos, e/ou de elementos destes – dos alunos, após o término do que denominamos de etapa de desenvolvimento da intervenção/curso de evolução. Considerando que nesta etapa seriam encerrados os contatos com os alunos do curso e, portanto, com os participantes da pesquisa, além da função de obtenção de dados sobre a aprendizagem desenvolvida – equivalente, neste trabalho, para o ensino e a pesquisa em desenvolvimento – , era necessário garantir a obtenção de dados relacionados exclusivamente aos objetivos da pesquisa. Assim, nas questões propostas aos alunos, procurou-se solicitar o estabelecimento de relações entre os conceitos, objeto da Avaliação de Aprendizagem, e as oportunidades de aprendizagem oferecidas pelo instrumento de ensino. Um exemplo deste tipo de questão é apresentado mais à frente.

Portanto, nestas aulas foram propostas atividades nas quais os alunos tiveram de explicitar suas idéias e realizar operações de pensamento. A última etapa da intervenção, o Diagnóstico Final, constou de apenas duas aulas. As atividades objetivaram incluir todos os princípios e conceitos abordados no curso e articulá-los, principalmente, com as operações de pensamento relacionadas à síntese e generalização, diretamente envolvidas ou demandadas quando são solicitadas conceituações. Devido a problemas operacionais, o fim do curso teve de ser antecipado e tivemos de priorizar algumas operações de pensamento, já que não seria possível abordar todas. Decidimos priorizar as atividades mais relacionadas à síntese e generalização, baseados em nossos referenciais teóricos. Desta forma, a aula 14 – penúltima aula – constituiu-se na resolução individual das atividades descritas em um roteiro (Anexo 4), que articulavam os conteúdos abordados, as operações de pensamento priorizadas e atividades com o instrumento. Por exemplo, foi proposto aos alunos: “*O que é, para você, a seleção natural? O instrumento a evidencia? Se sim, como?*”. O questionário final (Anexo 5), respondido na última aula, não mencionava o instrumento de ensino e continha situações problema, que articulavam solicitações de aplicação de fatos e princípios a novas situações e definição de alguns princípios e conceitos centrais abordados durante o curso.

4 – MÉTODO

Procurando responder à questão de pesquisa apresentada na Introdução e, conseqüentemente, atingir os objetivos desta investigação, foram definidas categorias de análise relativas ao desenvolvimento conceitual dos participantes da pesquisa sobre a variabilidade intraespecífica e seu papel e importância no processo evolutivo. As categorias foram: presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (espécie); conceito de espécie; geração da variação é aleatória; relação entre variação e mutação; princípio da herança dos caracteres; relação entre variação e adaptação; relação entre variação e ambiente; relação entre variação e processo evolutivo.

A essas categorias de análise procuramos relacionar dados sobre as condições oferecidas pelas intervenções do professor/pesquisador e a participação do instrumento de ensino no processo de aprendizagem. Para tanto, foram coletados dados sobre o processo de ensino e aprendizagem desenvolvidos na intervenção realizada, descrita no capítulo anterior. Mais especificamente, considerando as categorias definidas para a análise, coletamos dados sobre o processo de desenvolvimento conceitual dos alunos, dos produtos finais de aprendizagem, assim como do papel do professor e do instrumento de ensino no contexto em pauta.

A coleta de dados foi distribuída nas mesmas etapas definidas para a intervenção que foi materializada no Curso “Evolução das Espécies”. Desta maneira, foram coletados dados ao início do curso, antes do desenvolvimento de atividades de ensino – etapa de Avaliação Diagnóstica –, durante o curso – etapa desenvolvimento – e ao seu final – etapa Avaliação de Aprendizagem.

Assim, pudemos coletar dados processuais relacionados à aprendizagem dos conceitos abordados e sobre os procedimentos do professor/pesquisador no desenvolvimento das atividades e dados sobre a função do instrumento de ensino.

PARTICIPANTES

São considerados participantes da pesquisa, o professor e dois dos alunos que participaram do Curso “Evolução das Espécies”: Fábio e Vanessa (os nomes dos participantes são fictícios). Assim, além dos dados sobre as intervenções do professor e

contribuições do instrumento de ensino utilizado, para efeito da análise do processo e dos produtos de aprendizagem, serão considerados apenas os dados destes dois alunos.

A decisão de analisar os dados destes dois alunos baseou-se no critério de frequência ao curso. Dos 16 alunos que participaram do curso, Fábio e Vanesa foram os que tiveram maior frequência, tendo faltado a apenas uma das aulas, o que possibilitou uma análise processual mais completa, com poucas lacunas de registros.

A média de participantes presentes em cada aula do curso foi de seis alunos, e este número variou de três até dez. Na verdade, dos dezesseis alunos citados, oito participaram de apenas uma aula, a primeira, e não mais compareceram ao curso. O curso contou com seis alunos regularmente presentes, dos quais quatro participaram com uma frequência maior do que 75% das aulas (menos que 4 faltas) e responderam aos questionários de avaliação inicial e final. Dois participaram de apenas quatro aulas, e dois participaram durante todo o curso mas de forma irregular, faltando em mais de cinco aulas e não respondendo ao questionário de avaliação inicial.

Devido, então, à frequência dos participantes e ao tipo de análise que desenvolvemos no estudo, decidimos considerar como sujeitos da pesquisa, e nos dedicar à análise dos dados destes, apenas os dois participantes que freqüentaram 14 das 15 aulas desenvolvidas. Os outros dois participantes tiveram apenas duas faltas, mas estas se deram em momentos importantes de avaliação, o que dificultaria a análise dos dados deles na pesquisa. Esperamos que os dados de todos os participantes possam ser utilizados em trabalhos futuros.

Os dois alunos participantes da pesquisa apresentavam características socioeconômicas⁵ muito parecidas com a média dos alunos ingressantes no ‘Cursinho’ da UFSCar no ano de 2002. Os dois realizaram toda sua escolaridade em escolas públicas da cidade de São Carlos. Fábio (22 anos) considerou-se, em questionário para levantamento de características socioeconômicas, como de cor branca e Vanessa declarou-se parda. Nenhum dos dois estava trabalhando no período de desenvolvimento do curso. Fábio estava iniciando o segundo ano de participação no projeto, sendo que no ano anterior havia cursado a modalidade de 01 ano. Vanessa (16 anos) ainda estava cursando o ensino médio e freqüentava o curso pré-vestibular pela primeira vez. Ambos

demonstraram grande interesse pelas atividades do curso e também participavam ativamente nelas.

PROCEDIMENTO

Situação de coleta de dados

Todos os dados foram coletados durante as aulas que compuseram as três etapas da intervenção de ensino. A maioria das aulas foi realizada na mesma sala do prédio de aulas do projeto e, portanto, a maioria dos dados foi coletado nas atividades desenvolvidas neste local. Apenas duas atividades foram desenvolvidas fora deste local, duas visitas a Departamentos da Universidade. Nessas duas ocasiões os dados foram coletados nos locais de visita (Museu de Paleontologia e Laboratório de Biologia Molecular).

Instrumentos de Coleta de Dados e Tipo de Dados

Para a coleta dos dados necessários à análise que nos propusemos a realizar, utilizamos os seguintes instrumentos de coleta: anotações de observações durante as aulas (e após o término das mesmas); produtos escritos pelos alunos, gerados em atividades realizadas em aula; gravações em vídeo de aulas e/ou de parte destas.

A seguir apresentamos uma descrição sucinta dos instrumentos de coleta e de sua utilização e também dos tipos de dados que estes possibilitaram coletar.

Anotação de observações

Durante as aulas, utilizamos um roteiro de aula. Esse roteiro continha espaços para anotações, que foram realizadas à medida que surgiam situações que chamavam nossa atenção. Portanto, essas observações não se configuram como descrições das aulas, mas sim como descrições de eventos/ocorrências captadas pelo olhar dirigido do pesquisador, baseado no referencial teórico adotado e nos objetivos da pesquisa.

⁵ Os dados apresentados foram obtidos do questionário de caracterização socioeconômica utilizado para a seleção dos candidatos ao ingresso no Curso Pré-Vestibular da UFSCar, ao qual o pesquisador teve acesso.

Algumas mudanças nas anotações foram realizadas após o término das aulas, quando transcrevíamos (passávamos a limpo) as anotações feitas em aula e quando, também, refletíamos sobre a aula já desenvolvida e planejávamos as alterações da aula subsequente.

Essas anotações descreveram expressões dos alunos não gravadas em vídeo e não expressas nos registros escritos- como produto de atividades. Dois exemplos podem ilustrar este tipo de anotação. Na aula 06, em uma discussão, o aluno Fábio diz que: - *“No jogo é assim, mas na vida é diferente...”*. Na aula 13, em uma conversa entre a aluna Vanessa e o professor/pesquisador, ela diz: - *“Eu não acredito que as mutações são aleatórias.”*. Estes dados só seriam coletados se tivéssemos anotado durante as aulas. Assim, por meio das anotações pudemos registrar informações importantes sobre idéias dos alunos, relativas à temática abordada, como nos dois exemplos acima citados e também sobre operações de pensamento, explicitadas nas discussões realizadas em aula e em outros tipos de interação entre alunos e professor/pesquisador.

Outro tipo de dado coletado por meio de anotações de aula diz respeito às situações/eventos ocorridos em aula, que foram desencadeadores de reflexão sobre os procedimentos do professor/pesquisador. Por meio da observação e registro das situações identificadas como favoráveis ou desfavoráveis à aprendizagem, pudemos obter dados sobre os procedimentos do professor/pesquisador, suas intervenções e suas compreensões sobre os eventos de aula. A maioria dos dados sobre mudanças no planejamento a partir de situações ocorridas em sala de aula foi coletada por meio desse instrumento de coleta. Por exemplo, na aula 10, percebemos um aparente cansaço e desinteresse dos alunos. Através de conversas, descobrimos que esta situação, diferente da corriqueira animação e interesse dos alunos nas outras aulas, relacionava-se à proximidade do vestibular, o que anotamos como dado de observação e que gerou mudanças no planejamento das próximas aulas.

Também foram coletados por meio de observação e anotação em aula dados sobre a participação do instrumento de ensino no desenvolvimento da intervenção. A aparente motivação/interesse e a falta destes em atividades com o instrumento, por exemplo, foram tipos de anotações que geraram dados para nossa análise.

Produtos escritos pelos alunos como registro de atividades realizadas

Utilizamos no início da intervenção (Aula 01 - Avaliação Diagnóstica) e ao fim desta (Aula 15 - Avaliação Final) dois questionários previamente adaptados para os objetivos deste estudo. O questionário inicial foi uma adaptação de um instrumento de coleta de dados de Bizzo (1996) – Anexo 1. O questionário final foi uma adaptação do instrumento utilizado por Ferrari & Chi (1998) – Anexo 5. Em ambos questionários realizamos alterações pequenas na estrutura e conteúdo, que se configuraram como adaptações à nossa situação e aos participantes de nossa pesquisa (“*berry trees*” foi substituído por plantas frutíferas no questionário final, por exemplo). Também modificamos algumas perguntas de forma a torná-las mais objetivas sobre o conceito de Seleção Natural. Os questionários – aplicados, como já referido, na primeira e última aula do curso – propiciaram a obtenção de dados sobre o conhecimento dos alunos – idéias prévias ao início do processo de ensino – e sobre as operações de pensamento ao início do curso e sobre o desenvolvimento dos conceitos e do pensamento – como resultados de aprendizagem – ao final do curso.

Também como parte da coleta de dados ao início e ao final da intervenção, há outros registros escritos dos alunos, produto das atividades realizadas como parte das duas etapas anteriores da intervenção.

Além destes, todas as atividades realizadas durante a etapa de desenvolvimento do processo de ensino contam com registros escritos dos alunos, que fizeram parte da própria atividade. Este tipo de instrumento de coleta foi o principal para a obtenção dos dados sobre os processos relacionados ao desenvolvimento das idéias e pensamento dos alunos. Os tipos de dados coletados referem-se às expressões dos alunos sobre os princípios e conceitos abordados durante todo o processo de ensino e também a todas as operações de pensamento. A título de exemplificação do tipo de dado obtido com os registros escritos dos alunos, na aula 07, quando propusemos que os alunos, divididos em dois grupos, realizassem duas rodadas curtas com o instrumento, uma com a população inicial começando com + e outra com +++++. Foi solicitado que os grupos anotassem com detalhes o que foi acontecendo. Após uma discussão, foi proposto aos alunos: “Criem hipóteses para explicar como podem ter aumentado ou diminuído de tamanho as sub-populações nos casos analisados”. As hipóteses que estes levantaram e registraram por escrito para entregar ao final da atividade é um tipo de dado que foi

objeto de análise, tanto na categoria conceitual como na categoria de análise sobre as operações de pensamento. Mais especificamente, os registros propiciaram informações sobre a operação de pensamento e também sobre quatro princípios/conceitos: variabilidade intraespecífica; taxa diferencial de sobrevivência; taxa diferencial de reprodução e seleção natural (alguns dos quais não foram utilizados na análise desenvolvida neste trabalho, por não se relacionarem diretamente às categorias de análise estabelecidas).

Os registros mencionados também forneceram dados sobre a participação do instrumento de ensino na estratégia. Muitas atividades realizadas com o instrumento geraram registros escritos pelos alunos, que continham dados sobre a dinâmica de realização da atividade e dos produtos desta.

Gravações em vídeo de aulas

As aulas foram gravadas por colaboradores, que foram instruídos a concentrarem-se nos alunos, suas falas e comportamentos. Inicialmente nossa intenção era gravar todas as aulas do curso, mas isso não foi possível devido a problemas técnicos (em duas aulas a filmadora/gravadora apresentou problemas) e operacionais/organizacionais (pessoas que gravariam a aula não puderam comparecer). Independentemente destes problemas, algumas situações de aula não foram gravadas propositadamente, como a resolução das questões de questionários, visitas a setores da Universidade (Museu de Paleontologia e Laboratório de Biologia Molecular), apreciação de filme etc.

Optamos por gravar eventos em que não tínhamos condições de observar mais atentamente as situações e interações em aula ou em que, previsivelmente, a gravação melhoraria significativamente a qualidade do dado obtido para análise. Os eventos escolhidos foram: discussões em classe, desenvolvimento de atividades com o instrumento, verbalizações orais dos alunos para a apresentação da resolução de problemas propostos como parte das atividades realizadas. Como ocorreu na aula 05, em que solicitamos aos alunos que demonstrassem, com o instrumento, como pode ocorrer a adaptação de uma população de organismos a um ambiente.

Por meio deste instrumento, pudemos coletar dados sobre:

- as idéias dos alunos e operações de pensamento realizadas por estes, expressas em falas espontâneas ou como parte da realização de atividades. Os registros audiovisuais foram equivalentes, em algumas atividades, aos registros escritos pelos alunos, acrescidos de dados de espontaneidade e de comportamento não possíveis de serem coletados pelos registros escritos;

- as intervenções do professor/pesquisador. Algumas atividades foram gravadas e em parte destas havia participação do professor/pesquisador, propondo ou conduzindo atividades e fazendo exposições. Assim, as gravações possibilitaram outra forma de registro sobre o papel desempenhado pelo professor no processo de ensino;

- a participação do instrumento de ensino na intervenção. O registro em vídeo de atividades realizadas com o instrumento possibilitou dados sobre as diferentes formas de utilização/contribuição do instrumento no processo de ensino, assim como da interação entre alunos e instrumento e entre professor/pesquisador e instrumento. Desta forma, os registros em vídeo contêm dados sobre os diferentes elementos propiciados pelo instrumento para criar oportunidades de aprendizagem aos alunos, assim como de parte dos resultados das atividades realizadas com ele.

Sistematização dos Dados

Como referido anteriormente neste capítulo, durante a intervenção coletamos dados por meio de: anotações de observações, em aula e após o término destas; produtos escritos pelos alunos, gerados em atividades realizadas em aula; gravações em vídeo de aulas e/ou de parte destas. Estes dados estavam em estado bruto, já que ainda se encontravam na forma de registros, gerais e a serem analisados e categorizados. Os dados brutos foram sistematizados após o final da intervenção, e este trabalho consistiu em:

- Re-elaboração dos textos de anotações do pesquisador e agrupamento destes por etapa do processo de ensino a que estavam relacionados (Diagnóstico Inicial, Desenvolvimento e Diagnóstico Final);

- Reunião/agrupamento dos registros escritos pelos alunos e gravações de aula realizados em cada etapa do processo de ensino (Diagnóstico Inicial, Desenvolvimento e Diagnóstico Final);

Após esta primeira organização, realizamos a efetiva sistematização dos dados brutos, nas categorias apresentadas no início deste capítulo. Assim, para os dados obtidos em cada uma das etapas, foram destacados e agrupados todos os registros que continham elementos considerados como indicadores da categoria principal de análise: os conceitos dos alunos e suas idéias relativas à variabilidade intra-específica e seu papel no processo evolutivo.

Também foram destacados, mas com menor grau de sistematização, alguns dados sobre as condições criadas pelas intervenções do professor e sobre a participação do instrumento de ensino no desenvolvimento da estratégia.

Agrupamos os registros que se relacionavam a cada um dos elementos da categoria de análise, o que se traduziu no agrupamento de todas as transcrições de registros escritos pelos alunos; de todas as transcrições de anotações do pesquisador e das transcrições de situações e falas observadas nas fitas gravadas de aula. Em muitos casos, um mesmo conjunto ou subconjunto de dados – a mesma resposta, o mesmo registro escrito de um aluno ou situação registrada, foi considerada como dado em mais de uma categoria.

Cabe destacar que, considerando os objetivos da pesquisa, especialmente no caso dos dados de produtos e processos dos alunos, foi feita a sistematização dos dados por etapa, por categoria e para cada um dos participantes. Assim, para a sistematização dos dados brutos relacionados às idéias dos alunos, dentro do agrupamento por etapa do processo, agrupamos todos os dados relativos a cada um dos participantes da pesquisa.

Após essa primeira sistematização, realizamos uma análise que consistiu em extrair dos registros (dado bruto) o produto a ser utilizado na análise propriamente dita, os dados. Os dados, para esta categoria, se configuraram como expressões das idéias dos alunos sobre cada um dos princípios e conceitos abordados na intervenção e relacionados à variabilidade intraespecífica: presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (espécie); conceito de espécie; geração da variação é aleatória; relação entre variação e mutação; princípio da herança dos caracteres; relação entre variação e adaptação; relação entre variação e ambiente e relação entre variação e processo evolutivo.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

No capítulo Método, foram apresentados os procedimentos relativos à coleta e sistematização dos dados, que propiciaram a base para a realização da análise que descrevemos no presente capítulo.

Apresentamos, a seguir, a análise que realizamos para cada um dos participantes sobre os aspectos principais do princípio abordado, em cada etapa da intervenção (Avaliação Diagnóstica, Desenvolvimento e Avaliação Final), e algumas expressões/manifestações dos participantes que consideramos representativas dos dados. Ao fim de cada etapa procuramos estabelecer relações entre os dados relativos a cada categoria, a fim de caracterizar as idéias dos participantes sobre a variabilidade intraespecífica. Para finalizar a análise, estabelecemos relações entre a análise realizada em cada etapa, procurando apontar possíveis indicadores de desenvolvimento conceitual ocorrido e relacioná-lo a algumas condições de ensino propiciadas, segundo o referencial teórico adotado.

PARTICIPANTE VANESSA

Avaliação Diagnóstica

Presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (espécie)

Foi possível constatar que a participante (e todos os outros) identificava a existência de diferenças físicas entre indivíduos de um mesmo grupo, como tamanho, cor de olhos, diferenças com relação à pelagem, etc. Na Aula 2 constatamos esse fato por meio de uma discussão, que foi seguida de uma atividade na qual observaram e descreveram as características de Tupec e Iscam Nam. Durante a discussão os participantes manifestaram como exemplos dessa diversidade as diferenças entre seres humanos, entre cachorros e entre outros grupos.

Na Aula 2 solicitamos a todos que respondessem por quê, mesmo havendo diferenças entre os indivíduos de Tupec e entre os de Iscam Nam, eles ainda eram parecidos. Vanessa respondeu: “*Mesmo tendo características diferentes o Tupec e o Iscam Nam não deixam de serem o que é, pois somente algumas “coisas” são mudadas para que suas sobrevivência possam ser garantidas e eles consigam adaptar-se ao meio*”

em que vivem, conseguindo assim algumas melhorias.”. A participante não especificou o que seriam essas “coisas” que diferenciam os indivíduos mas, é muito provável, que sejam características físicas representadas no instrumento (como presença de garras, dentes quadrados ou serrilhados, presença de pelos ou espinhos etc.). Vanessa escreveu que os indivíduos não “*deixam de serem o que é*”, expressão que parece corroborar a nossa hipótese de que ela identifica a possibilidade de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (Tupec ou Iscan Nam). Mesmo diferentes com relação a alguns atributos físicos, esses indivíduos parecem não deixar de pertencer a esse grupo.

Conceito de espécie

Como já citamos, Vanessa identificava a existência de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo. A palavra “espécie” foi utilizada por ela em apenas uma situação na etapa de Avaliação Diagnóstica, situação na qual deveria propor uma hipótese relacionada a possíveis mudanças na forma de direcionamento para o mar das tartarugas que acabavam de nascer. Nessa ocasião ela escreveu: “*Como o fato de seguirem em direção a cidades iluminadas ao invés do mar é algo prejudicial à espécie, pois vários indivíduos acabam morrendo, talvez daqui a alguns anos elas desenvolvam uma outra maneira de orientação.*”. A participante utiliza a palavra “espécie” se referindo às tartarugas, como um grupo. O texto (Anexo 2) não continha informações sobre o fato de que quatro espécies, pelo menos, direcionam-se para o mar pelo mesmo processo descrito na questão e comentado em aula pelo professor. Mas, expressava claramente que há diferentes espécies de tartarugas “*Existem sete espécies de tartarugas marinhas, agrupadas em duas famílias – a das Dermochelyidae e a das Cheloniidae. Dessas, cinco são encontradas no Brasil.*”. Ao mesmo tempo, quando o texto refere-se às tartarugas ele o faz em termos gerais, considerando o grupo “tartarugas”: “*As tartarugas não são animais de cérebro desenvolvido, mas têm extremamente desenvolvidos a visão, o olfato e a audição, além de uma fantástica capacidade de orientação.*”. Durante a aula o professor descreveu um pouco de sua experiência no projeto TAMAR e também forneceu informações sobre a existência de diferentes espécies de tartarugas marinhas no local onde trabalhou. Mesmo sendo fornecidas informações sobre a diversidade de espécies de tartarugas marinhas na explanação do

professor e no texto, a participante parece não ter relacionado essas informações à sua utilização da palavra “espécie”.

Não foi desenvolvida nenhuma atividade específica para explicitar o conceito de espécie da participante nesta etapa da intervenção. Embora, devido ao aparente sentido dado à palavra “espécie” na resposta da participante e ao fato de que ela utilizou-se apenas uma vez desta (mas, como já descrevemos, a participante não teve de utilizar esse conceito de forma explícita), parece-nos possível formular a hipótese de que a participante não tinha um conceito científico de espécie desenvolvido nessa etapa da intervenção.

Geração da variação é aleatória.

A participante não expressa, na etapa inicial da intervenção, idéias relativas à possibilidade de geração aleatória das diferenças entre indivíduos de um grupo. Manifestando-se sobre a origem da variação em patos domésticos e selvagens, ela faz distinção entre duas possibilidades: pelo “*uso e desuso*” dos órgãos e pelo surgimento dessa característica em ancestrais. Aparentemente, ela considera as duas como possibilidades. “*Como os patos domésticos não voam a longas distâncias, o uso de suas asas é muito pouco, já que eles usam mais suas patas o que pode ter ocasionado um fortalecimento dos ossos de suas pernas. Porém, esse fato, pode ter surgido também de alguma modificação de seu ancestral e transmitida a cada geração.”.* Durante a aula 05 – até essa aula não haviam sido estabelecidas regras para utilização do instrumento – os participantes deveriam demonstrar com o instrumento como os organismos se adaptam. O grupo de Vanessa não utilizou a roleta, que estava disponível, para gerar a diversidade de características da simulação organizada pelos participantes. Nenhum integrante do grupo questionou o fato de não utilizar a roleta na simulação e quando o professor questionou esse fato – perguntando o porquê da não utilização – todos demonstraram concordar com a idéia de que escolher a “*melhor*” característica em dado ambiente seria a sistemática mais apropriada.

Relação entre variação e mutação

Não há expressão que indique o estabelecimento de relações entre diversidade de características e a palavra “mutação”. Em nenhuma situação na qual deveria explicar

o surgimento das diferentes características encontradas entre os indivíduos de uma espécie a participante utilizou o conceito de mutação. Mas, encontramos uma expressão da participante que pode corroborar a formulação da hipótese de que, pelo menos, um elemento deste conceito científico poderia estar presente nas idéias de Vanessa. Esse elemento é a possibilidade de que mudanças surgidas em ancestrais possam ser transmitidas às novas gerações: *“Porém, esse fato, pode ter surgido também de alguma modificação de seu ancestral e transmitida a cada geração.”*.

Princípio da herança dos caracteres

Vanessa expressou em diferentes situações idéias relativas à transmissão de características: *“Porém, esse fato, pode ter surgido também de alguma modificação de seu ancestral e transmitida a cada geração.”*; *“Como na caverna há ausência total de luz houve uma perda total na visão desses bagres e essa característica foi passada aos descendentes, originando assim os bagres-cegos.”*.

Quanto ao surgimento das características ela parece manter duas visões, expressas na resposta à questão 1 do questionário de Avaliação Diagnóstica (Anexo 1), já descrita no tópico “Geração da Variação é Aleatória”. A idéia de uso e desuso está clara na resposta, mas esta também indica a possibilidade de herança das características transmitidas pelos ancestrais. Na resposta à pergunta seguinte, Vanessa fornece indícios da possibilidade de herança dos caracteres adquiridos: *“Para conseguirem alimentar-se seria necessário que a chita desenvolve-se uma locomoção maior do que de suas presas, sendo assim ela foi desenvolvendo os seus músculos e ossos e a cada geração houve um ‘aprimoramento’ desse sistema para que pudessem garantir sua sobrevivência”*.

A participante relaciona a transmissão das características aos genes em apenas um momento da Avaliação Diagnóstica. Na aula 3 ela respondeu a uma pergunta sobre uma hipotética doença genética que afetava apenas as tartarugas velhas, que não se reproduziam mais. A questão perguntava se a doença poderia desaparecer da população através da eliminação dos indivíduos que têm o gene para a doença. Sua resposta foi: *“Provavelmente sim, pois se os indivíduos que tem os genes para a doença forem eliminados as gerações posteriores conseqüentemente, não apresentaram a doença”*. Ela relaciona o gene para a doença e a própria doença, não existindo mais doença sem a

transmissão do gene para as futuras gerações. Essa questão continha no próprio texto a palavra “gene” (Anexo 2), o que pode ter direcionado a resposta a conter essa relação (entre transmissão e genética). Foi a única vez, nesta etapa, que ela expressou essa relação, mas pode indicar a presença, nas idéias da participante, de elementos da determinação genética das características.

Estes dados nos fazem formular a hipótese de que a participante apresenta uma visão convergente com a idéia lamarckista de transmissão das características adquiridas. Tanto a quantidade de expressões referentes a essas idéias, como a aplicabilidade das mesmas parece corroborar a hipótese. Mas, a presença dessa visão não exclui a possibilidade de que Vanessa também mantivesse a idéia de que há características determinadas geneticamente e transmitidas aos descendentes, idéia que ela expressou em parte (apenas a transmissão de características de geração a geração). Acreditamos que há pelo menos duas hipóteses que podem ser levantadas com relação a isso. Pode ser que a relação entre determinação genética e transmissão das características estivesse isolada nas idéias de Vanessa e apareceu devido ao estímulo gerado pela questão, que continha algumas relações entre gene e doença. Desta forma, uma idéia convergente com parte do conhecimento científico relacionado ao princípio da Herança dos Caracteres estava presente, junto a outras idéias da participante, mas fora de um sistema de relações mais desenvolvido e convergente com o conhecimento científico.

Outra possibilidade, que não exclui a primeira, é a de que os instrumentos utilizados na coleta de dados não foram eficientes para esclarecer o papel da determinação genética das características nas idéias de Vanessa nessa etapa da intervenção, o que dificultou uma análise mais aprofundada da questão apresentada.

Relação entre variação e adaptação

A participante relaciona a existência de diferenças entre indivíduos de determinado grupo e sua adaptação em diferentes atividades. Essa relação parece estar permeada pela idéia de que as diferentes características são adquiridas para possibilitar adaptação. Assim, as características aparecem como a aquisição de “*melhorias*” que possibilitam adaptação. Em duas expressões da participante, que já citamos anteriormente, essa idéia pode ser identificada. Na aula 01, ela escreveu que: “*Para adaptar-se ao meio ambiente os seres precisam desenvolver algumas ‘melhorias’ para*

a sua sobrevivência.”. Em outra atividade, Vanessa respondeu uma questão sobre diferenças entre indivíduos de um grupo (Tupec ou Iscam Nam), da seguinte maneira: “... somente algumas “coisas” são mudadas para que sua sobrevivência possa ser garantida e eles consigam adaptar-se ao meio em que vivem, conseguindo assim algumas melhorias.”. Em ambas respostas as idéias de melhoria e de mudar para adaptar-se estão presentes. Já na aula 03 (pergunta 03, Anexo 3), respondendo a uma questão sobre a possibilidade de que a orientação das tartarugas mudasse, ela responde: “*Como o fato de seguirem em direção a cidades iluminadas ao invés do mar, é algo prejudicial a espécie, pois vários indivíduos acabam morrendo, talvez daqui a alguns anos elas desenvolvam uma outra maneira de orientação. Elas então serão “obrigadas” a tornarem-se adaptadas ao meio para garantir sua sobrevivência*”. Na aula 05 foi desenvolvida uma atividade na qual os participantes, divididos em dois grupos, deveriam representar o processo de adaptação com o instrumento. Foi pedido que demonstrassem o processo de adaptação que poderia ocorrer se houvesse uma mudança ambiental do ambiente 1 – quente, grande quantidade de bosque em relação à de campo e pouco terreno alagado –, para o ambiente 3 – frio, grande quantidade de campo em relação à de bosque e grande terreno alagado. A representação do grupo de Vanessa foi a de uma população inicial que se transformava em outra população que “*buscava melhores condições de sobrevivência*”. Explicando qual foi a adaptação da população Vanessa falou: “...os espinhos tornaram-se pêlos e para conseguir mais alimento as patas desenvolveram nadadeiras.”. Quando o professor perguntou sobre o que havia acontecido com a população inicial, que não estava mais presente no ambiente 03, o grupo todo entrou em consenso de que havia se “*transformado*” na nova população.

A participante parece estabelecer uma relação na qual as diferentes características seriam desenvolvidas para a sobrevivência e adaptação dos indivíduos. Esta relação apresenta um caráter de intencionalidade no surgimento das características, talvez convergente com uma visão lamarckista do processo, já explicitada na relação com a herança dos caracteres. A partir destes dados, formulamos a hipótese de que Vanessa entendia o processo de adaptação como uma transformação, de características já existentes em outras “*melhores*” para o ambiente. Também acreditamos que ela considerasse como adaptação o surgimento de novas características, que propiciariam

melhor sobrevivência no ambiente. Assim, inferimos que sua visão considerava o surgimento da variação como parte do processo de adaptação, ocorrendo de forma concomitante, surgimento da variação e adaptação, e havendo intencionalidade (e direcionamento) no surgimento das características.

Relação entre variação e ambiente

Vanessa parece relacionar as características que os indivíduos possuem e a possibilidade de sobrevivência em determinado ambiente, descrevendo características como “*melhorias*” e outras como “*prejudiciais*” à sobrevivência dos organismos. Esta relação está permeada pela idéia de adaptação ao ambiente, como já apontamos na análise anteriormente descrita.

A participante parece expressar a idéia de que há necessidade de “desenvolvimento” de “melhorias” para a sobrevivência e, a partir desta, há adaptação ao ambiente.: “*Para adaptar-se ao meio ambiente os seres precisam desenvolver algumas “melhorias” para a sua sobrevivência.*”. “*... somente algumas “coisas” são mudadas para que sua sobrevivência possa ser garantida e eles consigam adaptar-se ao meio em que vivem...*”.

Síntese da análise na etapa Avaliação Diagnóstica

Relação entre variabilidade intraespecífica e processo evolutivo

A partir da análise que realizamos para as categorias anteriormente descritas, a participante, de forma geral, parecia relacionar as diferenças entre indivíduos de um grupo à aquisição de “*melhorias*” e mudanças em características “*prejudiciais*” a este grupo. Essas diferentes características poderiam ser adquiridas em dado ambiente e também estar relacionadas aos ancestrais dos organismos, que podem tê-las transmitido através das gerações. A partir dos dados, chegamos à hipótese de que ela entende o surgimento da diversidade e, principalmente, das “*melhorias*”, a partir de um processo intencional, que direcionaria para a aquisição de tais características favoráveis no ambiente. Com relação à presença das características desfavoráveis, há possibilidade de que ela relacionasse essas características aos ancestrais dos indivíduos, que as transmitiram, mas essa possibilidade não ficou clara na análise dos dados. O papel da presença de diferentes características entre indivíduos de um grupo no processo

evolutivo estaria relacionado à aquisição de “melhorias” para adaptação e sobrevivência dos indivíduos, o que discutiremos a seguir.

A partir dos dados coletados e analisados, acreditamos que a participante não apresentava um conceito científico de variação intraespecífica, sendo que suas idéias divergiam em alguns pontos principais relativos a este conceito. A primeira divergência que abordaremos se relaciona ao conceito de espécie.

Devido à falta de atividades específicas que explicitassem o conceito de espécie da participante não foi possível afirmar com certeza, mas parece-nos possível formular a hipótese de que Vanessa não tinha um conceito científico desenvolvido de espécie, que parecia estar em estágio de desenvolvimento (a palavra foi utilizada apenas uma vez e no contexto da questão, de forma divergente ao conceito científico). Sobre o conceito de mutação a participante não utilizou o termo nenhuma vez, mas expressou alguns elementos relacionados a ele – possível relação entre característica e gene, e herança das características através das gerações.

Vanessa parece relacionar o processo evolutivo a uma melhora dos organismos ao longo do tempo, aparentemente de forma direcionada, com certa intencionalidade. A aleatoriedade não está presente nas expressões de Vanessa e foi possível compreender que ela considera que certas características possam surgir ou modificar-se para “melhor” através do uso e desuso de órgãos ou partes do corpo. Não foi possível caracterizar de forma clara as relações estabelecidas pela participante entre características e sua determinação e transmissão genética. Provavelmente, junto às idéias de herança dos caracteres adquiridos, a participante mantivesse idéias sobre a determinação genética das características, que seriam responsáveis por suas afirmações sobre a herança de certas características pelos ancestrais. Essas idéias poderiam estar mais isoladas nas relações que Vanessa estabelecia a respeito do processo evolutivo e, por isso, ela não as aplicou em mais situações. Por outro lado, os instrumentos de coleta de dados não garantiram que essa aplicação fosse exigida.

Assim, não foi possível distinguir de forma clara a discriminação que participante fazia entre características adquiridas por uso e desuso (ou transformação em dado ambiente), e aquelas herdadas dos ancestrais. Foi possível constatar que nas situações na qual ela poderia discriminar a impossibilidade de transmissão de certas características (circuncisão dos meninos judeus e fortalecimento da musculatura por

meio de exercícios), ela não o fez, considerando a possibilidade de mudanças e transmissão delas pelas gerações, de forma convergente com o pensamento lamarckista.

Vanessa parece relacionar essas modificações (“melhorias”) à possibilidade de sobrevivência e esta possibilidade permitiria aos indivíduos adaptarem-se. A adaptação, de cada indivíduo, seria possibilitada pelo surgimento de características favoráveis, como já explicitamos. O papel do ambiente nessas relações aparece ligado à possibilidade de sobrevivência e adaptação. A adaptação, relacionada à aquisição de “*melhorias*” e à sobrevivência dos indivíduos portadores dessas características favoráveis, seria importante nas mudanças observadas nas populações, ao longo do tempo, como foi explicitado na demonstração organizada pelos participantes sobre o processo de adaptação (aula 05).

Desenvolvimento

Presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (espécie)

A participante identificava a existência de diferenças físicas entre os indivíduos de um grupo, o que já foi descrito na etapa de Avaliação Diagnóstica e que foi confirmado nesta etapa do processo. Entretanto, o surgimento das características diferentes, sua determinação e transmissão e as relações estabelecidas, pela participante entre essas diferenças e os conceitos científicos relacionados ao processo evolutivo, parecem apresentar diferenças com relação à etapa anterior da intervenção.

Conceito de espécie

Na primeira aula do Desenvolvimento, Vanessa realizou uma atividade em que, a partir de informações fornecidas pelo professor, formulou uma definição de espécie: “*Espécie é um grupo de indivíduos cujas características são semelhantes entre eles e que quando se cruzam na natureza produzem descendentes férteis.*”. Esta formulação é convergente com a definição científica do conceito de espécie.

Durante esta etapa da intervenção, a participante utilizou a palavra “espécie” em algumas situações diferentes e, nestas, a utilização da palavra parece ter assumido significados diferentes do formulado na atividade citada. Em uma atividade de leitura, interpretação e resolução de exercícios, a partir de um texto sobre os dinossauros, ela escreveu: “*A grande variedade de espécies foi importante porque cada espécie possuía*

características específicas para a sua sobrevivência.” A questão perguntava sobre a importância da variedade de espécies encontradas nos dinossauros. Na afirmação citada, ela utiliza o conceito de espécie de forma cientificamente convergente, mas a questão pode ter induzido isso. Já em uma situação na qual respondia uma questão sobre a origem da variedade de espécies de dinossauros, ela contestou: *“Talvez através da reprodução houve um aumento da população e através de mutações genéticas os indivíduos foram diferenciando-se tornando variadas as espécies”*. Nesta resposta, Vanessa parece estabelecer uma relação direta entre o conceito de espécie e a diferenciação de indivíduos, que tornariam variadas as espécies. Ela, aparentemente, relaciona o surgimento de uma nova espécie a diferenças surgidas em indivíduos de uma população inicial e estes indivíduos “diferentes” formariam outras espécies. O sentido atribuído à palavra “espécie”, na afirmação citada, é divergente do conceito científico de espécie. Para que se configurem espécies diferentes esses grupos devem estar isolados reprodutivamente, isto é, não basta que haja diferenciação física, mas é necessário que essa diferenciação cause impossibilidade de reprodução entre os indivíduos dos grupos distintos. Uma hipótese que pode ser inferida destes dados é a de que a participante expressou-se de forma muito concisa e que suas idéias acerca do isolamento reprodutivo estavam implícitas na resposta dada. Na Aula 13, a última desta etapa, após uma atividade com o instrumento e uma exposição sobre o processo de especiação, Vanessa, explicando o processo de especiação, escreveu: *“...as mutações ocorridas em cada uma das populações acabam dando origem a organismos tão diferentes, que surgem novas espécies. Isso ocorre devido ao fato dessas populações não se cruzarem e logicamente não originarem descendentes.”*. Esta afirmação parece indicar convergência entre o uso da palavra “espécie” e o conceito científico de espécie. O surgimento de novas espécies ocorre, segundo a participante, porque as populações não se cruzam, não originando descendentes, o que é convergente com o conceito científico de espécie. A resposta foi elaborada em uma aula que abordou o processo de especiação a partir de exposição participativa e de uma atividade com o instrumento de ensino. Portanto, a formulação de Vanessa pode ter sido fortemente influenciada pelo contexto da aula.

De qualquer forma, pudemos formular duas hipóteses a partir da análise dos dados. A primeira, já enunciada, é a de que na expressão em que ela parece relacionar

diretamente espécie a diferenças entre indivíduos, embora se tenha expressado sucintamente, demonstra aplicar o conceito de espécie de forma convergente com a científica. A segunda hipótese é a de que Vanessa tem idéias que relacionam a formação de espécies diretamente à diferenciação de indivíduos de um grupo. Durante a intervenção a percepção destas idéias, inclusive de outros participantes, resultou no desenvolvimento de uma aula especificamente para abordar o processo de especiação, a aula 13. Não foram desenvolvidas atividades nas quais fosse possível esclarecer melhor as idéias dos participantes sobre o processo referido, o que constituiu uma falha na intervenção. Com essa aula, última do desenvolvimento, objetivamos criar novas oportunidades para que o conceito de espécie fosse desenvolvido. Após essa aula não foi possível avaliar a aprendizagem do conceito, ainda durante a etapa Desenvolvimento, pois as próximas duas aulas já constituíram a etapa de avaliação final de aprendizagem.

Geração da variação é aleatória.

Vanessa demonstrou, nesta etapa da intervenção, estabelecer relações entre a geração da diversidade de características entre indivíduos de um grupo e mutação: “...*através da reprodução houve um aumento da população e através de mutações genéticas os indivíduos foram diferenciando-se tornando variadas as espécies.*”. Essa idéia aparece também na aula 13, em expressão citada anteriormente e que analisaremos melhor na relação entre variação e mutação. Mas, a participante não manifestou em nenhuma aula anterior a 13 a idéia de que essas características pudessem surgir de forma aleatória. Na aula 10, durante uma atividade na qual deveriam demonstrar com o instrumento como poderia surgir uma população com determinadas características (que foram definidas pelo professor) a partir de populações iniciais, Joice (outra participante do curso) sugere ao grupo no qual estava Vanessa que escolhessem as características e montassem o indivíduo que representava a população. Todo o grupo se manifestou recordando que segundo as regras de utilização do instrumento não era possível escolher as características. Depois disso, ao fim da atividade, o professor perguntou ao grupo como havia sido possível o surgimento daquela população e se eles haviam feito algo para acelerar esse surgimento. Vanessa explicou que o grupo decidiu começar com uma população inicial com muitos indivíduos (seis sinais +) porque: “*Escolhemos uma maior*

população para ter mais chances de mudança.”. Nessa atividade ela parece identificar a necessidade de uma maior chance de mudança (maior número de sinais +) para que o surgimento de determinada configuração de características possa ocorrer, já que dependeria da roleta (acaso) e seria contra as regras do instrumento escolher as características. Mesmo assim, parece que ela, nas respostas dadas a outras questões, não estabelece relação direta entre variação e aleatoriedade. A falta de manifestações que contivessem essa relação pode estar relacionada a problemas na coleta de dados e será mais bem discutida na análise da relação entre variação e mutação.

Relação entre variação e mutação

Durante a etapa de Desenvolvimento, a participante utiliza em diferentes contextos a palavra “mutação”, relacionando-a ao processo de diferenciação dos indivíduos de um grupo. Como já descrevemos anteriormente, respondendo a uma questão que solicitava a formulação de uma hipótese sobre como surgiu a grande variedade de espécies de dinossauros, ela escreve: “*Talvez através da reprodução houve um aumento da população e através de mutações genéticas os indivíduos foram diferenciando-se tornando variadas as espécies.*”. Percebemos a expressão “*mutações genéticas*”, o que pode apontar para uma outra relação estabelecida pela participante, entre mutação e mudanças genéticas. A utilização da palavra “mutação” em diferentes contextos pode dar indicativos de que suas idéias apresentam divergências, com relação ao conceito científico de mutação. Uma parte dessas divergências pode estar relacionada à transmissão da variação através das gerações, que analisaremos mais aprofundadamente no estudo do princípio da herança dos caracteres. Outra divergência refere-se ao caráter aleatório das mutações. Vanessa parecia atribuir à mutação um papel importante na geração da variação, mas aparentemente não atribuía à mutação seu caráter aleatório nesta etapa da intervenção. Durante algumas atividades percebemos que a participante utilizava o conceito de mutação para se referir à causa do surgimento de diferentes características, embora demonstrava não considerar seu caráter aleatório. Esta situação foi percebida pelo professor, principalmente, em discussões realizadas nas aulas do curso. Assim, podemos afirmar que a realização de atividades específicas nas quais os participantes devessem explicitar, inclusive por escrito, suas idéias sobre as mutações teriam sido importantes para enriquecer a análise aqui desenvolvida.

Na aula 13 desenvolvemos uma atividade com o instrumento, na qual foi abordada a importância da variação intraespecífica para a possibilidade de adaptação das populações em mudanças ambientais. Após a atividade, realizamos uma exposição participativa sobre o processo de especiação e, em seguida, uma atividade na qual os participantes simularam o processo de especiação com o instrumento de ensino. Nesta atividade objetivamos tornar explícito o caráter aleatório da geração da diversidade de organismos no instrumento (a diversidade, no instrumento, é gerada por uma roleta). Em discussão realizada após a atividade, na qual chamamos a atenção para a importância da roleta (e de seu caráter aleatório) na geração da diversidade, a participante disse: “*Eu não acredito que as mutações são aleatórias.*”. Acreditamos que esta afirmação poderia estar relacionada ao fato de que em nenhum registro a participante refere-se a mudanças aleatórias (não desconsiderando o problema relativo à coleta de dados explicitado anteriormente). Neste sentido, acreditamos que pode dar subsídios, juntamente à percepção do professor em discussões em aula, à hipótese de que o conceito científico de mutação da participante não estava desenvolvido.

Acreditamos que as idéias da participante sobre o surgimento das diferentes características portadas pelos indivíduos – e que, segundo a participante, eram responsáveis pelo surgimento de novas espécies – mantinham elementos convergentes com a idéia de intencionalidade no processo evolutivo. Intencionalidade esta que pode estar ligada à possibilidade de que fatores externos direcionassem o surgimento das características, como as necessidades ambientais. Estas idéias encontram respaldo na análise do princípio da herança dos caracteres.

Princípio da herança dos caracteres

Vanessa faz menção, em algumas situações, à transmissão de características aos descendentes: Por exemplo na aula 09: “*Os dinossauros com características favoráveis ao ambiente as transmitiram as novas gerações geneticamente...*”, relação já identificada na etapa de Avaliação Diagnóstica. Mas, a expressão parece conter também uma relação entre transmissão das características (aos descendentes) e seus componentes genéticos (“*geneticamente*”), de forma convergente com o conhecimento científico. Embora, na seqüência da resposta citada, ela expressou idéias que podem dar fundamento a uma outra análise: “*... Já os com características desfavoráveis podem até*

ter transmitido às novas gerações, porém como não era útil ao ser no ambiente essa característica não mais passou a ser transmitida”. Esta manifestação poderia ser interpretada como indicando que as características não favoráveis deixariam de ser transmitidas aos descendentes, de uma forma que não está clara. Como a resposta não foi explorada em outras situações, podemos apenas levantar algumas hipóteses sobre razões que, segundo a participante, poderiam ser responsáveis para que a característica deixasse de ser transmitida.

Uma hipótese que indicaria convergência entre as idéias da participante e o conhecimento científico seria a de que essas características não seriam mais transmitidas porque os organismos que a portavam morreriam, devido ao seu caráter desfavorável no ambiente. Esta relação, entre características desfavoráveis e a não sobrevivência dos indivíduos portadores, estava entre as idéias de Vanessa, o que pode corroborar com a hipótese apresentada.

Outra hipótese, que indicaria divergência entre as idéias da participante e o conhecimento científico, é a de que as características desapareceriam por mudanças no material genético ou por não expressão da mesma em um ambiente na qual a característica fosse desfavorável. Esta hipótese encontra fundamentos na possibilidade de que Vanessa mantivesse idéias sobre o direcionamento do surgimento da variação, por algum processo externo ao organismo. As idéias de Vanessa sobre o caráter não aleatório das mutações poderiam corroborar esta hipótese.

Há possibilidade de que ambas hipóteses encontrem fundamentos e que convivessem nas idéias de Vanessa: a determinação e herança genética, e a possibilidade de mudança direcionada e não expressão de características desfavoráveis, conjuntamente. Concretamente, a coleta de dados não possibilitou uma análise satisfatória sobre estas relações, nesta etapa da intervenção. Embora, foram abordadas em muitas atividades, nesta etapa da intervenção, tanto as relações entre a determinação e herança genética das características e o processo evolutivo, como o fato de que apenas as características geneticamente determinadas têm importância na evolução. Nas aulas 07, 08, 09 e 12 foram realizadas atividades de ensino que, de alguma forma, abordaram as questões mencionadas. As aulas 07 e 12 configuraram-se como exposições participativas, atividades com o instrumento e discussões orientadas por questões formuladas pelo professor. Nestas aulas, os dados coletados foram, fundamentalmente,

anotações que permitiram, em alguns casos, discriminar as idéias de cada participante. Estes dados são utilizados na análise que estamos apresentando. Mas, em outros casos, foram anotações gerais, mais relacionadas à compreensão do professor de falhas em atividades, novas atividades a serem realizadas ou sobre conceitos a serem abordados. As aulas 07, 08 e 09, por problemas já descritos, não foram gravadas em vídeo e este fato dificultou a coleta de dados individualizados das idéias dos participantes sobre, principalmente, o princípio aqui analisado. Assim, as observações e as anotações do professor foram os principais dados utilizados nesta análise.

Relação entre variação e adaptação

A quantidade de expressões da participante que continham a palavra “adaptação”, nesta etapa da intervenção, foi pequena comparada com a Avaliação Diagnóstica. Não foi possível identificarmos, claramente, a relação estabelecida pela participante entre a diversidade de características de um grupo e adaptação. Entretanto foi possível identificar que, nesta etapa da intervenção, a participante parece ter desenvolvido uma relação entre adaptação e tamanho populacional. Esta relação aparece nas duas situações em que a participante refere-se à adaptação por escrito. Na aula 07, após uma atividade com o instrumento, ela descreveu os motivos de sucesso de algumas sub-populações após uma atividade com o instrumento: *“Quando a população era +++++ as chances de sobreviventes foram maiores, já que a população também é grande houve uma maior adaptação no ambiente.”*. Na aula 09 descrevendo relações entre a grande quantidade e variedade de mamíferos e a ocupação, por estes, de quase todos os ambientes ela escreveu: *“Antes dos mamíferos, o domínio terrestre pertencia aos dinossauros. Após sua extinção houve um aumento populacional dos mamíferos que se adaptaram e conseguiram seu domínio.”*. Parece que a idéia de tamanho populacional, nesta etapa da intervenção, passou a assumir importância no processo de adaptação. Uma hipótese que pode colaborar na compreensão do estabelecimento da relação destacada está vinculada ao papel das regras de utilização do instrumento e às atividades desenvolvidas. No instrumento de ensino, a possibilidade de geração de diversidade de características está relacionada ao tamanho populacional: quanto maior a população (ou sub-população, se houver mais de um grupo de indivíduos com características diferentes), maior o número de rodadas da roleta para gerar variação.

Portanto, o tamanho da população interfere na possibilidade de variação gerada a partir de um grupo. O tamanho populacional interfere, diretamente, no sucesso populacional em situações de catástrofe, o que foi representado em uma atividade com o instrumento. Mas, o tamanho populacional refere-se, principalmente, à possibilidade de que apareçam indivíduos com características diferentes e que podem ser favoráveis ou desfavoráveis no ambiente em que se encontram ou em situações de mudança ambiental. A importância do tamanho populacional no processo evolutivo foi explicitamente abordada durante a intervenção, portanto, isto pode estar relacionado a que a participante estabelecesse essa relação, não identificada na etapa de Avaliação Diagnóstica. Na aula 10, Vanessa deixa clara sua idéia sobre a importância do tamanho populacional no instrumento de ensino, explicando o motivo pelo qual o grupo escolheu iniciar uma atividade (com o instrumento) com uma população inicial grande: *“Escolhemos uma maior população para ter mais chances de mudança.”* A partir destes dados, podemos formular a hipótese de que parte da importância atribuída ao tamanho populacional no sucesso evolutivo dos mamíferos, ao qual ela se refere na questão citada, pode estar relacionada à possibilidade de surgimento de diferentes características a partir do aumento populacional. As diferentes características possibilitariam o domínio do diversos ambientes.

Mas, não é possível basear esta hipótese em mais dados concretos pois não foram desenvolvidas atividades especificamente direcionadas para explicitar o sentido atribuído, pela participante, ao conceito de adaptação. Foram desenvolvidas muitas atividades que procuraram gerar o estabelecimento de relações entre a variabilidade intraespecífica e adaptação (aulas 06, 07, 10, 12 e 13). Mas, não foram propostas atividades que possibilitassem explorar de forma mais aprofundada as idéias dos participantes sobre essa relação, como realizado na Avaliação Diagnóstica. A identificação das idéias dos participantes (principalmente as divergentes do conhecimento científico), durante a etapa de Desenvolvimento, gerou mudanças nas atividades de ensino, como já descrevemos no capítulo Intervenção. Mas, a identificação não gerou, muitas vezes, atividades de aprofundamento das idéias dos participantes sobre as possíveis divergências. Em alguns casos, tentamos aprofundar o entendimento sobre as idéias dos participantes no próprio momento de identificação da idéia, durante a aula, a partir de discussões e perguntas dirigidas a eles. A falta de

atividades para aprofundar nas idéias dos alunos dificultou a análise proposta na pesquisa, principalmente na etapa de Desenvolvimento.

Relação entre variação e ambiente

Vanessa estabelece relações entre os indivíduos portadores de algumas características específicas e o ambiente. Ela identifica a existência de características favoráveis (e desfavoráveis) no ambiente. Por exemplo, na aula 07, descrevendo as possíveis causas de sucesso e fracasso evolutivo de sub-populações de Iscan Nam, ela escreveu: “... a vegetação foi diminuindo e o nível do mar aumentou, assim o ambiente tornou-se propício a indivíduos aquáticos e os espinhos e as patas dos Iscan Nam (E1, F1, G1 e H1) dificultaram seu desenvolvimento.”. Na mesma atividade, a participante expressa a possibilidade de extinção de uma sub-população de Iscan Nam devido a mudanças ambientais, estabelecendo uma relação entre alteração ambiental e dificuldades de desenvolvimento no novo ambiente. Na aula 09, podemos ver o mesmo tipo de relação expressa: “Os dinossauros c/ características favoráveis ao ambiente as transmitiram às novas gerações geneticamente. Já os com características desfavoráveis pode até ter transmitido às novas gerações, porém como não era útil ao ser no ambiente, essa característica não mais passou a ser transmitida.”.

Na aula 10, em uma discussão durante uma atividade com o instrumento, na qual o grupo planejava como demonstraria o surgimento de uma nova sub-população (com características definidas) a partir das anteriores, Vanessa diz ao grupo, referindo-se a como eles demonstrariam o surgimento: “*Tem que mudar o ambiente para haver variação.*”. Ela parece demonstrar que acredita que o surgimento da variação está ligado às mudanças ambientais, o que ela já expressara em uma outra situação não relacionada ao instrumento de ensino. O estabelecimento desta relação pode estar vinculado com uma sistemática do instrumento, a rodada de variações após uma mudança ambiental. Esta sistemática, que estava sendo utilizada no momento da aula 10, pode ter influenciado as idéias da participante sobre a relação entre ambiente e variação. Talvez, a sistemática possa ter reforçado suas idéias iniciais sobre o papel do ambiente como direcionador do processo de surgimento da variação. A identificação destas idéias, juntamente às relacionadas ao surgimento de novas espécies a partir da modificação de alguns indivíduos (já citada anteriormente), foram responsáveis pelo conteúdo abordado

na aula 13. Nessa aula, objetivamos realizar atividades que pudessem colaborar na compreensão dos participantes sobre a possibilidade de especiação a partir de duas situações: isolamento total das sub-populações e surgimento aleatório de características nessas populações isoladas; a partir das diferenças adquiridas aleatoriamente entre indivíduos presentes em um ambiente haveria a chance de ocupação de diferentes nichos, causando afastamento desses indivíduos da população inicial e possível isolamento reprodutivo. Os resultados da aula só foram observados ao fim da intervenção.

Síntese da análise na etapa Desenvolvimento

Relação entre variabilidade intraespecífica e processo evolutivo

Como já citamos anteriormente, a coleta de dados nesta etapa da Intervenção foi prejudicada por falhas que interferiram na possibilidade de caracterização de algumas idéias da participante sobre elementos analisados. Portanto, apresentaremos uma análise baseada nos dados obtidos e formularemos algumas hipóteses sobre as idéias da participante.

Nesta etapa da intervenção, Vanessa parecia relacionar a diversidade de características entre indivíduos de um grupo e o conceito de espécie. Essa relação parece estar permeada pela idéia de que a diferenciação de indivíduos gera a formação de novas espécies. Quanto à origem das diferentes características, ela parecia relacioná-las às mutações, mas a noção de mutação da participante era, aparentemente, divergente do conceito científico. A aplicação deste conceito pela participante foi convergente com o conhecimento científico em diferentes ocasiões, mas a coleta de dados não propiciou informações para a caracterização de um elemento principal do conceito, o caráter aleatório das mutações. As idéias, nas quais ela utiliza o conceito de mutações, não estavam diretamente relacionadas ao caráter aleatório das mudanças genéticas. Há indícios de que, nesta etapa da intervenção, a participante relacionasse o surgimento de diferentes características a um certo direcionamento, por algum processo como a necessidade ambiental (manifesta na Avaliação Diagnóstica). Embora, não seja possível basear esta hipótese em muitos dados, identificamos duas situações que podem corroborar a hipótese formulada. Em uma discussão a participante manifestou a possibilidade de que a transmissão das características desfavoráveis fosse impedida. Em

outra ocasião, ela afirmou não acreditar que as mutações sejam aleatórias e demonstrou uma certa insatisfação com a idéia de aleatoriedade no surgimento das mudanças.

Mas, isso não significa que apenas relações divergentes do conhecimento científico foram estabelecidas pela participante. Ela manifestou idéias nas quais relacionava características e determinação e herança genética. A participante parece ter desenvolvido relações entre a diversidade de características encontrada entre indivíduos de um grupo e sua determinação e transmissão genética. Não foi possível identificar exatamente o papel de tais idéias na visão da participante sobre o processo evolutivo. Mas, acreditamos que há possibilidade de que, nesta etapa da intervenção, a participante já desenvolvesse a idéia de que as características geneticamente determinadas são importantes no processo evolutivo. A partir de discussões em aula, principalmente de uma discussão na aula 13, foi possível perceber elementos dessa idéia, que aparece no Diagnóstico Final e que discutiremos melhor na análise dessa etapa.

Com relação ao surgimento das características (favoráveis ou desfavoráveis) há possibilidade de que Vanessa possuía idéias distintas e que conviviam em sua rede de relações. Ela manifesta relação entre surgimento das características e mutação e parece vincular essas características a algum componente genético. Por outro lado, a não crença no caráter aleatório das mutações e os indícios de que ela ainda mantivesse idéias relativas ao direcionamento da geração da diversidade pode levar a formulação da hipótese de convivência dessas idéias. Essa hipótese encontra subsídios se analisarmos o caráter processual do desenvolvimento conceitual e será mais bem discutida, frente o referencial teórico, na análise final.

Com relação ao conceito de adaptação, parece que Vanessa, nesta etapa da intervenção, passa a relacioná-lo ao tamanho populacional. Isso não significa que as relações entre adaptação e variedade de características tenham sido excluídas. Acreditamos que há possibilidade de que Vanessa tenha estabelecido relação entre adaptação e tamanho populacional e que esta relação possa conter a idéia de que uma população grande tenha maiores chances de possuir variação entre os indivíduos, o que ela expressa com relação ao instrumento de ensino.

A análise desenvolvida não permite uma conclusão precisa sobre as relações estabelecidas por Vanessa entre a variação e o processo evolutivo. Mas, há indícios que nos levam a formular a hipótese de que ela passou, nesta etapa da intervenção, a

relacionar a diversidade de características entre indivíduos de um grupo ao conceito de espécie, ao de mutação e às idéias de determinação e herança genética. Essa diversidade se relaciona à existência de indivíduos portadores de características favoráveis ou desfavoráveis em determinado ambiente, o que interfere na adaptação e sobrevivência dos indivíduos (idéias centrais na visão sobre o processo evolutivo de Vanessa).

Avaliação de aprendizagem

Presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo

A participante identificava, desde a etapa de Avaliação Diagnóstica a existência de diferenças entre os indivíduos de um grupo. Nesta etapa final de avaliação, pudemos formular algumas hipóteses sobre o desenvolvimento de idéias convergentes com o princípio darwinista de variabilidade intraespecífica e seu papel no processo evolutivo, objeto de estudo deste trabalho. Esse desenvolvimento está relacionado a mudanças nas idéias da participante sobre a natureza das diferenças entre os indivíduos de um grupo e a relação entre esta e os conceitos científicos (e relações entre conceitos) cuja análise descreveremos a seguir.

Conceito de espécie

Na última etapa da intervenção houve um número elevado de expressões da palavra “espécie” pela participante. A aplicação do conceito em diferentes situações nos possibilitou desenvolver uma hipótese, de que ela considera “espécie” a um grupo de organismos com características muito semelhantes. Desta forma, parece-nos que é possível entender que a participante considere “espécie” grupos de organismos como as sub-populações representadas no instrumento de ensino. Tomando o exemplo do instrumento de ensino, a participante parece considerar como espécie às populações iniciais (chamadas de populações porque apenas essas se encontram no ambiente) e também às sub-populações que se diferenciam por alguma característica da inicial (que também poderia ser considerada uma sub-população, já que a população, grupo maior, inclui esses dois grupos de indivíduos). Na aula 13, foram abordadas de forma explícita as relações (entre populações iniciais e sub-populações) e a possibilidade de especiação, de formação de novas espécies. Durante a aula, nas atividades realizadas, objetivamos esclarecer que essas sub-populações poderiam gerar novas espécies, se houvesse o

pressuposto abordado na própria aula para a formação de novas espécies (isolamento reprodutivo).

Durante a aula 14, os participantes responderam a questões presentes em um roteiro de atividades (Anexo 3) e realizaram sistemáticas com o instrumento, propostas no mesmo roteiro. Em uma questão que solicitava escrever sobre a seleção natural, Vanessa aplicou o conceito de espécie da seguinte forma: “*A seleção natural é o processo pelo qual a espécie se adapta ao ambiente garantindo assim sua sobrevivência.*”. Quando exemplificou utilizando o instrumento, ela escreveu: “*No instrumento isto é mostrado através da diminuição ou desaparecimento de uma espécie anterior a uma outra, cuja a adaptação tornou-se difícil devido as mudanças ambientais.*”. Aqui encontramos subsídios para a hipótese elaborada inicialmente, de relação direta entre indivíduos com características semelhantes (que poderiam pertencer a uma sub-população dentro de uma população maior) e a formação de espécies. Nessa mesma aula, respondendo a uma questão sobre a importância da “variabilidade (diversidade) intraespecífica (entre indivíduos de uma mesma espécie)” ela respondeu: “*Com a diversidade da espécie, as características são diversas, o que possibilita a adaptação de alguns indivíduos que possam sobreviver às mudanças ambientais*”. Esta mesma resposta será analisada em outros tópicos e parece corroborar a hipótese formulada. Vanessa escreveu “*diversidade da espécie*” o que é uma expressão ambígua, que dá margem à interpretação de que ela poderia querer dizer diversidade de espécies (expressão presente na aula 15, citada logo adiante) e que seria convergente com nossa hipótese inicial. Mas, a ambigüidade também poderia ser considerada como um problema de expressão da participante.

Na aula 15, como já citamos, a relação entre diferenciação de indivíduos e formação de espécies também aparece: “*Mesmo que essas plantas mudem de ambiente com muitos parasitas elas não evoluíram, pois todas elas são idênticas. Não há diversidade de espécies ...*”. Portanto, há indícios fortes de que a participante considera espécie como um grupo de indivíduos com características muito semelhantes, incluindo um grupo muito pequeno de indivíduos que fazem parte de um grupo maior. Aclaramos que não foi desenvolvida uma atividade específica para explorar o conceito de espécie da participante, sendo os dados analisados as expressões espontâneas da participante

que remeteram a este conceito. Uma atividade específica poderia ter sido muito útil para que a análise, que foi exposta em termos de hipóteses, pudesse ser mais conclusiva.

Geração da variação é aleatória.

Nesta etapa da intervenção, Vanessa parece relacionar a geração da diversidade a um processo aleatório (gerado ao acaso). Na aula 14, respondendo à questão 6 (Anexo 3), a participante caracteriza o processo evolutivo como: “... *ele é contínuo, não tem previsão para término e os acontecimentos se realizam ao acaso...*”. A expressão os “acontecimentos” é um pouco vaga e dificulta a análise, pois o acontecimento que ocorre ao acaso no processo evolutivo é a geração da variação (as mutações). Mesmo assim, parece relevante o fato de que ela utiliza a idéia de aleatoriedade (incluída em uma tabela que contém uma série de características) para relacioná-la ao processo evolutivo, escrevendo “ao acaso” na resposta, isto é, transcrevendo em outras palavras essa mesma idéia. Na aula 15, respondendo à questão 1 (Anexo 4) ela indica como correta a afirmação da direita (que apresenta uma visão convergente com o conhecimento científico) e justifica esta escolha escrevendo: “*Como elas viviam somente próximas a corpos d’água, logicamente seria vantajoso alguma característica aquática. Aleatoriamente foram surgindo mutações que favoreceram sua adaptação e sobrevivência ao ambiente.*”. A resposta expressa com clareza a relação entre o surgimento de características aquáticas (vantajosas no ambiente) e o surgimento aleatório de mutações, parecendo contribuir com a hipótese de que a participante relaciona, nesta etapa, surgimento da diversidade de características e aleatoriedade. Mas, uma expressão escrita na aula 15, analisada mais adiante na relação entre variação e mutação, pode indicar que estes dados não são conclusivos sobre o desenvolvimento da idéia de que as diferentes características surgem a partir de um processo aleatório.

Relação entre variação e mutação

Na etapa de Avaliação de Aprendizagem, há indicativos de que ela manteve (e aparentemente reforçou) a relação já apresentada, na etapa anterior, entre o surgimento de diferentes características e o conceito de mutação. Em uma atividade da aula 15 a participante devia se manifestar sobre a possibilidade de evolução de algumas plantas geneticamente iguais (clones) transplantadas em um ambiente muito desfavorável. Na

resposta ela estabeleceu uma relação entre mutação e “*diversidade de espécies*”: “*Mesmo que essas plantas mudem de ambiente com muitos parasitas elas não evoluiriam, pois todas elas são idênticas. Não há diversidade de espécies, portanto as chances de ocorrer mutações são diminuídas.*”. Ela atribui, na seqüência da resposta, importância à mutação como possibilidade de sobrevivência das plantas, mas indica que a possibilidade de mutação seria remota: “*A mutação seria a única chance de sobrevivência, no entanto a morte é certa.*”. Esta expressão parece demonstrar claramente relação entre mutação e o surgimento de características que poderiam gerar possibilidade de sobrevivência no ambiente descrito. Mas, a associação entre mutação e “*diversidade de espécies*” pode gerar uma outra análise, que colaboraria com o entendimento sobre as relações estabelecidas pela participante entre mutação e aleatoriedade.

Na aula 15 ela escreveu: “... *Aleatoriamente foram surgindo mutações...*” explicando sua resposta sobre a questão das lontras (questão 1, Anexo 4), de forma convergente com o conhecimento científico, como já descrevemos em análise anterior. Mas, na resposta da mesma aula, expressou: “*Não há diversidade de espécies, portanto as chances de ocorrer mutações são diminuídas.*” Vanessa parece atribuir à existência de “*diversidade de espécies*” uma maior possibilidade de que ocorram mutações, relação divergente do conceito científico de mutação, processo que ocorre ao acaso, independente da existência de outras características, o que foi abordado especificamente na aula 07. A afirmação da participante possibilita diferentes análises e acreditamos ser possível propor uma hipótese a respeito do significado da mesma.

Acreditamos ser possível associar as duas situações em que Vanessa relaciona mutação e aleatoriedade à capacidade da participante em identificar esta relação e utilizá-la de forma adequada nas questões. Nas duas situações estava presente a idéia de aleatoriedade no enunciado da questão e as duas exigiam que ela associasse informações presentes (características do processo evolutivo e explicação sobre a evolução de um caractere) ao processo evolutivo. Portanto, as duas respostas provavelmente fossem influenciadas pelo contexto das questões, dificultando a análise das respostas da participante de forma conclusiva. Mas, a capacidade de identificar a relação “adequada” não estava presente na participante no início da intervenção e outros participantes não foram capazes de realizar essa identificação e responder de forma convergente com a

científica essas mesmas questões. Discutiremos mais aprofundadamente essas idéias na análise final.

Princípio da herança dos caracteres

Na etapa final da intervenção, alguns dados parecem indicar uma convergência entre as idéias de Vanessa e a herança e determinação genética dos caracteres. Ela parece expressar o caráter genético da determinação das características em uma resposta: *“Os padrões de asas não mudarão, pois mesmos que sejam predadas ainda haverá sobreviventes. Esses sobreviventes transmitirão as mesmas características a seus descendentes”* e de sua transmissão: *“os genes serão passados de geração a geração. (mesmo que o pai morra, haverá um filho portador).”*. No processo evolutivo apenas as características determinadas geneticamente são importantes, porque elas são passadas às gerações seguintes e podem ocasionar mudanças ao longo das gerações. Os dados analisados nos levam a formular a hipótese de que Vanessa parece ter desenvolvido algumas idéias convergentes com essa relação. Ela parece ter sido capaz de discriminar características determinadas geneticamente e aquelas adquiridas (que não podem ser transmitidas às gerações seguintes) no processo evolutivo. Na resposta à questão 4 (Anexo 4), sobre a influência da alimentação nos músculos de diferentes gerações de ratos de laboratório ela escreveu: *“Não haveria modificações, pois as características são transmitidas através dos genes. Como a alimentação é um fator externo, sua influência de nada vale no processo”*. Ela descreve como *“externas”* as influências da alimentação e parece identificar que as alterações, não passíveis de transmissão genética aos descendentes, não se perpetuariam ao longo do tempo. A questão 5, do mesmo instrumento de coleta de dados, questiona a possibilidade de evolução do padrão de asas de um tipo de borboleta. A participante relaciona a impossibilidade de mudanças no padrão ao longo do tempo à impossibilidade de evolução do caractere (devido à impossibilidade de seleção sobre o mesmo) que continuaria o mesmo, pela determinação genética das características. Estes dados dão suporte à hipótese acima mencionada de que a participante parece relacionar ao processo evolutivo as idéias de determinação e herança dos caracteres, de forma convergente com o princípio da herança dos caracteres. As respostas citadas parecem permitir que relacionemos as idéias da participante de mudança, nas gerações de

organismos, ao longo do tempo. Também parecem permitir que possamos especular que na resposta sobre a não existência de mudanças ao longo das gerações na musculatura dos ratos, devido à impossibilidade de transmissão das mudanças nessa característica, esteja relacionada a sua visão do papel das características determinadas geneticamente no processo evolutivo. Na análise que relaciona as idéias da participante nas três etapas da intervenção abordaremos novamente esta discussão.

Relação entre variação e adaptação

A participante parece estabelecer uma relação direta entre a diversidade de características e adaptação. Esta relação parece estar caracterizada pela idéia de que a diversidade indica possibilidade de adaptação: “...*as características são diversas, o que possibilita a adaptação de alguns indivíduos que possam sobreviver às mudanças ambientais.*” (aula 14). A mesma idéia está presente também em uma discussão realizada nessa aula, suscitada por uma atividade com o instrumento, na qual o grupo deveria demonstrar a importância da variação intraespecífica no processo evolutivo. Vanessa diz que “*Quanto mais diferenças [entre os indivíduos de uma população] melhor para sobreviverem, para alguns poderem se adaptar.*”. Na aula 15 outra resposta parece ir ao encontro desta interpretação. A questão 1 do questionário (Anexo 4), que já foi citada anteriormente, descrevia a evolução das patas das lontras que, sabe-se, descendem de ancestrais cujas patas não tinham membranas interdigitais. A questão colocava duas alternativas de descrição desse processo – uma que relacionava o desenvolvimento à pressão ambiental, e outra que o relacionava às variações acidentais – sendo a primeira incorreta, do ponto de vista científico, e a segunda correta. A participante indicou a segunda alternativa como a mais correta e justificou escrevendo que: “...*Aleatoriamente foram surgindo mutações que favoreceram sua adaptação e sobrevivência ao ambiente*”. Nesta resposta ela relaciona as mutações às características que possibilitaram (favoreceram) o processo de adaptação. A partir destes dados, podemos formular a hipótese de que a relação estabelecida pela participante, nesta etapa da intervenção, entre variação e adaptação parece estar permeada pela idéia de que a existência de diferentes características possibilita adaptação dos indivíduos portadores das mesmas.

A análise anterior e a hipótese formulada baseiam-se em uma aparente convergência entre as idéias da participante e o conhecimento científico. Mas, as análises anteriores, principalmente sobre a aleatoriedade do processo de surgimento da variação, também permitem que formulemos outra hipótese, a fim de enriquecer a discussão. Há alguns indícios de que o sentido utilizado, pela participante, para a palavra “aleatório” não seja convergente com o conceito científico. Ela expressou-se, em outra situação da etapa de Avaliação de Aprendizagem, de uma forma que parece indicar a idéia de que a diversidade de características pode “*aumentar a chance de ocorrer mutações*”, idéia divergente do conhecimento científico sobre as mutações. A partir dos dados coletados, não é possível certificar-nos do sentido atribuído pela participante ao caráter aleatório das mutações, mas podemos formular a hipótese da possível manutenção das idéias iniciais da participante sobre um certo direcionamento do processo de surgimento das características. As idéias relativas a este “direcionamento” podem estar convivendo, conjuntamente, com as idéias sobre a variedade como possibilidade de adaptação, o que não foi possível discriminar com mais profundidade a partir dos dados coletados.

Relação entre variação e ambiente

Vanessa, nesta etapa, parece estabelecer uma relação entre variação intraespecífica e o ambiente, na qual a diversidade é uma possibilidade de que alguns indivíduos possam sobreviver às transformações ambientais: “... as características são diversas, o que possibilita a adaptação de alguns indivíduos que possam sobreviver às mudanças ambientais.” (aula 14). Ela expressa a possibilidade de que mudanças ambientais interfiram nas populações ou sub-populações (que ela chama de espécies), mudando as chances de sobrevivência dos organismos com determinadas características. Além dessa relação – entre a diversidade de características e mudanças ambientais –, ela relaciona o aparecimento de novas características e a sobrevivência em determinado ambiente. Por exemplo, no dado coletado na aula 15, já analisado anteriormente, a participante escreveu: “*Como elas viviam somente próximas a corpos d’água, logicamente seria vantajoso alguma característica aquática. Aleatoriamente foram surgindo mutações que favoreceram sua adaptação e sobrevivência ao ambiente.*”. Nesta resposta aparece a idéia de que o surgimento de uma variação pode favorecer a

sobrevivência de indivíduos em determinado ambiente, no exemplo, um ambiente aquático. Devido à análise sobre a aleatoriedade nas idéias de Vanessa, a frase “*aleatoriamente foram surgindo...*” é questionável quanto ao seu significado. Vanessa escreve que aleatoriamente foram surgindo mutações que favoreceram a adaptação dos organismos. Considerando as análises anteriores e o sentido atribuído a “aleatoriedade”, podemos verificar a viabilidade da hipótese de que na frase referida possa haver indicativos da idéia de que algo (provavelmente o ambiente) possa influenciar no surgimento das características favoráveis. Esta idéia já foi identificada em etapas anteriores da intervenção.

Síntese da análise na etapa Avaliação de Aprendizagem

Relação entre variabilidade intraespecífica e processo evolutivo

A partir da análise dos elementos anteriormente descritos, percebemos que Vanessa relacionava a existência de diferentes características entre indivíduos de um grupo ao conceito de espécie. Ela parece vincular a diversidade à possibilidade de formação de espécies, pois relaciona a diferenciação de indivíduos de um grupo maior (uma espécie) à formação de novos grupos. A partir da aplicação do conceito de espécie pela participante, inferimos que ela tenha desenvolvido a idéia de que uma espécie contenha indivíduos que apresentam diferenças, que podem levar a uma diferenciação tal que o grupo deixaria de pertencer àquela espécie (segundo a participante, por deixarem de se cruzar, idéia convergente com o conceito científico de espécie). Como não foi desenvolvida atividade específica para explorar este conceito, pudemos apenas, a partir dos dados de aplicação do conceito, chegar a algumas hipóteses. Quanto às características que diferenciam indivíduos de uma espécie, Vanessa parece considerar a idéia de que algumas são determinadas geneticamente e, por isso, transmitidas aos descendentes. Analisando os dados coletados, pudemos chegar à hipótese de que ela foi capaz de identificar o papel das características determinadas geneticamente nas mudanças ao longo das gerações. Em uma atividade, a participante foi capaz de descrever a impossibilidade de transmissão, ao longo das gerações, de mudanças em características (atividade e musculatura) devido ao fato de que estas mudanças não são determinadas geneticamente. Parece-nos que há indícios de que essa distinção possa se relacionar à visão de Vanessa sobre o processo evolutivo e sobre a importância das

características determinadas geneticamente nele, de forma convergente com o conhecimento científico.

Vanessa parece relacionar mutação à possibilidade de mudanças em características, de fato, relacionou este conceito às mudanças genéticas vinculadas com o surgimento de diferentes características. Mas, quanto ao caráter aleatório das mutações, não foi possível, a partir dos dados coletados, chegarmos a uma conclusão acerca da relação estabelecida pela participante entre mutação e aleatoriedade. Ela apresenta a relação em duas situações, mas em uma delas a idéia expressa parece estar relacionada à manutenção de uma idéia já identificada, nas etapas anteriores, sobre o direcionamento do surgimento de características em determinado ambiente. As falhas já apontadas na coleta de dados dificultaram a análise dessa relação, mas é provável que as expressões da participante, que contém a idéia de aleatoriedade, não signifiquem que ela tenha desenvolvido a relação referida de forma convergente com o conhecimento científico. As questões nas quais ela teve que se manifestar podem ter influenciado nas respostas da participante e não é possível considerá-las suficiente para concluirmos o caráter dessa relação.

Acreditamos ser possível inferir dos dados que Vanessa atribui importância à diversidade de características determinadas geneticamente, variação intraespecífica, para a sobrevivência e adaptação das espécies (como ela respondeu à questão específica sobre essa relação). A partir das idéias de Vanessa, parece-nos possível formular a hipótese de que ela atribui importância à variação tanto na sobrevivência dos indivíduos a mudanças ambientais quanto na possibilidade de adaptação, idéias ligadas ao processo evolutivo. Portanto, baseando-nos nos dados coletados, e mesmo considerando as dificuldades apresentadas na coleta, nossa hipótese é que Vanessa passou a atribuir à variação intraespecífica um papel importante no processo evolutivo ao fim da intervenção.

Esta hipótese não exclui a possibilidade já citada de que a participante continuasse relacionando idéias sobre direcionamento do surgimento das variações ao processo evolutivo. Acreditamos que é possível que essas idéias convivessem na rede de relações estabelecidas por Vanessa e discutiremos mais aprofundadamente esta questão na análise final.

Desenvolvimento dos aspectos principais relacionados ao princípio de variabilidade intraespecífica.

Presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (espécie)

Vanessa identificava desde o início da intervenção a existência de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo, principalmente diferenças entre características físicas (Ferrari & Chi, 2000) como tamanho e cor que, na intervenção, foram as centralmente trabalhadas. Características mentais como a percepção, memória, inteligência (*ibid.*, p. 1232) e comportamentais, como cuidado parental e forrageio (*ibid.*, p. 1232) foram abordadas apenas nos momentos em que surgiram nas aulas e consideramos essencial discuti-las.

Acreditamos que as relações estabelecidas por Vanessa, entre a diversidade de características e o processo evolutivo (a partir de mudanças nas relações com conceitos relacionados a este processo), se alteraram durante a intervenção. Objetivamos caracterizar as mudanças que pudemos perceber, inicialmente, a partir das relações entre a diversidade de características de um grupo e cada um dos elementos relacionados ao princípio de variabilidade intraespecífica analisados e, em seguida, a partir das relações entre esses elementos, buscando identificar um possível sistema de relações ligado ao processo evolutivo. Parece-nos que, a partir da idéia mais geral de diferenças entre indivíduos de um grupo, Vanessa tenha desenvolvido algumas relações que convergem com o princípio de variabilidade intraespecífica.

O conceito de espécie

Observamos que houve desenvolvimento de alguns elementos do conceito de espécie de Vanessa durante a intervenção. No diagnóstico inicial ela utilizou essa palavra apenas uma vez, com sentido divergente do conceito científico. Ao longo da intervenção há um aumento significativo do número de vezes nas quais a participante, espontaneamente, utiliza o termo. Com relação ao sentido dado à palavra, os dados parecem apontar que o desenvolvimento não foi completo. A coleta de dados não possibilitou a identificação específica do conceito de espécie da participante ao fim da intervenção. Embora, pudemos levantar hipóteses sobre o desenvolvimento de algumas idéias relacionadas ao conceito e cientificamente convergentes. Ao fim da intervenção, percebemos que a participante não aplicava o conceito de forma totalmente convergente

com a científica, dado utilizado para levantar hipóteses sobre elementos não desenvolvidos do conceito.

O aumento de utilização da palavra, de forma espontânea, parece indicar que o conceito referido passa a assumir um papel mais significativo nas idéias de Vanessa. Ao fim da intervenção não foi desenvolvida uma atividade específica para a análise e, portanto, os dados coletados correspondem à utilização espontânea da palavra em determinados contextos. Principalmente analisando os dados da etapa de Desenvolvimento e da utilização espontânea do conceito na etapa final, parece-nos que há desenvolvimento de novas relações entre o conceito de espécie e outros conceitos, no tecido conceitual de Vanessa.

Ao longo da intervenção, uma relação que pudemos identificar foi que indivíduos de uma espécie possuem características comuns e diferentes. Segundo as idéias da participante, o aumento das características diferentes (da diferenciação entre indivíduos) poderia levar a formação de novas espécies. A relação entre espécies e cruzamento entre indivíduos e geração de descendência fértil foi expressa pela participante durante a etapa de Desenvolvimento, após uma aula que abordou o processo de especiação. Nesse contexto, que pode ter influenciado a resposta da participante, ela expressa a necessidade de que os indivíduos não cruzem (e, conseqüentemente, não tenham descendentes férteis) para que se configure a formação de novas espécies. Podemos apenas apontar a possibilidade de que ela tenha desenvolvido essa relação, convergente com conhecimento científico, embora não tenhamos podido confirmar ao fim da intervenção.

A partir dos dados, é possível formular a hipótese de que a relação entre espécie e diversidade de características desenvolvida pela participante pode ter contribuído no desenvolvimento de idéias convergentes com o conhecimento científico. Se considerarmos:

- que Vanessa possa ter passado de uma visão mais generalista sobre espécie (na qual espécie poderia ser aplicada ao grupo das tartarugas, por exemplo) para uma mais centrada nas idéias de compartilhamento de características comuns e presença de características diferentes;
- que a participante passou a considerar necessidade de reprodução e geração de descendentes férteis entre indivíduos de uma mesma espécie;

- que ela passou a considerar a idéia de que a diferenciação entre essas características pode levar à formação de uma nova espécie.

Estas três idéias podem indicar mudanças ocorridas ao longo da intervenção, que contribuiriam no desenvolvimento de um sistema de relações diferente do inicial. Este sistema não se reduz às idéias mencionadas e deve estar inserido em outro, maior e no qual haja relações com a natureza do surgimento das diferentes características, sua determinação e transmissão e outros conceitos que analisaremos adiante.

A principal idéia relativa ao conceito de espécie, e que pode ser divergente do conceito científico, está relacionada ao processo de especiação. Vanessa parece ter desenvolvido a idéia de que indivíduos de um mesmo grupo diferenciam-se pelo acúmulo de características e que a diferenciação leva ao grupo a constituir uma nova espécie. Do ponto de vista de científico, para que se forme uma nova espécie é necessário um isolamento reprodutivo que, na maioria das vezes, é fruto de um longo tempo de isolamento geográfico, gerado por processos migratórios, geológicos (divisão da população por meio de uma barreira geológica) ou comportamentais (como diferentes hábitos alimentares). Com relação aos processos comportamentais, que gerariam isolamento geográfico, o surgimento de estruturas pode interferir na mudança e conseqüente isolamento geográfico. Por exemplo, o surgimento de diferentes estruturas de bicos em uma população de aves poderia proporcionar aos portadores desses bicos comer frutas que o resto dos indivíduos do grupo não comeriam. Essa nova característica poderia levar a seus portadores a isolar-se do grupo, o que favoreceria ao processo de especiação. Este exemplo foi uma das importantes observações que Charles Darwin realizou e que lhe permitiu elaborar a teoria da evolução das espécies pela seleção natural. Parte dessas complexas relações foram abordadas em uma aula dedicada, especificamente, ao processo de especiação e a suas relações com a adaptação (aula 13). Ao fim da intervenção, a participante parecia expressar a idéia de que as espécies surgem a partir da diferenciação direta de alguns indivíduos com características novas e denominava como espécies às sub-populações surgidas nas atividades com o instrumento de ensino. Ao fim da intervenção percebemos que a aula 13, específica para abordar o tema da especiação, foi importante, mas não suficiente para a aprendizagem do processo abordado. Assim, o sistema de relações não foi desenvolvido pela

participante, o que pode interferir em suas idéias relativas ao conceito de espécie e ao processo evolutivo.

A primeira atividade desenvolvida com a finalidade de colaborar no desenvolvimento do conceito de espécie foi que os participantes formulassem uma definição de espécie, a partir de informações fornecidas pelo professor sobre elementos relacionados ao conceito. Com base nas formulações dos participantes (inclusive as de Vanessa, que foram cientificamente convergentes), outras aulas objetivaram abordar o conceito em distintas situações que visavam, principalmente, oferecer possibilidades de sua aplicação. A definição de espécie não representou a formulação do conceito de espécie de Vanessa. Este registro apenas expressava a construção de uma definição realizada a partir da identificação, pela participante, de quais seriam as idéias centrais para a formulação deste conceito, dentro de uma série de informações trabalhadas em aula. Isso não significou que as relações expressas na definição fossem relações presentes nas idéias de Vanessa, o que foi confirmado ao longo da intervenção. Essa atividade foi parte do processo de desenvolvimento conceitual. Outras atividades foram realizadas, objetivando desenvolver o conceito a partir de sua aplicação em diferentes situações, mas não foi realizada nenhuma atividade na qual fosse possível, especificamente, explorar o conceito de espécie de Vanessa, o que constitui uma falha importante na coleta de dados. Os dados de aplicação do conceito foram importantes para compreendermos algumas idéias da participante, mas atividades que viessem a esclarecer o nível de generalização, consciência e voluntariedade do mesmo seriam definitivas para compreendermos a fundo o desenvolvimento.

A segunda discussão que gostaríamos de realizar se refere ao papel das atividades com o instrumento no desenvolvimento de idéias relacionadas ao conceito de espécie. Nessas atividades surgiam grupos (que chamamos de sub-populações) com características diferentes das populações das quais se originaram. A diversidade de características presentes nessa população (que inclui as diferentes sub-populações) representa (no instrumento) a variação intraespecífica. A participante, ao fim da intervenção, utilizava esses grupos como exemplos de espécies. Nas atividades desenvolvidas na intervenção, os conceitos sub-população e população e sua relação com o de espécie não foram abordados diretamente. Não foram desenvolvidas atividades específicas para trabalhar os conceitos mencionados, que foram apenas

abordados em discussões realizadas em aula, por exemplo, a partir da identificação pelo professor de confusão manifesta por algum participante acerca dos mesmos. A realização de atividades de ensino específicas para abordar esses conceitos poderia ter sido positiva no desenvolvimento de um sistema de relações da participante sobre o próprio conceito de espécie. Mas, um problema maior identificado nas relações entre o instrumento de ensino e o conceito de espécie pode estar na atribuição de sentido, pela participante, ao processo de surgimento das características, a partir das sistemáticas realizadas. O surgimento de uma característica nova em um grupo está ligado ao acúmulo de pequenas variações ao longo de muito tempo, transmitidas às novas gerações e que podem tornar-se adaptações em dado ambiente, a partir das modificações que vão surgindo ao longo do tempo e da seleção sobre essas variações. É muito improvável que surjam indivíduos portadores de novas características diretamente, o que abordamos e procuramos esclarecer em aula. No instrumento, a variação surge diretamente a partir do uso da roleta. Assim, o surgimento direto de diferentes características – que geram sub-grupos de indivíduos que possuem essas características – pode ter influenciado nas idéias de Vanessa sobre a diferenciação, direta, de alguns indivíduos em espécies. A abordagem desenvolvida parece não ter sido suficiente para superar o sentido sugerido pela sistemática desenvolvida com o instrumento, cuja simulação omite etapas do surgimento das variações. Esta reflexão aponta para a necessidade de que o professor precisa ter consciência e agir, a partir desta, sobre as possibilidades de interpretação abertas pelas atividades com o instrumento de ensino. Também é necessário desenvolver atividades específicas para a discussão e superação da omissão descrita, de forma mais clara e com maior tempo de trabalho. Além disso, ficou clara a importância da realização de avaliações sobre os resultados das atividades específicas de superação das omissões do instrumento e sobre o conceito de espécie.

Geração da variação é aleatória e o conceito de mutação

No início da intervenção foi possível identificar que Vanessa não relacionava o processo de geração das diferenças entre indivíduos de um grupo à idéia de acaso (ou aleatoriedade). Os dados indicam uma tendência da participante a relacionar o surgimento das características dos seres vivos a necessidades impostas pelo ambiente e à aquisição de “*melhorias*”. As “*melhorias*” viriam a colaborar com a possibilidade de

sobrevivência dos organismos. Esta visão está muito relacionada ao chamado lamarckismo e a participante apresentava, em algumas de suas expressões, idéias convergentes com as de “uso e desuso” e “transmissão das características adquiridas” (elementos centrais da teoria mencionada). Também, nesta etapa na intervenção, os dados coletados nos levam a formular a hipótese de que a participante não relaciona - ou não expressou essa relação de forma espontânea - o surgimento das características ao conceito de mutação.

Ao longo da intervenção ela parece desenvolver, ou pelo menos passou a expressar espontaneamente, relação entre geração da diversidade de características entre indivíduos de um grupo (de uma espécie) e mutação. Esta relação foi confirmada ao fim da intervenção e acreditamos que possa ter influenciado em mudanças nas idéias de Vanessa. Referindo-nos à relação entre aleatoriedade e geração da variação intraespecífica, a partir da análise dos dados coletados realizada e considerando as falhas já apontadas, parece ser possível apenas especular sobre o possível não desenvolvimento desta relação e sobre seu papel nas idéias de Vanessa.

Durante a intervenção há um aumento na utilização da palavra “mutação” de forma espontânea pela participante, dado que utilizamos para formular a hipótese de estabelecimento de relação entre esse conceito e o surgimento da variação intraespecífica. O conceito foi abordado, na intervenção, através de diferentes atividades. Foi realizada uma visita ao laboratório de Biologia Molecular da Universidade, na qual pesquisadores expuseram informações sobre o conceito. Após a visita, foi desenvolvida uma aula expositivo-participativa sobre o tema, na qual complementamos as informações expostas no laboratório e expusemos outras, acerca do conhecimento científico da genética relacionado ao processo evolutivo. Discussões sobre o conceito de mutação estiveram presentes também em atividades com o instrumento, no qual o processo era representado, de forma simplificada, pelo sorteio de características em uma roleta.

Percebemos que durante o Desenvolvimento, Vanessa passa a utilizar a expressão “mutações genéticas” o que pode indicar que ela pode ter estabelecido relações entre mutação e mudanças genéticas, mas essas relações parecem não estar permeadas pela idéia de aleatoriedade. Na aula 10, identificamos que ela relacionava os sinais + ao aumento das chances - rodando a roleta mais vezes - de surgir

características favoráveis nas atividades com o instrumento. Mas, este fato não significou que ela generalizasse essa idéia, aplicando-a em outras situações fora das atividades com o instrumento. Na aula 13 ocorreu uma discussão importante, na qual a participante explicitou não acreditar que as mutações ocorrem ao acaso. Essa discussão foi gerada por uma atividade com o instrumento que visava explicitar o caráter aleatório da mutação na possibilidade de formação de novas espécies. Assim, o elemento central era a idéia de que, para que houvesse especiação e adaptação (e também o próprio processo evolutivo), não seria necessário que as mudanças fossem direcionadas. Objetivamos tornar explícito que mesmo surgindo ao acaso as mudanças poderiam propiciar o processo evolutivo, de mudanças nos organismos ao longo das gerações. Mas, essa foi a última aula da etapa de Desenvolvimento. Após a discussão, na qual todos participaram ativamente, as próximas aulas corresponderam à Avaliação de Aprendizagem, decorrendo menos de uma semana entre a discussão e a aula 14 (primeira da etapa final).

Na Avaliação de Aprendizagem percebemos que Vanessa expressa claramente relação entre mutação e geração de diversidade de características, relacionando-a inclusive, à possibilidade de geração de características que viessem a possibilitar sobrevivência dos indivíduos em uma mudança ambiental. Em algumas situações, ela aplica o conceito de mutação e cita seu caráter aleatório, de forma convergente com a científica. Ela cita esse caráter e expressa sua relação com as mutações de diferentes formas, interpretando a expressão “variações acidentais” (presente na questão 1 do questionário Anexo 5) como “*aleatoriamente*” e “aleatório” como “*ao acaso*” em uma questão da aula 14. Em ambas questões, Vanessa precisava relacionar informações já dadas sobre o processo evolutivo e justificar suas idéias e escolhas. Portanto, em ambas respostas, a relação entre mutação e aleatoriedade não pode ser considerada como espontânea, podendo, muito provavelmente, ter sido influenciada pelo contexto das questões. Em outra situação Vanessa aplicou o conceito de aleatoriedade de forma divergente da científica, expressando a idéia de que a chance de ocorrer mutações pudesse ser diminuída pela falta de diversidade de características.

Se partíssemos do pressuposto que Vanessa desenvolveu, na etapa final da intervenção, as idéias de que as mutações são a fonte da variedade de características e dão-se aleatoriamente, perceberíamos um salto nas idéias apresentadas, já que na aula

anterior a 14, ela declarou não acreditar que as mutações fossem aleatórias. Trabalhos como o de Vlaardingerbroek & Roederer (1997) e Dagher & BouJaoude (1997) demonstram que as crenças pessoais (inclusive, e principalmente, as religiosas) podem desenvolver um papel importante nas idéias sobre o processo evolutivo. Vanessa explicitou que não acreditava que as mutações fossem aleatórias, em um contexto de discussão na qual havia liberdade para que todos se expressassem, e o fez em um tom de descontentamento. Esse descontentamento referia-se a um certo estranhamento de que as características pareciam “*tão perfeitas*” em um ambiente dado que seria lógico que fossem desenvolvidas para ele. Não abordamos nenhuma questão religiosa durante a intervenção e nem perguntamos à participante se havia relação entre seu descontentamento e suas crenças religiosas. Mas, este posicionamento pode ter se constituído em outra falha na intervenção, que analisaremos mais adiante. Embora, desde o início nossa intenção era nos atermos à compreensão e ao desenvolvimento dos conceitos científicos dos participantes, compreender melhor a questão da perfeição seria um procedimento importante. Segundo Lawson & Thompson (1988) e Lawson & Weser (1990), uma das importantes “crenças não científicas” (“*nonscientific beliefs*” Lawson & Weser, 1990, p. 589) é a de que a “*evolução é dirigida para a perfeição por forças inerentes aos organismos vivos*” (*ibid.*, p. 590). Os trabalhos citados indicam a presença disseminada dessa idéia entre estudantes. Não estamos fazendo aqui nenhuma comparação entre as idéias da participante nem da caracterização destas com a realizada pelos autores, apenas consideramos importante destacar que seria positivo esclarecer melhor as idéias da participante. Como não pudemos obter dados específicos ao respeito, não podemos fazer muitas especulações acerca dessa crença (se é que realmente era uma crença ou apenas um descontentamento) e seu papel nas idéias da participante ao final da intervenção. Com relação ao salto nas idéias da participante, não é possível afirmar que a visão da participante sobre as mudanças surgirem em função das necessidades ambientais, identificada no início da intervenção, foi superada. Também não é possível afirmar que ela, por ter expressado relação entre mutação e aleatoriedade nas respostas analisadas, tenha desenvolvido um sistema de relações que vinculasse essas idéias ao surgimento das diferentes características de indivíduos de uma espécie. O possível salto nas idéias de Vanessa pode estar relacionado à dificuldade de chegarmos a uma análise mais profunda a partir dos dados coletados. A falha na

coleta de dados pode ter feito com que não percebêssemos mais claramente o desenvolvimento ocorrido na etapa de Desenvolvimento e que ficou mais aparente na avaliação final.

Uma outra hipótese mais viável é a de que os instrumentos de coleta de dados, na avaliação final, não puderam gerar dados claros sobre a relação entre mutação e aleatoriedade. Neste contexto, as relações expressas pela participante podem ser oriundas de sua capacidade de compreender, nas situações de avaliação, quais conhecimentos estavam presentes e aplicar o conhecimento convergente com o científico, não necessariamente expondo suas idéias. Essa hipótese relaciona-se a outras duas possibilidades: a aplicação induzida pela questão e que não indique nenhum desenvolvimento da participante, e a capacidade da participante em, pelo menos, identificar o contexto da questão e aplicar essas idéias, indicando um caminho de desenvolvimento a ser trilhado.

A primeira possibilidade supõe que as situações de avaliação permitiram que Vanessa apenas verbalizasse relações entre mutação e aleatoriedade, provavelmente decoradas, e que não faziam parte de seu tecido conceitual. Esta hipótese é possível, mas parece poder ser minimizada pela relação entre as respostas de Vanessa e de outros participantes (que não puderam realizar o mesmo processo de verbalização nessas respostas), pela sua interpretação das formulações das questões e pelo desenvolvimento da relação entre variação e adaptação, que discutiremos mais adiante.

A segunda possibilidade é a de que ela foi capaz de identificar a idéia principal das questões e também que a relação entre aleatoriedade e mutação deveria fazer parte da resposta porque algum desenvolvimento nesse sentido ocorreu. Esse desenvolvimento, em fase inicial, convive junto à idéia, possivelmente mantida, de um certo direcionamento do processo de surgimento das características. Na resposta analisada, ela relacionou esse direcionamento (a maior possibilidade de surgimento de mutações) à diversidade de características existente. Em outros momentos, anteriores à etapa de Avaliação Final, ela relacionou esse direcionamento à pressão ambiental. A falta de desenvolvimento de um sistema completo de relações, relativo ao conceito de mutação, pode ter possibilitado que essas diferentes visões estivessem presentes, sendo direcionadas nas situações de aplicação do conhecimento. Dessa maneira, a possível relação mutação/aleatoriedade pode estar em fase de desenvolvimento e não inserida em

um sistema científico de significados, convivendo com a relação entre surgimento da diversidade/mutação/direcionamento, que ainda encontrava espaço no tecido conceitual da participante.

Acreditamos poder inferir dos dados que o desenvolvimento parcial do conceito de mutação está relacionado ao processo evolutivo nas idéias de Vanessa. Essa relação está permeada pelas idéias, que pudemos identificar, de mutação gerando variação entre indivíduos que possibilitaria sobrevivência em mudanças ambientais e de mutação gerando variação que possibilitaria adaptação ao ambiente. As idéias, de sobrevivência e adaptação são centrais para a compreensão de Vanessa do processo evolutivo. Esse desenvolvimento parcial pode estar relacionado às atividades desenvolvidas na intervenção, principalmente aquelas com o instrumento de ensino, aliadas às atividades nas quais foram fornecidas informações ao respeito das mutações. Essas atividades pareceram contribuir para o desenvolvimento das relações descritas e foi possível perceber durante a intervenção um aumento da utilização, pela participante, dessas idéias para explicar sua visão sobre o processo evolutivo. Nessas atividades o caráter aleatório da mutação foi muito ressaltado e as discussões realizadas objetivaram explicitar o caráter aleatório da geração da variação intraespecífica. Mesmo assim, as atividades não foram suficientes para o desenvolvimento de um sistema de relações, formado por conceitos científicos, entre aleatoriedade e o processo evolutivo.

Princípio da herança dos caracteres

Vanessa identificava, no início da intervenção, em diferentes situações a herança de características e sua transmissão às novas gerações. Mas, ela não explicitava o caráter genético dessa transmissão e nem a relação com a determinação genética das características. Devido ao fato de não ter explorado de forma explícita essas relações, podemos apenas afirmar que elas não foram expressas de forma espontânea pela participante nos momentos em que deveria explicar sua visão sobre o processo evolutivo. Nessas situações, ela apresentou centralmente, idéias relacionadas à transmissão de caracteres adquiridos (lamarckismo), como já citamos. Ao longo da intervenção, a participante explicita idéias que indicam relação entre a transmissão das características e seu caráter genético. Foram realizadas atividades como a visita ao Laboratório de Biologia Molecular e aulas expositivo-participativas, nas quais foram

abordadas informações sobre alguns conhecimentos de genética⁶, relacionados ao processo evolutivo, e foram explicitadas relações entre essas informações e as atividades realizadas (principalmente com o instrumento). É possível que essas atividades tenham interferido no estabelecimento e/ou aumento da utilização das idéias sobre o caráter genético da determinação e herança dos caracteres.

Ao fim da intervenção, Vanessa expressou idéias que nos fizeram formular a hipótese de que passou a relacionar determinação e transmissão genética das características à variação intraespecífica. Durante o Desenvolvimento e ao fim da intervenção, algumas idéias de Vanessa dão suporte a esta hipótese que, infelizmente, não pôde ser confirmada de forma conclusiva. A hipótese parte da relação, estabelecida por Vanessa, entre a diversidade de características entre indivíduos de uma espécie e sua determinação e transmissão genética. Se Vanessa realmente passou a relacionar parte da diversidade de características existentes entre os indivíduos de uma espécie a seu caráter genético isso pode ser indicativo do desenvolvimento de parte de um sistema de relações convergente com o princípio de variabilidade intraespecífica. A afirmação que realizamos anteriormente – a respeito de sua visão de que apenas parte das características que diferenciam os indivíduos é determinada geneticamente – baseia-se em algumas afirmações dela. Por exemplo, quando discrimina claramente a impossibilidade de transmissão do aumento da massa muscular em gerações de ratos submetidos a uma alimentação diferenciada. Na avaliação inicial, pudemos identificar as idéias de Vanessa sobre a possibilidade de transmissão de características adquiridas. Em duas questões do questionário 01 a participante indicou que mudanças adquiridas, na capacidade de correr mais rápido das chitas e na perda da visão dos bagres, seriam transmitidas às novas gerações. Em uma atividade da aula 05, ela deixou clara a idéia de que as transformações em características prejudiciais e o desenvolvimento de “melhorias”, adquiridas no ambiente, transmitidas às novas gerações e “aprimoradas” ao longo destas, eram responsáveis por mudanças encontradas em populações de organismos ao longo do tempo. Parece-nos que ao fim da intervenção as idéias de Vanessa se alteraram e que ela passou a ter uma visão mais convergente com o conhecimento científico, ao respeito da transmissão de características e de seu papel nas

⁶ DNA e sua relação com determinação de características, segregação do material genético e formação de gametas etc.

mudanças nas populações ao longo do tempo. Nossa hipótese é que Vanessa desenvolveu algumas idéias convergentes com o princípio de variabilidade intraespecífica, a saber, a determinação e transmissão genética das características e a impossibilidade da herança de características adquiridas.

A partir desta hipótese, inferimos que Vanessa atribuía, ao fim da intervenção, importância à diversidade de características determinadas geneticamente para a sobrevivência e adaptação das espécies. Essas idéias podem conduzir à de que a variação intraespecífica, determinada e transmitida geneticamente, tem influência no processo evolutivo, da forma que já descrevemos anteriormente, na análise do princípio de herança dos caracteres na etapa final da intervenção.

Adaptação

No início da intervenção, a relação estabelecida por Vanessa entre adaptação e a diversidade de características entre indivíduos de um grupo era permeada pela idéia de transformação de características pré-existentes (por exemplo, espinhos) em características favoráveis ao ambiente (por exemplo, pêlos em um ambiente frio), e pelo surgimento de características que viriam a possibilitar sobrevivência dos indivíduos no ambiente, “*melhorias*”. Junto a essas idéias, ela expressava a possibilidade de que as características “*também*” poderiam ter surgido em algum “*ancestral desses indivíduos*”. De forma geral, Vanessa relacionava a diversidade de características à aquisição de melhorias para adaptação ao ambiente, que direcionava o surgimento destas. Na aula 05, uma atividade desenvolvida com o instrumento foi efetiva para diagnosticar as idéias da participante. A possibilidade de aplicação das idéias dos participantes em uma situação hipotética (a demonstração com o instrumento) possibilitou uma maior exposição da visão deles.

Ao longo da intervenção (no Desenvolvimento), percebemos mudanças nas relações estabelecidas por Vanessa entre diversidade de características e adaptação. Entre as mudanças está o estabelecimento de uma outra relação, não explícita no Diagnóstico, entre tamanho populacional e adaptação. Vanessa passou a atribuir valor ao tamanho populacional no processo de adaptação.

Outra mudança nas idéias iniciais de Vanessa, sobre a relação estabelecida entre a diversidade de características entre indivíduos de um grupo e adaptação, foi o

desenvolvimento de uma outra relação, explícita no Diagnóstico Final: a idéia de que a diversidade de características, surgidas por mutações, gera a possibilidade de adaptação. Esta idéia difere das iniciais sobre o surgimento direcionado de variações para adaptação e sobrevivência. A idéia de que alguns indivíduos de uma espécie, que possuem características diferentes do restante da população, podem sobreviver a mudanças ambientais e se adaptar é convergente com o conhecimento científico relacionado ao processo evolutivo como ele foi abordado na intervenção.

O desenvolvimento destas idéias, com relação aos dados coletados na etapa inicial, parece ter sido um avanço na formação de um sistema de relações entre conceitos relativos ao processo evolutivo. Se Vanessa passou de uma visão – em que relacionava a diversidade de características entre indivíduos à aquisição direcionada de “*melhorias*” para adaptação – para outra – em que a pré-existência de diversidade de características possibilita sobrevivência e adaptação em situações de mudança ambiental –, houve um desenvolvimento na aquisição de idéias mais convergentes com o conhecimento científico acerca do processo evolutivo. Mas, esta análise refere-se apenas à relação entre a variação e adaptação, não significando que o conceito científico de adaptação, como foi abordado na intervenção, tenha sido desenvolvido. Como já citamos anteriormente, o desenvolvimento deste conceito não foi analisado presente trabalho.

A visão inicial de Vanessa, sobre a relação entre diversidade de características e adaptação, era convergente com o pensamento lamarckista já descrito, e ela aplicou essas idéias em muitas questões em que se posicionou sobre o processo evolutivo. Não é possível, a partir dos dados coletados, afirmar que as idéias de direcionamento do surgimento da variação por necessidades impostas pelo ambiente tenham desaparecido. Como já indicamos anteriormente, os dados coletados ao fim da intervenção sobre o surgimento dessas características diversas não possibilita afirmarmos a mudança. No entanto, a possível alteração na relação entre variação e adaptação parece ter sido um desenvolvimento importante no sentido de uma visão mais cientificamente convergente do processo de evolução. Este conhecimento científico envolve a idéia de que a variação é sempre pré-adaptativa (precede a adaptação) e nunca é direcionada pelo ambiente, que apenas pode selecioná-la. Como já citamos também, essa mudança não significa a aquisição de um sistema de relações formado pelos conceitos científicos relativos ao

processo evolutivo. Além da análise parcial desses conceitos realizada neste trabalho (conceitos como seleção natural, central para o entendimento do processo evolutivo, não foi analisado), há indícios de que junto a essas idéias convergentes, há outras que indicam divergência ao respeito do conhecimento científico.

A diminuição de expressões que continham relação entre variação e adaptação na etapa de Desenvolvimento, provavelmente, foi induzida pelas dificuldades na coleta de dados. Quanto ao desenvolvimento da relação entre adaptação e tamanho populacional, acreditamos que o estabelecimento dessa relação possa ter sido influenciado pelas atividades realizadas com o instrumento. Nestas, o tamanho populacional (indicado pelos sinais +) se relaciona diretamente ao surgimento de variações (pelo sorteio de características) e à possibilidade de sobrevivência em algumas situações desfavoráveis (catástrofes naturais, por exemplo). Vanessa pode ter generalizado essa relação e desenvolvido a idéia de que o tamanho populacional, em si, é importante no processo de adaptação. Não vamos nos ater a especular sobre esta possibilidade, mas talvez essa idéia foi mantida e permaneceu, ao fim da intervenção, paralelamente às já descritas. Este desenvolvimento é outro indicativo importante do papel do instrumento no desenvolvimento das idéias da participante na intervenção. Ele reforça a exposição já realizada de que é necessária uma maior reflexão sobre as diferentes possibilidades de interpretação geradas pelas atividades com o instrumento. Também é necessário desenvolver um trabalho mais intenso na superação daquelas interpretações divergentes já identificadas, como a relação entre diferenciação e formação de espécies e relação entre tamanho populacional, adaptação e sucesso evolutivo.

A partir da identificação das idéias dos participantes na etapa inicial da intervenção – principalmente as relacionadas ao direcionamento do processo evolutivo, pela aquisição de “*melhorias*” para adaptação –, as atividades da intervenção tiveram como objetivo central esclarecer o papel das mudanças não direcionadas na possibilidade de adaptação, sobrevivência e reprodução no ambiente. Objetivamos desenvolver um trabalho que explicitasse o caráter aleatório do surgimento da variação e a impossibilidade de direcionamento no processo de adaptação. Esse trabalho se desenvolveu em algumas aulas específicas e também nas situações surgidas durante as aulas e não programadas. Acreditamos que essas atividades possam ter contribuído para

as alterações identificadas nas relações estabelecidas por Vanessa entre variação e adaptação.

Ambiente

As idéias da participante sobre a diversidade de características entre indivíduos de um grupo e sua relação com o ambiente estiveram sempre conectadas à idéia de que as características interferem na sobrevivência em dado ambiente. No Diagnóstico Inicial, essa relação parecia ser mediada pelas idéias de aquisição, direcionada, de melhorias que viessem a possibilitar “...*sobrevivência e adaptação dos indivíduos ao ambiente*”. Durante a intervenção, podemos identificar a diminuição de expressões que contenham a idéia de que o ambiente direciona o surgimento das características e alteração nas relações estabelecida por ela entre variação e ambiente.

A partir das análises já descritas, desenvolvemos a hipótese de que essas alterações podem estar relacionadas ao desenvolvimento da idéia de que a diversidade de características já existente pode favorecer a sobrevivência dos organismos em mudanças ambientais. Esta hipótese está baseada nas suposições já referidas anteriormente e nas considerações já destacadas sobre os problemas na coleta de dados. O desenvolvimento dessa relação, identificado principalmente na Avaliação de Aprendizagem, pode ter sido importante na diminuição de explicações que contenham as idéias de surgimento direcionado de características pelo ambiente. A referida relação poderia constituir uma nova possibilidade de explicação para a existência de características favoráveis em dado ambiente, alternativa ao surgimento direcionado para favorecer aos indivíduos. A pré-existência da variação à mudança ambiental, relacionada aos conceitos de determinação e herança genética, poderia contribuir na formação de outras idéias convergentes com o conhecimento científico. O desenvolvimento dessa idéia pode ter sido influenciado pelas atividades com o instrumento, entre as quais podemos citar a mudança no número de indivíduos de cada sub-população após cada mudança ambiental simulada. As sub-populações apresentam diferentes características e a relação entre estas e o novo ambiente pode gerar o aumento ou mesmo a eliminação dos indivíduos portadores dessas características. Um dado que reforça esta análise foi a observação de que a participante, em um momento da intervenção, parecia acreditar que as mudanças ambientais eram necessárias para a

geração de diferentes características. Provavelmente, a expressão estava relacionada diretamente às sistemáticas realizadas com o instrumento, assim foi desenvolvida na aula 13 uma atividade na qual ressaltamos a geração e importância da variação também em um ambiente sem alterações. Ao fim da intervenção, como já citamos, ela expressou idéias convergentes com o conhecimento científico sobre a importância da existência de variação intraespecífica para a possibilidade de sobrevivência a mudanças ambientais. Em uma situação ela parece ter identificado a importância do surgimento de novas características em ambientes sem alterações, especificamente, na resposta à questão 1 do questionário da aula 15, sobre a evolução das lontras. Nesta ocasião ela identificou a importância do surgimento de características que pudessem oferecer vantagens aos indivíduos, no caso, o que ela chamou de "*características aquáticas*".

Desenvolvimento do papel e importância da variabilidade intraespecífica no processo evolutivo

As idéias de Vanessa sobre a existência de diferenças entre indivíduos de um grupo e seu papel no processo evolutivo apresentaram alterações durante a intervenção. A partir de nossa análise sobre os dados coletados, podemos formular algumas hipóteses sobre essas alterações, no intuito de identificar desenvolvimentos de idéias convergentes com o conhecimento científico abordado, desenvolvimento de idéias divergentes e manutenção de algumas idéias já presentes.

Nossa hipótese principal é que é possível identificar que, a partir das idéias mais gerais sobre as diferenças entre indivíduos de um grupo, Vanessa desenvolveu idéias sobre variações determinadas geneticamente entre indivíduos de uma espécie. Das idéias iniciais sobre diferenças entre indivíduos, ela parece ter passado a idéias mais convergentes com o princípio de variabilidade intraespecífica e seu papel no processo evolutivo.

As relações, no início da intervenção, entre as diferenças entre indivíduos de um grupo e o processo evolutivo estavam permeadas pelas idéias lamarckistas já descritas. As diferentes características apareciam relacionadas aos ancestrais e, principalmente, à aquisição de "*melhorias*" necessárias à sobrevivência e direcionadas pelo ambiente para adaptação. Não pudemos observar idéias manifestas espontaneamente sobre a determinação e herança genética, e parece-nos que o

surgimento e transmissão das características estavam ligados, principalmente, ao uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos. Essa visão é comum na população e encontra descrições semelhantes, por exemplo, nos trabalhos de Bizzo (1996) e Bishop & Anderson (1990). Os dois trabalhos descrevem a recorrência dessa visão entre estudantes (Bizzo, no Brasil e Bishop & Anderson, nos EUA) e descrevem sua forte influência nas idéias desses estudantes sobre o processo evolutivo. Ambos associam essa visão às dificuldades apresentadas por estudantes na aprendizagem dos conceitos científicos relacionados ao processo evolutivo.

Essas idéias parecem ter sido alteradas ao longo da intervenção, sendo a avaliação final mais convergente com o conhecimento darwinista. Durante a intervenção, a participante apresenta uma diminuição de explicações baseadas no uso e desuso e herança das características adquiridas, e um aumento da expressão de idéias convergentes com o conhecimento científico atual relacionado ao processo evolutivo.

Ao final, Vanessa parecia apresentar a seguinte relação entre variação intraespecífica e evolução: parte das diferenças entre indivíduos de uma espécie está relacionada a características geneticamente determinadas e que são transmitidas através das gerações. Algumas características não podem ser transmitidas às novas gerações, porque estão ligadas a fatores "*externos*" (por exemplo, o aumento de massa muscular causado pela alimentação). As diferenças entre características determinadas geneticamente são geradas por mutações. Essas mutações não se relacionam de forma consistente com a idéia de aleatoriedade e parece que é possível haver algo capaz de aumentar ou diminuir as chances de que as mutações ocorram. A produção, a partir de mutações, de diferentes características possibilita que alguns indivíduos de uma espécie possam sobreviver a mudanças ambientais e se adaptar ao novo ambiente. É possível, também, inferir dos dados de Avaliação de Aprendizagem que ela identificava a possibilidade de que o surgimento de novas características em um ambiente pudesse favorecer a adaptação e sobrevivência.

Parece-nos que a principal mudança nas idéias de Vanessa refere-se à consideração de que a variação já existente (preexistente), é importante na sobrevivência e adaptação dos organismos. A consideração da importância da diversidade pré-existente relacionada à determinação e transmissão genética das características parece ter formado uma nova possibilidade de compreensão, por parte de

Vanessa, das mudanças nas populações de organismos ao longo das gerações. Essa possibilidade de compreensão é mais convergente com o conhecimento científico e pode indicar o início de desenvolvimento de um sistema de relações. Não é possível afirmar, a partir da análise realizada neste trabalho, que Vanessa desenvolveu um sistema completo de relações entre conceitos científicos relacionados ao processo evolutivo. Outros conceitos e relações deveriam ser analisados para formular esta hipótese ou confirmar sua impossibilidade. O que gostaríamos de destacar é que o início de desenvolvimento de um sistema de relações, cuja hipótese levantamos, pode indicar um caminho de desenvolvimento a ser continuado e que pode levar a um verdadeiro desenvolvimento conceitual acerca do processo evolutivo. Entretanto, alguns dados indicam, que há idéias divergentes do conhecimento científico desenvolvidas durante a intervenção e que algumas idéias iniciais, também divergentes, foram mantidas. Essas idéias podem constituir elementos desfavoráveis à formação daquele sistema completo que descrevemos como possibilidade de desenvolvimento.

Segundo Vygotski, as relações no tecido conceitual são influenciadas pelos conceitos cotidianos e científicos presentes, desenvolvidos ou em desenvolvimento, e pelas relações entre estes. O estabelecimento de novas relações e o desenvolvimento de conceitos científicos deve influenciar no conjunto, alterando a medida de comunalidade de cada um dos conceitos envolvidos. Para Vygotski, o problema central da questão do desenvolvimento conceitual está na formação do que seria um sistema de relações entre conceitos desenvolvidos (principalmente os científicos). A formação do sistema deve agir sobre os conceitos cotidianos, elevando-os a uma esfera de consciência e voluntariedade, e sobre os científicos, possibilitando aplicação e conexão com o real.

O desenvolvimento das idéias de Vanessa não pode configurar um sistema de significados como o descrito, mas podemos refletir sobre a relação entre esse desenvolvimento e as concepções teóricas superficialmente citadas. As relações estabelecidas entre variação/mutação, variação/determinação e herança genética e variação pré-existente/sobrevivência e adaptação, podem formar o princípio de um sistema. Esse sistema inicial de relações pode ter sido responsável pela capacidade da participante em aplicar idéias cientificamente convergentes, em situações que ela não tinha sido capaz no início da intervenção. Isto pode indicar aprendizagem de acordo com os objetivos do curso. Se compararmos afirmações da participante ao início e ao

fim da intervenção, podemos notar diferenças que seriam importante analisar nesta discussão.

"Para conseguirem alimentar-se seria necessário que a chita desenvolve-se uma locomoção maior do que de suas presas, sendo assim ela foi desenvolvendo o seus músculos e ossos e a cada geração houve um "aprimoramento" desse sistema para que pudessem garantir sua sobrevivência."

"Se os judeus faziam a circuncisão, quer dizer que a porção de pele não [é] indispensável. E já que a pele teria que ser retirada, com o passar dos anos os descendentes já nasciam sem a pele."

"Para adaptar-se ao meio ambiente os seres precisam desenvolver algumas 'melhorias' para a sua sobrevivência."

Estes registros são respostas da participante às questões 2, 4 e 5 do questionário utilizado na avaliação inicial (Anexo 1). No início da intervenção, a participante relacionava o surgimento das características às necessidades ambientais e ao uso e desuso (gerando mudanças em estruturas), e essas características adquiridas eram transmitidas aos descendentes. Esse sistema de relações poderia subsidiar as três respostas da participante. As respostas citadas, produzidas frente a situações novas para a participante, podem indicar quais relações presentes em seu tecido conceitual (formado por muitas outras relações) ela utilizou nessas situações. A utilização dessas relações, e não de outras, deve estar vinculada à hierarquia entre essas idéias (ou à não existência de outras), a partir da medida de comunalidade expressa pelos conceitos e pelas idéias envolvidas.

Ao fim da intervenção, ela escreveu:

"Com a diversidade da espécie, as características são diversas, o que possibilita a adaptação de alguns indivíduos que possam sobreviver as mudanças ambientais."

"Mesmo que essas plantas mudem de ambiente com muitos parasitas elas não evoluíram [evoluirão], pois todas elas são idênticas. Não há diversidade de espécies, portanto as chances de ocorrer mutações são diminuídas. A mutação seria a única chance de sobrevivência, no entanto a morte é certa."

"Não haveria modificações, pois as características são transmitidas através dos genes. Como a alimentação é um fator externo, sua influência de nada vale no processo."

A primeira resposta refere-se à questão 1 do questionário da aula 14 (Anexo 4) e as outras duas às questões 3 e 4 do questionário da aula 15 (Anexo 5). Essas respostas podem indicar um outro sistema de relações utilizado. As idéias presentes na etapa inicial da intervenção não figuram, pelo menos explicitamente, nas respostas da etapa final citadas acima. As questões não se referem, exatamente, aos mesmos temas abordados nas questões iniciais, mas o conhecimento envolvido é muito parecido. Parece-nos que as respostas na Avaliação de Aprendizagem estão ligadas a um outro sistema de relações, cujas idéias envolvidas não são as mesmas do sistema anterior. A existência desse outro sistema de relações possibilita a utilização de outros conceitos e de outras idéias – variação pré-existente como possibilidade de adaptação, determinação e herança genética das características e mutação como fonte da variação. A aplicação efetiva das relações que a participante faz, ante essas questões, parece confirmar nossa hipótese de que o início de um novo sistema de relações foi estabelecido.

Este novo sistema pode ter possibilitado à participante utilizar-se de outras relações entre conceitos e idéias para formular suas respostas, o que poderia indicar, também, dados sobre a hierarquia entre essas relações e hipótese sobre o porquê da utilização dessas relações e não de outras, possivelmente presentes. Mas, se os instrumentos de coleta de dados não puderam oferecer novas situações de aplicação das idéias da participante e se ela foi capaz de apenas verbalizar relações decoradas, essa análise não teria validade. Acreditamos que, na verdade, houve o princípio de desenvolvimento de um novo sistema de relações, mas que esse sistema não pode ser considerado um sistema completo, devido às considerações que já descrevemos. Então, o que encontramos, é um sistema parcial, que tem aplicabilidade em certos contextos e que é formado por conceitos em desenvolvimento, convivendo com idéias aparentemente divergentes, já existentes antes da intervenção e outras que se desenvolveram nesta.

Esta reflexão pode ser fomentada pelo aumento da utilização espontânea de conceitos científicos (como mutação e espécie) com sentido cientificamente convergente em alguns contextos, mas apresentando divergências em outros aspectos

(como a aleatoriedade, no conceito de mutação). O aumento na utilização desses conceitos, e mesmo de outras idéias, de forma convergente com o conhecimento científico e a utilização das relações entre estes (conceitos e idéias) pode indicar um caminho de desenvolvimento a ser trilhado. É claro que o contexto em que essa "escolha" de relações foi feita é um contexto que influencia na utilização de termos científicos, principalmente aqueles relativos aos conhecimentos abordados. Mas, no início da intervenção, esse contexto já existia e essas relações não tinham sido utilizadas. Este dado é mais significativo se comparado com o caso de outros participantes, que não empregavam nem conceitos, nem idéias com a mesma frequência e convergência com o conhecimento científico, quanto Vanessa. O clima de liberdade desenvolvido durante o curso pôde ser constatado pelo fato de que os alunos manifestaram-se, muitas vezes, de forma espontânea inclusive com relação às suas discordâncias sobre o conhecimento abordado (como Vanessa o fez). Este clima poderia diminuir o peso de eles *terem* de responder com termos científicos ou utilizando palavras apenas porque figuraram no contexto das aulas. De qualquer forma, parece ser possível afirmar que houve alterações nas idéias de Vanessa e que ela foi capaz de aplicar conceitos de forma convergente com a científica em algumas situações, mas isso não significa que houve o desenvolvimento de um sistema completo de relações, como já assinalamos.

Uma das divergências importantes e que já destacamos foi o não desenvolvimento do caráter aleatório das mutações. O não desenvolvimento do conceito de mutação é um dos fatores que impossibilita a hipótese de formação de um sistema de significados verdadeiramente científico por Vanessa e corrobora a hipótese do desenvolvimento parcial, de um sistema menor. Ela cita a aleatoriedade em duas situações de coleta de dados, nas quais informações sobre esta estavam presentes no enunciado das questões. Mas, quando ela objetiva aplicar essa relação em um outro contexto, explicando a improbabilidade do surgimento de mutações em plantas clonadas e transplantadas em ambiente inóspito, ela explicita idéias divergentes do conceito científico. A participante foi capaz de identificar, em algumas questões de situações de avaliação, relação entre mutação e aleatoriedade, mas o desenvolvimento pleno dessa relação parece não ter sido alcançado. Vanessa tinha expressado que não acreditava na possibilidade de mutações aleatórias na aula 13 e, parece-nos que, mudanças nessa

posição e desenvolvimento do conceito de mutações aleatórias nas aulas 14 e 15 seriam improváveis. Na avaliação final faltaram alguns elementos importantes para uma análise mais aprofundada das idéias dos participantes. Talvez, fosse necessária, inclusive, a utilização de outros instrumentos de coleta de dados (como entrevistas) para que essas idéias pudessem ser exploradas ao máximo e para que não houvesse dúvidas que perduraram. De qualquer forma, a existência de alterações parciais em idéias da participante e a possibilidade de convivência de idéias antagônicas podem ser explicadas a partir da hipótese, anteriormente descrita, da não formação de um sistema completo. A existência de idéias relacionadas ao processo evolutivo e não conectadas a um sistema único, integralizador (formado por conceitos científicos desenvolvidos), possibilitaria a elaboração de respostas divergentes, em diferentes contextos. A ausência da idéia de mutação aleatória, dentro do sistema de relações aparentemente desenvolvido pela participante ao fim da intervenção, poderia ser responsável pela utilização de outras relações em contextos nos quais esse conceito fosse exigido. Também em contextos nos quais ela quisesse aplicar essa idéia em novas situações, nas quais não fosse possível partir de informações fornecidas (como nas questões em que havia a idéia já expressa de aleatoriedade). Esta hipótese aponta para a possibilidade de manutenção da idéia apresentada por Vanessa, ao início da intervenção, sobre o direcionamento do surgimento da variação por processos externos aos organismos.

Quanto à expressão de Vanessa sobre não acreditar na idéia de mutação aleatória, expressa em uma discussão na qual participavam o professor e outros participantes, procuramos no momento da aula evidenciar que mesmo aleatórias as mudanças possibilitariam o processo evolutivo. Isto é, evidenciar outra possibilidade de explicação, diferente da expressa pela participante. Após a aula, procuramos conversar com ela para entender melhor suas idéias, mas essa conversa foi rápida e nas próximas aulas já foi realizada a avaliação final. Zoubeida & BouJaoude (1996) desenvolvem uma pesquisa em que procuraram responder às seguintes questões: "*como alguns estudantes em Beirute, Líbano, acomodavam a teoria da evolução biológica e suas existentes crenças religiosas*" e "*Que argumentos eles apresentavam para justificar as posições que eles explicitavam?*" (*ibid.*, p. 432). Como os próprios autores deixam claro, é muito difícil comparar os resultados dessa pesquisa com os de outros trabalhos, elaborados com grupos específicos distintos e em situações sócio/culturais diferentes.

Mas, parece-nos interessante que, ao fim do trabalho, os autores sugerem que "*no ensino sobre fatos científicos, teorias e evidências é mais positivo para aumentar o entendimento da teoria da evolução se aos estudantes forem dadas oportunidades para que discutam seus valores e crenças em relação ao conhecimento científico*" (*ibid.*, p. 429). Na intervenção, percebemos que nos momentos em que os estudantes puderam expor suas idéias e discuti-las, eles o fizeram e isso foi positivo para as atividades de ensino elaboradas e para o estabelecimento de um clima agradável durante as aulas. Mas, não objetivamos desde o início explorar as crenças dos estudantes, atendo-nos à análise de idéias e conceitos relacionados ao conhecimento científico abordado. Mesmo com relação à análise dos conceitos, tivemos problemas na identificação de algumas idéias e na execução de atividades para explorar mais a fundo a visão dos participantes sobre alguns aspectos do processo evolutivo.

Também relacionado à discussão anterior sobre as idéias e crenças dos participantes sobre o conhecimento científico abordado, percebemos que as idéias iniciais de Vanessa (e de outros estudantes) sobre o processo evolutivo estavam muito relacionadas ao chamado lamarckismo. Na aula 07 houve uma discussão sobre o processo de adaptação e o surgimento aleatório de características e, nessa discussão, Fábio formulou perguntas sobre diferentes explicações e sobre a relação entre estas explicações e as teorias de Lamarck e Darwin. Formulamos, então, duas explicações sobre os acontecimentos decorridos de sistemáticas com o instrumento (uma com características lamarckistas e outra com darwinistas) e, depois, relacionamos cada uma aos autores citados. Nessa ocasião, Vanessa se expressou dizendo que já tinha ouvido falar disso e que "*Agora sim eu entendi!*". Nessa aula discutimos um pouco o que cada um havia visto anteriormente na escola, sobre o processo evolutivo e como tinha sido abordado. Durante o desenvolvimento do curso acreditamos não ser necessário abordar, em aula específica, essas teorias depois da discussão realizada. Mas, após a análise dos dados e de uma reflexão maior, acreditamos que teria sido importante abordar mais aprofundadamente as teorias de Lamarck e Darwin e relacioná-las às atividades desenvolvidas e às idéias dos participantes. Talvez essa abordagem houvesse colaborado no desenvolvimento conceitual de Vanessa.

Participante Fábio

Avaliação Diagnóstica

Presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (espécie)

Fábio, assim como Vanessa, identificava diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo, o que foi constatado em uma discussão na aula 02 que teve como um dos objetivos diagnosticar essa identificação. Nesta etapa da intervenção, Fábio parecia relacionar a existência de características comuns entre os indivíduos de um grupo à ancestralidade comum e, a de diferentes, à aquisição ao longo do tempo. Respondendo a uma questão que solicitava que o participante explicasse as diferenças e semelhanças entre indivíduos de Tupec ou Iscam Nam, ele escreveu: *“Provavelmente porque eles descenderam de um mesmo indivíduo e com o passar do tempo foram adquirindo características diferentes. Elas podem surgir para uma melhor adaptação em diferentes ambientes ou por acaso.”*

A origem, transmissão e determinação dessas diferenças serão abordadas a seguir, assim como as relações entre as diferentes características e os conceitos analisados.

Conceito de espécie

Fábio utilizou a palavra “espécie” em duas situações nesta etapa da intervenção. Parece que o participante atribuía a palavra a grupos, a primeira utilização foi no questionário de avaliação da aula 01, na qual ele usou o conceito, aplicando-o à espécie das chitas (de forma convergente com o conceito científico): *“As chitas evoluíram cada vez mais com o passar do tempo para se adaptar ao ambiente, para se alimentar e perpetuar a espécie.”*. Já na aula 03 ele aplicou o conceito referindo-se ao grupo das tartarugas: *“Sim, pois ao longo de milhares de anos as tartarugas poderão nascer sem o gene desta doença, constituindo uma evolução na espécie.”*. Estas duas utilizações da palavra não permitem uma análise muito aprofundada do conceito de espécie de Fábio, mas é possível constatar que ele relaciona o conceito a um grupo (chitas ou tartarugas). Como não foi desenvolvida atividade específica para analisar este conceito, os dados apenas sugerem algumas relações estabelecidas pelo participante e expressas espontaneamente. Outra expressão, que pode estar relacionada ao conceito de espécie do participante, é a de necessidade da produção de descendentes férteis para o sucesso

evolutivo. Na aula 01 ele escreveu: *“Adquirindo características em sua evolução cujo seus antepassados não possuíam, que os ajudam a se adaptar ao ambiente, viver por um tempo maior e produzir descendentes férteis. Ex.: Chita, o Bagre-cego.”*. A relação entre espécie e produção de descendentes férteis não está expressa diretamente na resposta citada, mas a presença da relação nas idéias de Fábio pode ter origem em outras experiências de ensino do candidato, nas quais o conceito de espécie foi abordado (o que foi constatado em conversa com o participante). O desenvolvimento do conceito pode ter sido iniciado, mas não foi adiantado o suficiente para possibilitar uma aplicação convergente do mesmo em todas situações como, por exemplo, a da Avaliação Diagnóstica.

Geração da variação é aleatória

Os dados de Fábio nesta etapa parecem indicar que Fábio tem uma visão ambígua, sobre a geração da variação. Essa ambigüidade pode ser representada pela resposta à questão 1 da aula 01 (Anexo 1): *“Com relação aos patos domésticos por ficarem presos em lugares de pequena extensão acabaram fortalecendo os ossos das pernas e atrofiando os das asas ou adquiriram essas características em algum momento de sua evolução.”*. Observamos que ele parece perceber duas possibilidades de aquisição da variação: pelo uso e desuso das características ou por aquisição da mesma *“em algum momento de sua evolução”*, o que sugere ancestralidade. Estas duas possibilidades são esclarecidas por outros dados. A possibilidade de aquisição de características por uso e desuso pode ser encontrada em outras respostas dadas pelo participante, como na aula 01: *“Originaram-se de peixes que tinham os olhos funcionais mas ao mudarem de um ambiente com luz para outro sem luz os olhos desses peixes não tinham utilidade o que acabou os tornando cegos e produzindo peixes com essas características.”*. A resposta traz o componente de utilidade, também muito relacionado à idéia inicialmente apresentada de que, pelo uso e desuso, as características mudam, e à visão lamarckista de origem da variação.

A possibilidade de surgimento de variação através dos ancestrais pode ser complementada por uma expressão da aula 02, na qual os participantes deviam escrever por quê os indivíduos, tanto de Tupec quanto de Iscam Nam, mesmo apresentando diferenças eram parecidos, e qual seria a origem dessas características diferentes. Nessa

aula, ele escreveu: *“Provavelmente porque eles descenderam de um mesmo indivíduo e com o passar do tempo foram adquirindo características diferentes. Elas podem surgir para uma melhor adaptação em diferentes ambientes ou por acaso.”*. Nesta resposta, ele indica a importância da ancestralidade e repete a ideia dual, introduzindo a possibilidade de que a variação seja adquirida para adaptação ou *“por acaso”*.

Relação entre variação e mutação

Fábio não faz menção à palavra “mutação” em nenhum momento desta etapa da intervenção, mas alguns elementos do conceito podem ser encontrados em desenvolvimento (talvez em um estágio inicial). Dois elementos deste conceito, transmissão da variação aos descendentes e aleatoriedade, podem ser identificados em respostas do participante (como já foi apontado anteriormente). Não analisamos em nenhuma etapa o conceito de mutação especificamente, e utilizamos apenas as expressões espontâneas frente às atividades propostas. Por isso, apenas podemos formular a hipótese de que Fábio parecia não possuir, nesta etapa da intervenção, relações que poderiam formar um sistema convergente com o conceito científico de mutação. Embora, podemos formular a hipótese de que essas relações já estavam presentes nas ideias de Fábio, talvez mais isoladas e não formando o sistema descrito, indicando caminho de desenvolvimento a ser trilhado, na formação de um conceito científico de mutação.

Princípio da herança dos caracteres

Fábio expressa, em muitas situações, a ideia de ancestralidade e transmissão das características dos indivíduos. Respondendo, na aula 02, sobre o fato de que indivíduos de Tupec ou de Iscan Nam são parecidos, apesar das diferenças, ele respondeu: *“Provavelmente porque eles descenderam de um mesmo indivíduo e com o passar do tempo foram adquirindo características diferentes. Elas podem surgir para uma melhor adaptação em diferentes ambientes ou por acaso.”*. Ele relaciona as características similares à ancestralidade comum dos organismos e explica sua visão do surgimento das diferenças. Assinalando as diferenças, o participante parece demonstrar que suas ideias são convergentes com a visão lamarckista de uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos e, ambigualmente, também relacionadas à palavra “acaso”. Percebemos que

ele relaciona a “*utilidade*” das características com a possibilidade de alterações nas características, que são transmitidas às futuras gerações: “... *sem luz os olhos desses peixes não tinham utilidade o que acabou os tornando cegos e produzindo peixes com essas características*.”. Esta interpretação é corroborada por outras respostas, como: “*Provavelmente esses bebês que nasceram sem a porção de pele são descendentes dos meninos que haviam passado pela circuncisão. Foi uma evolução que aconteceu sem a necessidade da operação*.”.

Ele não expressou em nenhum momento, de forma espontânea, relação entre características e sua transmissão e determinação genética. Fábio utilizou a palavra “gene” em apenas uma ocasião, na questão 4 da aula 03 (Anexo 2), na qual a palavra “genética” fazia parte do contexto da questão. A resposta foi: “*Sim, pois ao longo de milhares de anos as tartarugas poderão nascer sem o gene desta doença, constituindo uma evolução na espécie*.”. Assim, relacionou “doença genética” à sua determinação pelos genes, mostrando que essa relação, estimulada pela questão, podia estar presente, mas foi pouco utilizada nesta etapa da intervenção. Sobre a importância da determinação genética das características e a impossibilidade de transmissão de características não adquiridas por alterações genéticas no processo evolutivo (por exemplo, a alteração no prepúcio causada pelo corte), não há nenhum indício de estabelecimento dessa relação. As questões, nas quais a relação poderia ser utilizada para explicar elementos do processo evolutivo, foram geralmente respondidas através da ideia de aquisição de modificações para possibilitar adaptação e herança dos caracteres adquiridos.

Relação entre variação e adaptação

Fábio expressou muitas vezes, de forma espontânea, a palavra “adaptação”, durante a etapa de Avaliação Diagnóstica, relacionando-a em diferentes situações à diversidade de características. Fábio descreve que os seres vivos se adaptam: “*Adquirindo características em sua evolução cujo seus antepassados não possuíam, que os ajudam a se adaptar ao ambiente, viver por um tempo maior e produzir descendentes férteis. Ex.: Chita, o Bagre-cego*.” (questão 5, aula 01 – Anexo 1), ou “*As chitas evoluíram cada vez mais com o passar do tempo para se adaptar ao ambiente, para se alimentar e perpetuar a espécie*.” (questão 2, aula 01 – Anexo 1). Ele estabelece

uma relação entre características e adaptação na qual as características “*que seus ancestrais não possuíam*” são “*adquiridas*”, favorecendo a adaptação ou possibilitando uma “*melhor adaptação*” ao ambiente. Parece-nos que o surgimento das características que favoreceriam a adaptação está ligado ao direcionamento ambiental, assim como vimos na análise dos dados de Vanessa. Mesmo afirmando que as características podem surgir ao acaso, a relação que Fábio mais utiliza é a de que as características surgem para possibilitar que os organismos se adaptem a determinado ambiente. Uma pergunta da aula 03 (questão 3, Anexo 2) questionava sobre a possibilidade de evolução da capacidade das tartarugas em ficarem submersas por mais tempo, sem necessitar subir para a superfície a fim de captar oxigênio. Aumentar esta capacidade seria interessante para que as tartarugas capturadas em redes de pesca pudessem sobreviver ao tempo em que ficam presas nelas, sendo libertadas na hora em que as redes são trazidas à tona. Só seria possível este aumento se aleatoriamente, nas diferentes espécies de tartarugas capturadas, surgissem indivíduos capazes de se manter por mais tempo em apnéia e que eles sobrevivendo, passassem a nova característica a seus descendentes. Existe uma probabilidade de que isso ocorra, mas ela é reduzida. Na resposta de Fábio, vemos que ele indica uma grande expectativa de que este evento aconteça, explicando que: “*Essa capacidade de manter-se sem subir para pegar ar aumentará até chegar um momento em que a tartaruga não precise de oxigênio, por adaptação ao ambiente marinho.*”. Ele descreve o processo de adaptação relacionado às mudanças nesta característica (tempo de imersão), até que ela se transforme totalmente (“*não precise de oxigênio*”). O participante não descreve a forma pela qual a mencionada capacidade das tartarugas aumentará, mas parece que a idéia de transformação está presente de uma forma muito acentuada. A idéia de que a tartaruga não precisará mais de oxigênio pode ter sido expressa de forma muito sucinta e pode ser que queira dizer que não será mais necessário captar oxigênio do ar (talvez passassem a respirar dentro d’água) ou à total ausência da necessidade de respirar oxigênio (o que parece improvável). A afirmação expressa por Fábio parece estar relacionada à idéia de que há transformação de características em função da necessidade ambiental, imposta pela situação, mais convergente com a visão lamarckista que com a teoria neodarwinista do processo evolutivo. Também nos parece indicar, apenas em termos de conjecturas, uma tendência do participante em considerar que o problema gerado pela imposição ambiental será

resolvido, através do surgimento de características apropriadas. Durante uma atividade da aula 05, na qual dois grupos deveriam representar sua visão sobre o processo de adaptação a partir do instrumento de ensino, o grupo de Fábio iniciou com duas sub-populações, enquanto que o outro grupo iniciou com apenas uma. Descrevendo o processo de adaptação, a partir dos elementos do instrumento, Fábio explicou que cada sub-população vivia em uma região do ambiente (região “terrestre” e região “aquática”). A partir da mudança no ambiente, que passou a ter uma região aquática maior, surge uma nova sub-população, com características aquáticas e terrestres, que Fábio chamou de “*intermediária*”. Ao perguntar-lhe sobre a origem da “*intermediária*”, Fábio ficou com dúvidas, e outros integrantes do grupo explicaram que o intermediário seria uma “*adaptação*” ao novo ambiente, provinda da sub-população terrestre. Essa adaptação consistia em obter características que permitissem aos seres viverem nos dois ambientes, aquático e terrestre. Fábio concordou e, respondendo sobre a origem das populações iniciais, disse que deveriam ter o mesmo ancestral comum, que se adaptou a viver no ambiente aquático e terrestre. Nesta atividade a hipótese da presença de idéias lamarckistas de Fábio parece encontrar subsídio, mas também aparecem outros elementos que podem estar relacionados às ambigüidades que ele expressa. As idéias de organismos intermediários e de ancestralidade comum de populações com caracteres diferentes (e semelhantes) são idéias convergentes com as científicas que poderiam estar em estágio de desenvolvimento, iniciado em momentos anteriores à intervenção.

Relação entre variação e ambiente

Em quatro das cinco expressões nas quais Fábio citou o ambiente, ele o relacionou à adaptação, expressando a idéia de “*adaptação ao ambiente*”. Fábio parece relacionar as características à sua favorabilidade e utilidade no ambiente: “*Originaram-se de peixes que tinham os olhos funcionais mas ao mudarem de um ambiente com luz para outro sem luz os olhos desses peixes não tinham utilidade o que acabou os tornando cegos e produzindo peixes com essas características.*” (questão 3, aula 01), ou “*Adquirindo características em sua evolução cujo seus antepassados não possuíam, que os ajudam a se adaptar ao ambiente, viver por um tempo maior e produzir descendentes férteis. Ex.: Chita, o Bagre-cego.*” (questão 5, aula 01). Cabe destacar que ele não citou de forma espontânea, em nenhuma situação, o surgimento de

características desfavoráveis. Por outro lado, nenhum dos instrumentos de coleta abordou explicitamente essa relação, portanto não podemos afirmar a inexistência de idéias a este respeito. Fábio parecia relacionar o ambiente à geração das características, que surgiriam para favorecer a adaptação neste ambiente, a partir de suas necessidades ou da inutilidade de alguma característica. Parece ser possível formular a hipótese de que Fábio também considerava a possibilidade de direcionamento do ambiente sobre o surgimento das características para adaptação mas, ao mesmo tempo, ele citava a possibilidade de surgimento aleatório destas.

Síntese da análise na etapa Avaliação Diagnóstica

Relação entre variabilidade intraespecífica e processo evolutivo

Fábio identificava a existência de diferenças entre indivíduos de uma espécie, conceito que utilizou em uma situação de forma convergente e em outra divergente do científico. Ele parecia relacionar o conceito de espécie a um grupo, como as chitas (espécie) e as tartarugas (grupo geral que contém muitas espécies). A partir dos dados, pudemos formular a hipótese de que Fábio relacionava as diferentes características, presentes nas espécies, à possibilidade de aquisição de melhores condições de sobrevivência e reprodução, e que estas permitiriam às espécies se adaptarem a um determinado ambiente.

Com relação à geração das diferentes características, pudemos formular a hipótese de que Fábio considerava que eram adquiridas em função das necessidades ambientais, para o processo de adaptação. Ele citou a possibilidade de que as características pudessem surgir “*ao acaso*”. Entretanto, a principal explicação sobre a origem das alterações que o participante mais utilizou nas atividades de diagnóstico estava permeada pelas idéias de uso e desuso e de utilidade/inutilidade e transformação das características. A única expressão de Fábio que se referia à idéia de acaso (ou aleatoriedade), está relacionada à origem das diferentes características apresentadas por indivíduos. Foi possível perceber que ele não aplicou essa idéia em nenhuma situação em que era possível fazê-lo, como na simulação do processo de adaptação com o instrumento. Não há indícios claros de estabelecimento de relações entre determinação e transmissão genética das características, mas há estabelecimento de relações entre transmissão das características às novas gerações e o processo evolutivo. Essa herança

está mais relacionada à herança dos caracteres adquiridos (visão lamarckista) que à visão neodarwinista. Parece-nos possível inferir que Fábio não distinguia, no processo evolutivo, diferenças entre características determinadas geneticamente e aquelas não determinadas.

O participante parecia atribuir importância à aquisição de características diferentes no processo evolutivo, estando esta aquisição relacionada ao sucesso das populações (grupos, espécies) em adaptar-se, sobreviver, reproduzir-se e deixar descendentes férteis em determinado ambiente. Ele parecia atribuir importância à diversidade, adquirida de forma direcionada pelo ambiente, para o processo evolutivo. Os dados coletados de Fábio não subsidiam de forma concreta algumas conjecturas, mas acreditamos ser interessante apenas indicar uma, neste momento, para discuti-la melhor na análise final. A partir de algumas afirmações de Fábio, chegamos à hipótese de que ele via uma tendência no processo evolutivo de aquisição de características favoráveis e de superação dos problemas impostos pelo ambiente a partir dessas características. Esta tendência encontra subsídios nas idéias lamarckistas e de transformação direcionada.

Acreditamos que Fábio apresentava um sistema de relações divergentes do conhecimento científico relacionado à variabilidade intraespecífica no processo evolutivo. Este sistema foi utilizado para responder a maioria das questões elaboradas nesta etapa da intervenção. Junto a este sistema de relações, encontravam-se idéias aparentemente desconectadas e que tinham relação com o conhecimento científico, como o conceito de espécie, descendência fértil, a idéia de aleatoriedade e organismos intermediários. Estas idéias desconectadas foram mencionadas em algumas situações, mas não encontravam aplicabilidade nem conexão com outros conceitos envolvidos nesses contextos.

Desenvolvimento

Presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (espécie)

Fábio identificava a presença de diferenças entre indivíduos de uma espécie, como já foi descrito na Avaliação Diagnóstica, como tamanho, cor dos olhos, da pelagem etc. De forma mais acentuada na etapa de Desenvolvimento, Fábio passou a relacionar estas diferenças à formação de novas espécies e a outros conceitos, o que descreveremos a seguir.

Conceito de espécie

Fábio utilizou a palavra “espécie” em três situações e, em todas, estimulado pelo contexto das atividades (formular a definição de espécie, explicar o surgimento da diversidade de espécies de dinossauros e definir o processo de especiação). Ele formulou uma definição de espécie convergente com o conceito científico: *“Espécie: é um grupo de indivíduos com características e hábitos semelhantes capazes de produzirem descendentes férteis e que interagem em um determinado ambiente.”*. Na aula 09, explicando o surgimento das diversas espécies de dinossauros, ele relaciona reprodução, seleção pelo ambiente e diferenças entre indivíduos: *“Através da reprodução, surgiam indivíduos com características diferentes, selecionados pelo ambiente resultando em várias e diferentes espécies.”*. Em uma atividade da aula 13, na qual teve que definir o processo de especiação, ele escreveu: *“Especiação é a divisão de uma população em duas ou mais que, vivendo em ambientes diferentes, darão origem a indivíduos com características novas até um momento em que se tornarão espécies totalmente diferentes que não cruzarão ou cruzarão dando origem a descendentes estéreis.”*.

Em todas as respostas de Fábio as idéias expostas parecem ser convergentes com o conceito científico de espécie. Ele parece relacionar espécie a um grupo que se origina de um grupo anterior, distinguido-se através de uma série de características que surgem a partir da reprodução. O participante atribui importância à diferenciação dos indivíduos e ressalta a importância de que eles não produzam descendentes férteis se houver cruzamentos. É possível, a partir destes dados, inferir que não há nenhum indício, nesta etapa da intervenção, de que Fábio tivesse idéias divergentes com relação ao conceito de espécie, que foi trabalhado logo na primeira aula do Desenvolvimento. Mas, parece-nos, que as diferenças entre indivíduos de uma espécie foram pouco consideradas por ele nos momentos em que se refere à diversidade de características. Suas afirmações parecem relacionar, de forma mais efetiva, a variedade de características à variedade de espécies, dando grande ênfase às diferenças presentes, que possibilitariam formação de novas espécies.

Geração da variação é aleatória

Fábio não apresenta dados que indiquem, nesta etapa da intervenção, a relação estabelecida entre surgimento da variação e aleatoriedade. Em nenhum registro escrito encontramos esta idéia expressa de forma clara e espontânea e nos dois momentos em que ela aparece há dúvidas com relação ao tipo de relação estabelecida. Como já explicitamos na análise dos dados de Vanessa, tivemos algumas dificuldades na coleta de dados durante esta etapa da intervenção, não há tampouco registros que manifestem com clareza as idéias de Fábio sobre a relação entre o surgimento das diferentes características apresentadas por indivíduos de uma espécie e aleatoriedade.

Durante a aula 07, na qual os participantes deveriam comparar histórias de sucesso e fracasso evolutivo dentro das atividades realizadas, com o instrumento de ensino. Fábio descreveu as diferenças entre as sub-populações que fracassaram e as que obtiveram sucesso, como: *“Diferenças: O no. de populações onde, quanto maior o número de população maiores possibilidades de surgirem novas características.”*. Ele parece indicar que o tamanho populacional interferiu na chance (possibilidade) de surgirem novas características, o que parece indicar relação entre o surgimento de características e a possibilidade de sucesso evolutivo. No instrumento o tamanho populacional está relacionado à possibilidade de geração de variação, que é aleatória pois é produzida a partir de uma roleta. No registro citado, Fábio indica a relação entre tamanho populacional e maior chance de surgimento de característica favorável, relação permeada pelo caráter aleatório do surgimento da variação, mas o contexto da atividade era de descrição de eventos ocorridos no instrumento, o que não indica que esta relação, implícita, fazia parte das idéias de Fábio. A idéia de aleatoriedade aparece em outra situação, na aula 09. Respondendo a uma questão que solicitava explicação sobre a transmissão das características aos descendentes, ele escreveu: *“Tanto as características favoráveis quanto as desfavoráveis podem ser passadas ao acaso de acordo com o tempo de vida do indivíduo no ambiente.”* Percebemos que se refere à transmissão das características como aleatória. Talvez ele esteja se referindo à possibilidade, aleatória, de que certos indivíduos transmitam suas características, mas de qualquer forma ele não atribui a idéia de aleatoriedade à origem da variação, segundo os registros.

Há indícios de que Fábio relacionava, principalmente no início desta etapa, a geração da diversidade de características existentes às necessidades ambientais, de forma convergente com aquela visão lamarckista já mencionada. Na aula 06, quando foram apresentadas as regras de utilização do instrumento e realizara-se uma atividade, os participantes mostraram certo desacordo com a roleta sendo fonte da variação. Em uma discussão entre os participantes do grupo no qual estava Fábio, pudemos registrar uma explicação dele ao grupo, referindo-se à sistemática da roleta: *“No jogo é assim, mas na vida é diferente”*. Interferimos nesse momento argumentando que as regras tinham uma conexão com a realidade e que haveria tempo, no curso, para estudar isso com calma. Também chamamos atenção para o fato de que, mesmo com a roleta gerando a variação, foi possível que os organismos evoluíssem naquela atividade, o que foi enfatizado durante toda a etapa de Desenvolvimento. Percebemos, ao longo desta etapa, uma tendência de Fábio a utilizar, nas discussões, explicações com forte tendência lamarckista, o que pôde ser identificado em diferentes situações porque ele costumava checar suas idéias formulando hipóteses que eram apresentadas ao professor e à turma. Na aula 12 foi realizada uma discussão sobre um filme assistido, Jurassic Park, que fora sugerido pelos participantes como atividade do curso. Em um momento no qual discutíamos as características chamadas vestigiais (como o dente do ciso e o apêndice), ele apresentou uma hipótese para explicar a distribuição irregular na população e o pouco desenvolvimento dessas estruturas. Sua hipótese era baseada na idéia de uso e desuso e ele perguntou se estava certa, como já havia feito em outras aulas. Outros participantes puderam participar e relacionamos a resposta ao instrumento de ensino, perguntando como seria representada essa idéia ali. Chegamos à conclusão que a hipótese não era convergente com as regras do instrumento e formulamos outra, mais convergente. Ao fim da discussão, na qual Fábio participara ativamente, ele disse: *“Hoje foram apagados os resquícios de que o ambiente causa a mutação.”* Percebemos, então, que o participante aponta a percepção de que sua idéia era divergente do conhecimento científico, indicando o elemento de desacordo (a origem da variação) e a idéia central divergente (influência do ambiente sobre a causa da variação – a mutação).

Relação entre variação e mutação

Durante esta etapa da intervenção, Fábio utilizou poucas vezes, e apenas oralmente, a palavra “mutação”, que não aparece em nenhum registro escrito. Relacionamos o fato citado, em parte, aos problemas na coleta de dados, já mencionados. A análise sobre o conceito de mutação foi baseada em dados sobre elementos deste conceito, que apareceram em registros de atividades e em discussões realizadas. Em um registro da aula 09, há um exemplo de expressão na qual ele parece relacionar o surgimento de novas características ao processo reprodutivo: “*Através da reprodução, surgiam indivíduos com características diferentes...*”. Nos registros obtidos, Fábio não utilizou esse conceito de forma espontânea em situações nas quais seria possível, como, por exemplo, na situação anterior. Nessa questão, que solicitava explicação sobre a origem das diferentes características, Fábio relacionou esse surgimento ao processo reprodutivo e não, explicitamente, ao conceito de mutação. Na aula 13, quando se refere ao processo de especiação, ele não explicita relação entre o surgimento de diferentes características e mutação. Como já explicitamos as duas questões apenas poderiam possibilitar a utilização do conceito de forma espontânea, o que não ocorreu. A falta de atividades que, especificamente, solicitassem as idéias dos participantes sobre o mesmo não permite que formulemos mais do que hipóteses, a partir dos dados coletados.

A análise sobre a geração da diversidade de características entre indivíduos de uma espécie, nessa etapa da intervenção, aponta para o estabelecimento de algumas relações entre essa diversidade e aleatoriedade (possivelmente, o caráter aleatório das mutações). Durante a aula 10 foi realizada uma discussão na qual Fábio fez muitas perguntas sobre mutação, seu papel na determinação do fenótipo (das características) e sua ocorrência, inclusive nos seres humanos, demonstrando muito interesse no tema. Outro dado sobre suas idéias acerca desse conceito foi obtido na aula 12. Como já foi citado anteriormente, nessa aula ele demonstrou aplicar idéias lamarckistas para explicar a existência de caracteres como o dente do ciso e o apêndice. Nessa mesma aula ele declarou que: “*Hoje foram apagados os resquícios de que o ambiente causa a mutação.*”. Ele utilizou a palavra “mutação”, que fazia parte do contexto da discussão, para expressar a origem da variação (dentes pouco desenvolvidos, apêndices maiores ou menores etc.). Nessa situação pudemos identificar a relação estabelecida entre mutação

e origem da variação entre características e, também, a idéia do participante de que o ambiente poderia influenciar no surgimento das mutações. A não utilização do conceito de mutação em algumas situações, o interesse do participante sobre esse tema e a expressão na aula 12 podem indicar que houve um gradativo aumento do estabelecimento de relações entre esse conceito e as idéias do participante. A não utilização do conceito, considerando o problema na coleta de dados, poderia indicar o pouco desenvolvimento do mesmo, refletido, em parte, na ausência de um conjunto de relações que subsidiassem sua utilização. Talvez, o estabelecimento de novas relações, durante a intervenção, possa ter contribuído para a reflexão do participante sobre suas próprias idéias a respeito do conceito de mutação. Como já descrevemos, este conceito foi abordado em diferentes situações durante a intervenção. Os dados da etapa final poderão dar subsídios melhores a uma análise do desenvolvimento desse conceito ao fim do curso.

Princípio da herança dos caracteres

Nas situações em que Fábio mencionou a herança das características, não foi possível identificar o estabelecimento da relação entre a herança e sua determinação genética. Ele não expressou, de forma espontânea, a relação entre a diversidade de características presentes em indivíduos de uma espécie e seu componente genético. Cabe assinalar que a coleta de dados não abordou de forma direta a relação mencionada.

Com relação à transmissão das características, Fábio não fez distinção entre a de características favoráveis ou desfavoráveis: *“Tanto as características favoráveis quanto as desfavoráveis podem ser passadas ao acaso de acordo com o tempo de vida do indivíduo no ambiente.”* (aula 09). Mas, ele relaciona a transmissão das características ao acaso, relação na que não aprofundamos durante a etapa de Desenvolvimento. Percebemos que Fábio relaciona o surgimento de características novas à reprodução, embora não expresse de forma espontânea relação entre reprodução e seus componentes genéticos.

Não há dados conclusivos sobre a visão de Fábio ao respeito da herança dos caracteres determinados geneticamente e seu papel no processo evolutivo, que possam basear uma análise mais aprofundada. Na discussão realizada na aula 12, sobre características vestigiais, Fábio explicitou idéias que pareciam estar permeadas pela

visão lamarckista de uso e desuso. Nessa discussão ele relacionava o uso e desuso (dos dentes do ciso e do apêndice) à sua modificação, talvez por mutações. Essa discussão, aliada aos dados analisados, dá base à hipótese de que Fábio, durante a etapa de Desenvolvimento, possa ter estabelecido relação entre uso e desuso e mutações. Talvez, quando o participante disse que o “*ambiente causa a mutação*” estava se referindo ao uso e desuso da característica no ambiente, isto é, à relação entre característica (dente) e ambiente (uso em dado ambiente). É provável que essas relações possibilitassem uma visão na qual a característica (independente de sua determinação genética ou não) era transmitida às novas gerações e que sua relação com o ambiente poderia gerar mudanças nestas, causadas por mutações. Esta visão, divergente do conhecimento científico sobre o surgimento da variação, pode estar relacionada com as dificuldades apresentadas pelo participante em relacionar aleatoriedade e processo evolutivo. Analisaremos melhor essas idéias frente aos dados coletados na etapa final da intervenção.

Relação entre variação e adaptação

Fábio expressa, em diferentes situações, o estabelecimento de relações entre adaptação e a variedade de características.

Uma das idéias que o participante apresentou parece ser a de que a presença de certas características possibilita chance de adaptação dos indivíduos em dado ambiente. Essa idéia foi identificada na aula 07, nas explicações para o sucesso e fracasso evolutivo de sub-populações de uma atividade com o instrumento: “*Sucesso: Os indivíduos nasceram com características que permitiram sua adaptação ao ambiente aquático. Fracasso: Devido a mudança do ambiente terrestre para o aquático, os indivíduos que possuíam características terrestres acabaram se extinguindo por não conseguirem se adaptar.*”. As expressões parecem indicar a idéia da diversidade de características como possibilidade de adaptação e não como mudanças para a adaptação, idéia mais convergente com a visão expressa pelo participante ao início da intervenção. Mas, sua resposta pode ter sido muito influenciada pelo contexto da atividade, de descrição de eventos ocorridos com o instrumento e de formulação de hipóteses para explicar esses eventos.

Na aula 09, escrevendo sobre a importância da variedade de espécies de dinossauros (com formas e tamanhos muito diferentes), para o longo período de domínio da Terra, ele expressou: “*Uma maior chance de adaptação e reprodução no ambiente.*”. Esta expressão, um pouco sucinta, parece indicar relação entre variedade e possibilidade de adaptação aos diferentes ambientes, assim como fora já mencionado em outra atividade nessa mesma aula. A questão solicitava que expressasse a relação existente entre a variedade de mamíferos e o domínio, atualmente, por estes de quase todos os ambientes, e Fábio escreveu: “*A propícia adaptação dos mamíferos nos respectivos ambientes.*”.

A partir desses dados, chegamos à hipótese de que Fábio, nesta etapa da intervenção, considerava a variedade de características entre indivíduos de um grupo maior, como dinossauros e mamíferos, como possibilidade de adaptação aos diferentes ambientes e às mudanças ambientais.

Relação entre variação e ambiente

Fábio estabelece, em diferentes situações, relações entre variação e ambiente. Dita relação está permeada pela idéia da variação como possibilidade de adaptação ao ambiente: “*Os indivíduos nasceram com características que permitiram sua adaptação ao ambiente aquático.*” (aula 07) e “*Uma maior chance de adaptação e reprodução no ambiente.*” (aula 09). A idéia expressa a relação entre as características e sua favorabilidade no ambiente, o que permitiria (ou não, no caso de características desfavoráveis) a adaptação.

Fábio também relaciona o ambiente à seleção de indivíduos com características diferentes e essa seleção à possibilidade de surgimento de diferentes espécies. Na aula 09, explicando como surgiu a grande variedade de espécies de dinossauros, ele escreveu: “*Através da reprodução, surgiam indivíduos com características diferentes, selecionados pelo ambiente resultando em várias e diferentes espécies.*”. Fábio parece se referir à seleção de indivíduos, mas relacionando esse processo, de forma direta, à formação de espécies. A seleção realizada pelo ambiente parece se aplicar aos ambientes estáveis e também aos em transformação: “*Na mudança do clima, com uma temperatura favorável a sobrevivência dos mamíferos.*”. Mas, a relação entre mudanças

ambientais e variação foi expressa em apenas duas situações influenciadas pelo contexto das atividades.

Outra relação que Fábio expressou, entre variação e ambiente, é a de que o ambiente, de alguma forma, interfere na possibilidade de mudanças em características presentes em indivíduos de uma população. Essa interferência está relacionada à seleção de indivíduos, como já citado, mas também às idéias relacionadas ao uso e desuso e “*utilidade*” de características no ambiente. Como já descrevemos anteriormente, na aula 12 Fábio apresentou hipóteses lamarckistas para explicar as diferenças presentes na população humana, relacionada aos dentes do ciso e ao apêndice. Nessa ocasião, o participante relacionou sua visão à possibilidade de que “*o ambiente causa a mutação*”, referindo-se às mutações que causariam diminuição do tamanho dos apêndices e no desenvolvimento dos dentes do ciso. A interferência do ambiente, explicitada pelo participante, estava relacionada às idéias do desuso do dente do ciso e do apêndice pelas pessoas, em um ambiente em que a comida é cozida e mais “*fácil de ser digerida*”. Após essa discussão, Fábio explicitou que suas idéias sobre a influência do ambiente nas mutações, no surgimento da variação, tinham sido “apagadas”. Na aula 13 foram realizadas atividades que focaram abordar a aleatoriedade no surgimento das variações e a possibilidade de surgimento de novas espécies. Em nenhuma discussão dessa aula, Fábio expressou idéias que possamos relacionar ao lamarckismo.

Síntese da análise na etapa Desenvolvimento

Relação entre variabilidade intraespecífica e processo evolutivo

Durante a etapa de Desenvolvimento, Fábio relacionava as diferentes características (surgidas nos ancestrais ou influenciadas pelo ambiente) à possibilidade de adaptação e sucesso evolutivo em determinado ambiente (sobrevivência e reprodução). A partir dos dados coletados (considerando as restrições já feitas acima), pudemos formular a hipótese de que Fábio relacionava espécie com essa diversidade de características, de forma que as espécies se diferenciavam por meio das características. Ele relacionava a formação de novas espécies ao surgimento de diferentes características e à seleção, pelo ambiente, de indivíduos portadores e, também, à separação de sub-populações em diferentes ambientes com a conseqüente diferenciação entre estas. Os indivíduos dessas espécies transmitiriam suas características às novas

gerações, tanto as favoráveis quanto as desfavoráveis, sendo que as primeiras possibilitariam adaptação, sobrevivência e reprodução da espécie em dado ambiente.

Quanto ao surgimento das características, Fábio parecia relacioná-lo à reprodução e às influências ambientais (relação com a “utilidade” e com o uso e desuso). Sua visão sobre surgimento da variação, até a aula 12, pelo menos, parecia ser convergente com a visão lamarckista já identificada, embora Fábio expressara em aula que essa visão teria sido alterada. Ele estabelece uma relação entre a diversidade de características (provavelmente influenciada pelo ambiente) e a mutação, mas essa palavra foi utilizada por Fábio em apenas duas discussões e não foi encontrada em nenhum registro escrito. Ele relacionava mutação ao surgimento das características, mas em suas idéias provavelmente mutação e determinação genéticas das características não estavam relacionadas, pelo menos, não expressou essa relação em nenhuma ocasião de forma explícita. As relações entre características e determinação e herança genética não foram analisadas de forma satisfatória devido às falhas na coleta de dados, o que impossibilitou a formulação de hipóteses melhor elaboradas sobre o tema. Quanto ao caráter aleatório do surgimento da diversidade de características pudemos formular a hipótese de que Fábio identificava essa relação, mas que não era capaz de relacioná-la de forma clara ao processo evolutivo. Parece-nos possível inferir que as idéias relacionadas à utilidade/transformação e ao uso e desuso/transformação estavam presentes nesta etapa da intervenção e relacionadas às explicações de Fábio sobre o surgimento das diferenças entre características de indivíduos de uma espécie.

Avaliação de Aprendizagem

Presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (espécie)

Fábio identificava a existência de diferenças entre indivíduos de uma espécie, e nesta etapa pudemos confirmar suas idéias a respeito da importância das diferenças na formação de novas espécies e na sobrevivência e adaptação em determinado ambiente. Também pudemos formular algumas hipóteses a respeito das relações estabelecidas por Fábio entre as características e sua determinação e herança genética e, também, quanto ao seu surgimento.

Conceito de espécie

Fábio utiliza a palavra “espécie” na avaliação final em duas situações (ambas na aula 14), nas quais parece relacionar espécie a um grupo de indivíduos com características semelhantes e que, adquirindo características diferentes, pode dar origem a novas espécies. Escrevendo sobre a importância da variabilidade intraespecífica, afirmou: *“Uma maior chance de adaptação em um ambiente, se reproduzir e a cada reprodução a probabilidade de surgirem características novas na espécie e depois de um longo período poderão surgir espécies diferentes.”*. Nesta resposta, percebemos que ele relaciona a variação entre indivíduos de uma espécie tanto à possibilidade de adaptação e reprodução em dado ambiente quanto à formação de diferentes espécies, de forma aparentemente convergente com o conhecimento científico.

Nessa mesma aula, descrevendo suas idéias sobre o conceito de seleção natural, ele escreveu: *“Seleção natural são as características novas que surgem em uma determinada espécie fazendo com que ela se adapte ou não ao ambiente e, sendo assim, selecionado. O instrumento a evidencia com a mudança de ambiente e o número de indivíduos que viveram.”*. Assim, Fábio dá margem a diferentes interpretações com relação à sua idéia de espécie. A hipótese que acreditamos ser mais provável é a de que Fábio esteja se referindo a “espécie” como um grupo no qual possam surgir diferentes características, cujo surgimento pode modificar a possibilidade de sobrevivência de indivíduos da mesma. Quando menciona o instrumento, ele relaciona as características, representadas pelas diferentes sub-populações de organismos (tanto Tupec quanto Iscam Nam), ao número de indivíduos que viveram a mudança ambiental. Esse “número de indivíduos que viveram” está relacionado ao tamanho das sub-populações do instrumento, conferido e alterado, se necessário, em cada mudança ambiental simulada nas atividades realizadas.

Geração da variação é aleatória

Nesta etapa de avaliação, Fábio parece estabelecer relações entre a geração das características e a aleatoriedade. Em algumas situações, ele menciona o caráter aleatório da origem de novas características em uma espécie. Na aula 14 (Anexo 4), respondendo à questão 01, sobre a importância da variabilidade intraespecífica, ele escreveu: *“e a cada reprodução a probabilidade de surgirem características novas na espécie”*, e

utiliza o caráter aleatório como um dos critérios para identificar o processo evolutivo na questão 06: “*Se encaixa com o processo de Equilibração (difusão), pois assim como esse processo a evolução é sempre contínua, acontece naturalmente, ao acaso, não há começo e nem fim.*”. Nesta situação, ele interpreta aleatoriedade como “*ao acaso*” e identifica essa característica ao processo evolutivo.

Analisando outro registro do participante, a resposta à questão 1, aula 15 (Anexo 5), ele indica a opção 5 (afirmação da direita, convergente com o conhecimento científico) e justifica: “*As mutações acontecem ao acaso e não por necessidade ambiental e podem ser favoráveis ou não, fazendo com que o ambiente as selecione.*”. As idéias manifestas por Fábio são convergentes com o conhecimento científico sobre o surgimento aleatório das mutações e sobre a possibilidade de serem favoráveis ou desfavoráveis em dado ambiente. Mas, ao justificar sua opção pela afirmação da direita, ele não aplica suas idéias no contexto da questão. Ele parece indicar nas duas afirmações (da esquerda e da direita) elementos que considera relacionados – mutações ocorrem ao acaso e podem ser favoráveis ou não – e não relacionados – necessidade ambiental – ao processo evolutivo. Essa mesma questão (questão 1, Anexo 5) já foi analisada nos dados de Vanessa e percebemos que ela também utilizou a identificação de elementos presentes em cada uma das afirmações para a escolha da mais correta. Estes dados parecem colaborar com a hipótese de que Fábio identifica o surgimento das características com a idéia de acaso, mas que pode apresentar dificuldades de aplicação dessas idéias. Esta hipótese encontra subsídios em outras respostas em que ele procura aplicar essa idéia, de geração aleatória da variação, e que acaba o fazendo de forma divergente do conhecimento científico. Fábio relaciona o surgimento das características diferentes ao conceito de mutação, mas suas idéias acerca desse conceito apresentam divergências importantes, que analisaremos em seguida.

Relação entre variação e mutação

Fábio expressa três vezes a palavra “mutação” no questionário da aula 15 (Anexo 5), relacionando-a, nas três situações, à origem de variações em características. Nessas situações, ele demonstra desenvolvimento de alguns elementos do conceito de mutação, mas parece que, ao final da intervenção, suas idéias eram ainda divergentes do conceito científico. Ele relaciona mutação a um processo aleatório, que pode gerar

características favoráveis ou desfavoráveis no ambiente. Na resposta à questão 1, ele escreveu: *“As mutações acontecem ao acaso e não por necessidade ambiental e podem ser favoráveis ou não, fazendo com que o ambiente as selecione.”*.

Em outras questões em que Fábio aplicou suas idéias a respeito do surgimento da variação e do conceito de mutação encontramos divergências importantes. Na questão 2 do questionário da aula 15 (Anexo 5), Fábio identificou como correta a afirmação da esquerda (divergente do conhecimento científico) e justificou escrevendo: *“Ocorrerão mutações ao longo das gerações que poderão eliminar ou se tornarão imunes aos genes que determinam a doença.”*. A questão referia-se à impossibilidade de ação da seleção natural sobre uma determinada doença, o que acarretaria na impossibilidade de desaparecimento dessa doença ao longo das gerações pela ação da seleção. Na resposta de Fábio é possível identificarmos uma outra visão, na qual o participante acredita ser possível que a doença seja eliminada das populações humanas, pela ação de mutações. A probabilidade de que, a partir de mutações, essa doença fosse eliminada é nula, porque a “improvável” mutação teria de aparecer em todos os indivíduos portadores da doença, mais improvável ainda. Em outra resposta, a uma questão sobre o desenvolvimento da musculatura das gerações de ratos de laboratório, ele apresenta idéias divergentes do conceito de mutação. Ele admite a possibilidade de que os ratos passassem a apresentar mutações, relacionadas tanto aos músculos quanto à atividade ao longo das gerações, a partir de uma alimentação diferenciada. Essa possibilidade também é improvável, porque a alimentação poderia apenas estimular o fortalecimento dos músculos de uma geração de ratos, não interferindo nos genes passados às novas gerações. Outra interpretação, para essa mesma resposta, seria a de que Fábio acredita que haveria mutações (aleatórias) em todas as características dos ratos após muitas gerações, afetando, então, a musculatura e a atividade. Essa interpretação parece menos provável devido aos outros registros. As duas respostas dadas parecem indicar que ele teria, ao fim da intervenção, uma visão divergente do conceito científico de mutação.

A presença das divergências descritas anteriormente nos faz formular algumas hipóteses sobre o desenvolvimento das idéias de Fábio com relação ao conceito de mutação. Fábio parece relacionar as mutações a quaisquer mudanças em características, podendo ser responsáveis por mudanças em características desfavoráveis, como a

doença de Huntington. Foi possível, também, inferir dos dados que ele relaciona as mutações ao surgimento de novas características em dada espécie, que possibilitariam adaptação e também a formação de novas espécies. Outra hipótese que formulamos é a de que Fábio não estabelecia relações entre mutação e determinação genética das características, o que pode ser uma das causas das divergências entre suas idéias e o conceito de mutação.

Parece-nos possível, ainda, apontar outra relação existente entre as idéias de Fábio e o conceito de mutação: a de que essas mutações pudessem ser direcionadas por algum processo ocorrido no ambiente. As idéias sobre o desaparecimento da doença de Huntington e sobre a possibilidade de mudanças genéticas relacionadas aos músculos dos ratos podem indicar que Fábio mantivesse idéias sobre um certo direcionamento do surgimento das características. Esse direcionamento poderia estar ligado, por exemplo, ao caráter desfavorável da característica, que seria eliminada por meio de mutações. Também, a possibilidade de mudanças, causadas pelo uso e desuso, poderia estar relacionada às idéias de Fábio sobre a possibilidade de mutações em estruturas, como os músculos dos ratos ao longo das mutações.

A hipótese sobre idéias de direcionamento não descarta a possibilidade de que Fábio considerasse o surgimento aleatório de mudanças. Essas idéias antagônicas poderiam fazer parte do tecido conceitual de Fábio, formando um conjunto de relações estabelecidas por ele sobre mutação. Assim, as relações não formariam um sistema único e integrado, contendo idéias relativamente isoladas. As idéias isoladas estão sob influências de outras relações e poderiam ser manifestas em diferentes contextos de aplicação desse conhecimento. A estrutura de relações poderia indicar algum desenvolvimento a ser alcançado mas, aparentemente, as relações mais utilizadas e que Fábio pôde aplicar nas situações de avaliação foram as divergentes do conhecimento científico.

Princípio da herança dos caracteres

Na Avaliação de Aprendizagem, Fábio não expressa relação entre a variação e sua transmissão e determinação genética de forma explícita. Essa relação, como já discutimos, não foi explorada de forma específica em nenhuma atividade nessa etapa da intervenção, mas podemos formular algumas hipóteses a partir de alguns dados

coletados. Ao fim da intervenção, Fábio parece não apresentar uma visão claramente convergente com aquela lamarckista (inicialmente identificada) relacionada à herança dos caracteres adquiridos, mas também não apresenta uma visão convergente com a neodarwinista, relativa ao princípio da herança dos caracteres.

Como já descrevemos, o participante relaciona o surgimento das diferentes características às mutações, mas parece que ele não relaciona essas mutações ao componente genético da determinação das características. Como já mencionamos, em duas questões, ele utilizou idéias divergentes do conhecimento científico esperado e que convergem com a idéia de que as mutações podem ser direcionadas, de certa forma, por algum fator. Na questão que abordava a possibilidade de mudanças em características (musculatura e atividade) a partir da alimentação, ele parece expressar idéias que convergem com a já mencionada possibilidade de herança dos caracteres adquiridos. A alimentação e o desenvolvimento muscular advindo não podem interferir nos genes que serão passados às novas gerações e que, nestas, determinarão a estrutura muscular dos ratos. Da mesma forma, o maior uso, ou mesmo o desuso, de um órgão não pode interferir na transmissão das características que determinam a formação desse órgão.

A presença de idéias divergentes ao conhecimento científico sobre a determinação e a transmissão genética das características e a ausência de manifestações sobre esses elementos podem dar subsídio a uma hipótese: que Fábio, ao fim da intervenção, não discriminava como características importantes, para o processo evolutivo, aquelas determinadas geneticamente. Essa discriminação não seria possível sem o estabelecimento de relações entre as características e sua determinação e herança genética. A partir desta hipótese, e das divergências relacionadas ao conceito de mutação, poderíamos inferir que as atividades da intervenção não foram suficientes para o desenvolvimento de um sistema de relações convergente com o princípio da herança dos caracteres. Discutiremos melhor esta questão não desenvolvimento na análise final.

Relação entre variação e adaptação

Fábio relaciona a diversidade de características entre indivíduos de uma espécie e adaptação. Na aula 14, respondendo à questão 1 (Anexo 4), ele relaciona a variação intraespecífica a: *“Uma maior chance de adaptação em um ambiente...”* e à possibilidade de que *“...depois de um longo período poderão surgir espécies*

diferentes.” (aula 14). As idéias, de que a diversidade proporciona possibilidade de adaptação e de que ela pode dar origem a novas espécies, estão presentes em outros registros e parecem permear a relação que ele estabelece entre variação e adaptação na etapa final da intervenção. Em uma discussão, na aula 14, sobre a importância da variação intraespecífica ele apontou para o fato de que: “*Quanto mais características novas mais chance de se adaptar ao ambiente*”. Ele identifica que a variação existente gera “*possibilidades*” de adaptação. Nessa mesma discussão afirma que: “*Mesmo com mudanças todas as populações podem ser extintas.*”, referindo-se ao fato de que mudanças ambientais podem eliminar grupos inteiros, como os dinossauros, muito diversos. Assim, Fábio parece relacionar o papel da variação intraespecífica e o papel da diversidade entre diferentes espécies, como no caso dos dinossauros, grupo formado por muitas espécies, no processo evolutivo. Essa idéia, de que diferentes características possibilitam adaptação, está relacionada ao ambiente, já que em quase todas as expressões ele escreveu: “*adaptação ao ambiente*” e às mudanças nele.

Relação entre variação e ambiente

Fábio relaciona variedade de características e ambiente em diversas situações e a relação está permeada pela idéia de adaptação ao ambiente e de que o ambiente seleciona os indivíduos com diferentes características. Fábio atribui importância às mudanças ambientais nessa seleção. Na aula 15, respondendo à questão 05, sobre a possibilidade de evolução do padrão de asas de uma borboleta, ele escreveu: “*Poderá haver uma evolução se houver uma mudança de ambiente e não devido ao predatismo, pois as borboletas que melhor se adaptarem serão selecionadas.*”. Fábio parece identificar, de forma convergente com o conhecimento científico, a possibilidade de evolução desse caráter apenas por mudanças ambientais, já que o predatismo (como forma de seleção natural) não pode agir sobre ele. Essa identificação pode estar relacionada à sua visão sobre as diferenças entre características de indivíduos de uma espécie, as cores das asas, e a possibilidade de que essas características, em um outro ambiente, interfiram na possibilidade de adaptação dos organismos. Na questão 3 (Anexo 5) que solicitava ao participante que explicasse se plantas iguais, com características desfavoráveis em dado ambiente, evoluiriam, ele escreveu que: “*As plantas não evoluiriam, pois foram clonadas de uma única planta que possuía cascas*

finas e frágeis contra parasitas, o que ocasionaria a morte de todas no ambiente.”. Ele relaciona as características desfavoráveis à impossibilidade de sobrevivência e, como as plantas morrem, à impossibilidade de evolução em um novo ambiente.

Fábio parece identificar que os ambientes estáveis também exercem seleção sobre os indivíduos portadores de diferentes características. Na aula, ele escreveu : “*As mutações acontecem ao acaso e não por necessidade ambiental e podem ser favoráveis ou não, fazendo com que o ambiente as selecione.*”. Fábio parece identificar e ressaltar a idéia de que o ambiente não altera a chance de surgimento de características (necessidade ambiental), apenas seleciona as favoráveis e desfavoráveis nele. Mas, os dados anteriormente analisados nos levam a formular a hipótese de que Fábio mantém idéias relativas ao direcionamento do surgimento de características em dado ambiente. Talvez não diretamente ao direcionamento ambiental, mas relacionado ao uso e desuso ou à mudança em uma característica desfavorável, como a doença de Huntington, por meio de mutações.

Síntese da análise na etapa Avaliação de Aprendizagem

Relação entre variabilidade intraespecífica e processo evolutivo

Nesta última etapa da intervenção, Fábio parece identificar as diferenças entre indivíduos de uma mesma espécie e relacionar essas diferenças à possibilidade de sobrevivência em determinado ambiente (ou a um ambiente novo), à adaptação e à formação de novas espécies. Fábio, respondendo a uma questão específica sobre a importância da variabilidade intraespecífica no processo evolutivo, escreveu: aula 14 – “*Uma maior chance de adaptação em um ambiente, se reproduzir e a cada reprodução a probabilidade de surgirem características novas na espécie e depois de um longo período poderão surgir espécies diferentes.*”. Ele identifica a diversidade de características como possibilidade de adaptação, relacionada à seleção realizada pelo ambiente. O ambiente, estável ou em transformação, agiria selecionando os grupos com certas características o que determinaria o processo de adaptação e a possibilidade de sucesso evolutivo. Características favoráveis privilegiariam populações em dado ambiente, mas mudanças ambientais poderiam eliminar inclusive grupos muito diversos, como os dinossauros.

O surgimento das diferenças está relacionado às mutações, mas este conceito parece estar ainda em fase inicial de desenvolvimento, havendo muitas idéias divergentes do conceito científico. Fábio relacionava as mutações à reprodução, à aleatoriedade e ao surgimento de novas características transmitidas através das gerações. Mas, suas idéias pareciam não expressar, de forma integrada, a relação entre mutação e aleatoriedade e, também, os componentes genéticos da mutação. Outra divergência importante está vinculada à determinação e herança genética das características. Acreditamos que, durante a intervenção, Fábio não desenvolveu alguns elementos do conceito de mutação e não estabeleceu relações convergentes com o princípio da herança dos caracteres. O não desenvolvimento pode estar relacionado às idéias que nos fizeram formular a hipótese de que Fábio, ao final da intervenção, mantinha uma visão convergente com a herança dos caracteres adquiridos. Acreditamos que ele tem diferentes idéias, inclusive divergentes, com relação ao surgimento das características que possibilitam o processo evolutivo. Nas idéias identificadas, esse surgimento, por mutações, apresenta três formas: aleatório, por uso e desuso e na eliminação de características desfavoráveis. Na formulação desta hipótese baseamos-nos em diferentes idéias que o participante manifestou, ao fim da intervenção.

A presença de distintas formas de surgimento das diferentes características parece estar relacionada ao pouco desenvolvimento do conceito de mutação. Vinculado a isso, podemos apontar a falta da formação de um sistema de relações que permitisse ao participante identificar a impossibilidade de que as características adquiridas sejam transmitidas, relacionando essa impossibilidade e o processo evolutivo.

Desenvolvimento dos aspectos principais relacionados ao princípio de variabilidade intraespecífica.

Presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo

A presença de diferentes características entre indivíduos de uma mesma espécie era identificada por Fábio desde o início da intervenção e percebemos que, como Vanessa, identificava diferenças principalmente relacionadas a características físicas. As relações entre essas diferenças e outros elementos ligados ao princípio de variabilidade intraespecífica foram alteradas durante a intervenção. Ao fim da intervenção, pudemos concluir que alguns elementos convergentes com o princípio de variabilidade

intraespecífica e seu papel no processo evolutivo foram desenvolvidos, mas que não foi estabelecido um sistema, mesmo que pequeno, convergente com o princípio. Analisaremos o possível desenvolvimento de cada um dos elementos deste princípio e as relações entre ele e o processo evolutivo.

O conceito de espécie

Fábio utilizou a palavra “espécie” poucas vezes durante a intervenção de forma espontânea. Ele aplicava o conceito (na Avaliação Diagnóstica) atribuindo-o a grupos (tanto as chitas quanto às tartarugas), de uma forma aparentemente geral. A aplicação do conceito na etapa inicial pode dar indícios de que Fábio possuía elementos do conceito científico de espécie que podiam não estar necessariamente relacionados e formando um conceito de espécie. A idéia de descendência fértil estava presente nas manifestações de Fábio, mas não necessariamente relacionadas ao conceito de espécie.

Ao longo da intervenção, Fábio continuou utilizando pouco essa palavra. Ele formula o conceito de espécie de forma cientificamente convergente na etapa de Desenvolvimento, e a relação com a idéia de descendência fértil parece ser estabelecida nesta etapa, ou pelo menos, manifesta explicitamente. Ele parece expressar mais vezes, durante a intervenção, a relação entre espécie e diversidade de características, cujas duas idéias aparentemente centrais são: as diferentes características presentes entre os indivíduos de uma espécie podem ser favoráveis ou desfavoráveis em um ambiente, que pode selecioná-las, e o acúmulo de características gera a possibilidade de formação de novas espécies. Durante a Avaliação de Aprendizagem Fábio utilizou a palavra “espécie” duas vezes e, aparentemente, de forma convergente com o conceito científico.

Fábio parece ter chegado, ao fim da intervenção, a um conceito de espécie desenvolvido mas a falta de atividades que, explicitamente, avaliassem este conceito impede a afirmação taxativa. Podemos formular a hipótese de que Fábio tenha desenvolvido, ou reforçado a relação já existente, entre espécie e descendência fértil e entre o surgimento de diferentes características e formação de novas espécies. Acreditamos que o aumento de expressões, nas quais relaciona a variedade de características e a formação de novas espécies, possa estar relacionado às atividades com o instrumento. Nessas atividades o papel da diversidade de características, inclusive no processo de especiação, foi ressaltado e figurou em várias discussões.

Parece-nos que as atividades mencionadas podem ter desempenhado um papel importante no desenvolvimento conceitual dos participantes.

Geração da variação é aleatória e o conceito de mutação

Fábio apresentava, no início da intervenção, idéias ambíguas sobre a geração da diversidade de características entre indivíduos de um grupo. Ele expressava, claramente, a possibilidade de que as variações entre indivíduos pudessem estar relacionadas ao uso e desuso ou à transformação de características sem utilidade ou prejudiciais em dado ambiente, visão convergente com a lamarckista. Por outro lado, Fábio manifestou espontaneamente idéias sobre aleatoriedade do surgimento das características. Mas, as relações entre aleatoriedade e a origem da variação intraespecífica não pareciam estar desenvolvidas nesta etapa de modo que Fábio pudesse aplicar essas idéias em contextos novos. Ele não demonstrou nem mesmo ser capaz de identificar essas idéias em contextos como o do questionário de avaliação inicial, no qual expressões como “variações acidentais” ou “apareceram, por acaso” estavam presentes no enunciado de questões. Fábio não utilizou a palavra “mutação” durante a Avaliação Diagnóstica, o que pode corroborar para a formulação da hipótese de que o conceito também não estava desenvolvido antes da intervenção.

Durante a primeira aula do Desenvolvimento muitos participantes, inclusive Fábio, desaprovaram a idéia de gerar as variações dos indivíduos de Tupec e Iscam Nam a partir de uma roleta. Nessa ocasião, Fábio expressou a idéia de que “*No jogo é assim, mas na vida é diferente*”, o que revela um pouco de sua tendência, na etapa mencionada da intervenção, em não relacionar aleatoriedade e surgimento da variação de forma concreta. Ao longo do Desenvolvimento, Fábio se interessou muito pelo conceito de mutação, principalmente após a visita ao Laboratório de Biologia Molecular. Durante a intervenção ele, em algumas situações, buscou comparar suas próprias idéias ao conhecimento científico, inclusive relacionado à origem das características. A principal divergência se relacionava às idéias sobre a possibilidade de que o ambiente cause, direcione ou interfira na chance de ocorrer uma mudança em características de indivíduos, que serão transmitidas às novas gerações. Durante uma discussão, Fábio chega a afirmar que “*Hoje foram apagados os resquícios de que o ambiente causa a mutação.*” (aula 12). Nas aulas posteriores a 12, após esta afirmação,

aumenta significativamente o número de vezes em que ele utiliza a palavra “mutação” na intervenção, de forma espontânea. Além do aumento do uso da palavra, Fábio parece ter desenvolvido alguns elementos do conceito científico, como a relação entre mutação e aleatoriedade. O desenvolvimento do conceito não foi completo e, na verdade, parece ter apenas iniciado. Suas idéias a respeito das mutações foram, ao fim da intervenção, divergentes do conhecimento científico e relacionadas a muitas idéias, aparentemente, divergentes entre si.

Ele expressou a idéia, na avaliação final, de que devido ao caráter aleatório das mutações, estas possibilitariam o surgimento de características favoráveis e desfavoráveis em dado ambiente. Mas, nos contextos em que ele teve de aplicar o conceito de mutação, não podia fazê-lo de forma convergente com as idéias que ele mesmo manifestava espontaneamente. Ao fim da intervenção, Fábio parece ter se tornado capaz de identificar a relação entre mutação e aleatoriedade quando esta estava presente no contexto da questão. Parece-nos possível formular a hipótese de que Fábio desenvolveu essa capacidade na intervenção, mas quanto à formação de um sistema no qual o conceito de mutação se insere formulamos outra hipótese.

A pouca utilização da palavra “mutação” durante a intervenção pode, inclusive, indicar que o desenvolvimento era menor ainda ao início da intervenção, impedindo o participante de mencioná-la em situações de aula. O pouco desenvolvimento do conceito de mutação, ao fim da intervenção, parece ser indicado pela não formação de um sistema de relações minimamente aplicável no qual figurassem as idéias de aleatoriedade e determinação genética das características. Parece-nos que Fábio tinha idéias muito fragmentadas relacionadas à mutação e outras idéias, divergentes do conhecimento científico, parecem ter influenciado nas relações estabelecidas. Nossa hipótese é a de que as atividades realizadas não puderam desenvolver o conceito de mutação de Fábio, além da capacidade já descrita. Ao longo da intervenção nas atividades de ensino ele passou a relacionar mutação ao surgimento da diversidade de características, mas há indícios de que a própria natureza das mutações estava muita vaga nas idéias de Fábio. O não estabelecimento de relações entre mutações e determinação e herança genética das características também pode ter sido importante para o não desenvolvimento de um sistema mais convergente com o conhecimento científico. Desta forma, idéias como o uso e desuso e a transformação de características

não favoráveis podem ter interferido nas relações estabelecidas entre mutação e surgimento da variação, mesmo após atividades direcionadas para abordar o caráter aleatório das mutações e a impossibilidade de transmissão de características adquiridas. Assim, após a aula 12, na qual Fábio demonstrou estar consciente de divergências entre suas idéias e o conhecimento científico e da aula 13, na qual abordamos especificamente o surgimento aleatório da variação no processo evolutivo, não houve estabelecimento de relações mais convergentes. Fábio expressa a possibilidade de que, ao longo de muitas gerações, mutações sejam responsáveis pela eliminação de uma doença que não pode ser selecionada e por mudanças na musculatura e atividade de ratos de laboratório submetido à alimentação diferenciada por muitas gerações. Em nenhuma das expressões ele deixa claro relações com o uso e desuso, mas parece ser possível que ele mantenha idéias relacionadas a um constante “*melhoramento*” das populações ao longo do tempo, relacionando esse melhoramento às mutações. Isto é, a visão de que sempre, ou em muitos casos, haverá modificação em características desfavoráveis ou que venham a fornecer alguma vantagem no ambiente. Esta visão pode ter influenciado na aplicação e no sentido atribuído à idéia de mudança a partir de mutações, existente em seu tecido conceitual.

Talvez a ausência de explicações alternativas à de que haverá mudanças, ao longo das gerações, a partir de mutações possa ser responsável, também, pelas divergências na aplicação das idéias relacionadas ao conceito de mutação e herança dos caracteres de Fábio. A existência de outras relações evitaria a necessidade de explicações que contivessem a idéia de mudanças a partir de mutação, não aplicável em muitos contextos. Por exemplo, relações baseadas na idéia da impossibilidade de mudanças na doença de Huntington ou mesmo a não alteração dos ratos ao longo das gerações, situações em que Fábio utilizou a idéia de mudança por meio das mutações.

Esta análise será retomada no desenvolvimento do princípio da herança dos caracteres, devido a que pode ter relação com a inexistência, no tecido conceitual de Fábio, de idéias alternativas à mudança a partir de mutações.

Princípio da herança dos caracteres

Fábio apresentava uma visão sobre a transmissão das características na qual relacionava a idéia de ancestralidade comum e características comuns, isto é, grupos que

detinham características comuns provavelmente tinham ancestrais comuns. A variação entre esses grupos era atribuída ao surgimento de características favoráveis pela transformação, em características existentes e ao uso e desuso. Ele não expressava, de forma espontânea, relações estabelecidas entre características e sua determinação genética.

Ao longo da intervenção, Fábio parece ter desenvolvido uma relação entre reprodução e surgimento da variação, mas o papel da determinação genética dos caracteres e de sua herança não apresentou desenvolvimento aparente. Fábio não fazia distinção entre a transmissão de características favoráveis ou desfavoráveis, nem tampouco relacionava, explicitamente, este fato aos componentes genéticos da herança. Ele parece ter desenvolvido relações entre as mutações, fonte da variação, e a herança das características, mas não aplicou essas idéias de forma convergente com o conhecimento científico, em duas questões específicas para avaliação do princípio da herança dos caracteres. Parece-nos que as relações entre determinação genética das características e mutações pode ter influenciado no não desenvolvimento de um sistema de relações convergente com o princípio da herança dos caracteres. As atividades realizadas proporcionaram um desenvolvimento parcial, gerando o estabelecimento de novas relações e diminuição da aplicação de idéias lamarckistas. Mas, os elementos desenvolvidos não foram suficientes para a aquisição de um sistema de relações convergente com o conhecimento científico e desenvolvido a ponto de ser aplicável em novos contextos. O desenvolvimento de um sistema de relações que permitisse ao participante discriminar entre características adquiridas (não passíveis de transmissão) e características determinadas geneticamente (passíveis de transmissão), e as relações advindas desse sistema poderia fornecer ao participante outras idéias aplicáveis às situações de avaliação, por exemplo. Entre as novas possibilidades de relações, poderiam figurar a de impossibilidade de mudanças em certas características, como a doença de Huntington e também a idéia de que não haveria alterações nas populações de ratos, devido à impossibilidade de mudança dos genes que determinam a musculatura por uma alimentação diferenciada.

Adaptação

A palavra “adaptação” foi utilizada muitas vezes por Fábio durante toda a intervenção. Na Avaliação Diagnóstica, a principal relação estabelecida por ele entre diversidade de características e adaptação era que características que os antepassados não possuíam seriam adquiridas para adaptação, proporcionando melhor sobrevivência e reprodução em determinado ambiente. A aquisição estaria relacionada ao surgimento de características favoráveis “*para adaptação*” ou pela transformação de características já existentes, pelo uso e desuso. Estas foram as relações que o participante mais aplicou durante a Avaliação Diagnóstica, mas ele também assinala a possibilidade de que as características fossem adquiridas “*em algum momento de sua evolução*”.

Ao longo da intervenção, Fábio passa a expressar a idéia de que a existência de diferentes características é uma possibilidade de adaptação e não mais o surgimento de características para adaptação. Esta relação foi desenvolvida ao longo da intervenção e, na Avaliação de Aprendizagem, Fábio aplica a idéia em todas as situações relacionadas à adaptação. Ele expressa, também na Avaliação de Aprendizagem, a idéia de que quanto maior a variação maior chance de adaptação. Percebemos, então, uma diferença entre as idéias iniciais de Fábio e as idéias correspondentes ao fim da intervenção. Mas, quanto ao surgimento da diversidade que possibilita a adaptação, a análise já desenvolvida parece apontar para a manutenção, pelo menos em parte, das idéias de direcionamento do surgimento das características. Outra idéia que pode estar relacionada ao surgimento das características que possibilitam adaptação é a de que há grande probabilidade da ocorrência de mudanças a partir de mutações, em quaisquer características, talvez principalmente daquelas muito utilizadas ou desenvolvidas (como a musculatura) e daquelas desfavoráveis (como doenças).

Ambiente

No início da intervenção, o participante estabelecia uma relação entre variação e ambiente na qual identifica que as características podem ser favoráveis (ou úteis) ou desfavoráveis em dado ambiente. A relação estabelecida estava permeada pela idéia de adaptação ao ambiente. Fábio apresentava idéias sobre um ambiente estável e sobre a possibilidade de que os organismos mudassem de ambiente, o que traria para eles novas situações de adaptação. Ele parecia relacionar o ambiente à geração de características

favoráveis, que surgiriam através do uso e desuso e da possibilidade de que características “úteis” e favoráveis seriam adquiridas para melhor adaptação.

Ao longo da intervenção a relação estabelecida por Fábio entre variação e ambiente vai se modificando. Ele passa a expressar a possibilidade de surgimento de características favoráveis e desfavoráveis no ambiente e, também, a idéia de que o ambiente seleciona os indivíduos portadores dessas características. A diversidade de características seria uma possibilidade de adaptação ao ambiente e de formação de novas espécies, que poderiam ocupar outros ambientes ou sobreviver a mudanças ambientais. Ele atribui aos ambientes estáveis ou em transformação, o papel de seleção de indivíduos, ou espécies, com características favoráveis ou desfavoráveis. Ao fim da intervenção, o participante ressalta a idéia de que o ambiente não altera a chance de que uma característica surja pelas mutações, idéia que ele tinha ao início da intervenção. Mas, como já discutimos, a expressão pode estar relacionada às idéias de Fábio mas não é, necessariamente, a que ele mais utiliza em suas explicações. Parece haver indícios de que ele mantenha suas idéias iniciais sobre a possibilidade de transformação das populações, a partir das mutações, para um aprimoramento em determinado ambiente.

Desenvolvimento do papel e importância da variabilidade intraespecífica no processo evolutivo

As idéias de Fábio relacionadas ao princípio de variabilidade intraespecífica foram alteradas durante a intervenção de ensino. No início da intervenção ele utilizou, em todas suas explicações, idéias relacionadas ao lamarckismo (uso e desuso, transmissão dos caracteres adquiridos). Ele citou, em diferentes situações, a possibilidade de que as diferentes características poderiam surgir em “algum momento da evolução” e “ao acaso” . Mas, as expressões e idéias lamarckistas foram as mais recorrentes e aplicáveis em novos contextos. Essas idéias ocupavam um lugar importante no sistema de relações estabelecido por Fábio sobre o processo evolutivo, se relacionando a muitas outras idéias, o que as tornavam aplicáveis e conectadas à realidade. Para Fábio, a aquisição de características cujos ancestrais não possuíam e que possibilitassem melhor adaptação ao ambiente definiam sua relação entre a diversidade de características e o processo evolutivo.

Quanto à idéia de aleatoriedade na relação entre variação e processo evolutivo, ele a expressou uma vez e acreditamos que esta devia estar presente no seu tecido conceitual, mas seu desenvolvimento no início da intervenção parecia ser pequeno e aparentemente relacionado a poucas outras idéias. Assim, ele expressou a idéia de que as características que “não foram desenvolvidas” para uma melhor adaptação poderiam ter surgido “por acaso”. No início da intervenção ele não pôde, com o estágio de desenvolvimento de seus conceitos, identificar o surgimento aleatório da variação, e sua relação com o processo evolutivo, em situações nas quais este conhecimento estava presente, por exemplo, situações de avaliação. No questionário de avaliação inicial (Anexo 1), as duas primeiras questões utilizavam termos como “variações acidentais” e “apareceram, por acaso”, mas Fábio não os utilizou para identificar essas afirmações como corretas, nem para expressar sua visão do processo evolutivo. As idéias de Fábio para a explicação da diversidade de características estavam permeadas pelas lamarckistas, de uso e desuso e transmissão das características adquiridas. Essas idéias interferiam sensivelmente em sua visão do processo evolutivo. O surgimento da variação, que possibilita sucesso evolutivo (sobrevivência e reprodução), estava relacionado, na visão dele, à aquisição de características favoráveis em função das necessidades ambientais, o que dá a esse surgimento um caráter direcionado e ligado à idéia de constante melhora através das gerações.

A aplicabilidade das idéias relacionadas à visão lamarckista parece ter diminuído ao longo da intervenção, e Fábio parece ter tomado consciência de parte da divergência entre suas idéias e o conhecimento científico.

Acreditamos que o desenvolvimento de elementos de alguns conceitos científicos possam ter interferido nessa alteração e no desenvolvimento de algumas relações mais convergentes com o conhecimento científico relacionado à variabilidade intraespecífica e seu papel no processo evolutivo. Os elementos foram: relação entre variação e formação de espécies; relação entre variação e possibilidade de adaptação; relação entre ambiente e seleção de indivíduos e importância das mudanças ambientais. Mas, em contraposição, parece ser possível afirmar que outras relações, importantes na formação de um sistema de relações aplicável e convergente com o conhecimento científico, não foram desenvolvidas. Chegamos à formulação de algumas hipóteses sobre o desenvolvimento das idéias de Fábio ao fim da intervenção e sobre a

possibilidade de manutenção, a partir do estabelecimento de outras relações, de idéias como uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos.

Fábio parece ter desenvolvido a idéia de que o acúmulo de características, dentro de uma espécie, gera a possibilidade de formação de novas espécies. Esta relação é importante do ponto de vista de uma visão mais convergente com o conhecimento científico. As idéias mais relacionadas ao lamarckismo sobre a formação das espécies se baseiam na transformação de espécies em outras, através da transformação de características de indivíduos destas espécies. Essa idéia foi manifesta por Fábio no início da intervenção, em uma situação na qual ele e seu grupo demonstraram como os organismos se adaptam. O desenvolvimento da idéia de que a formação de novas espécies depende de um acúmulo de características em determinado grupo é mais convergente com o desenvolvimento de uma visão mais científica sobre o processo evolutivo. Apenas essa relação não pode formar um sistema de relações entre conceitos científicos, mas pode indicar um desenvolvimento a ser continuado, em sentido contrário às idéias lamarckistas.

Fábio parece ter desenvolvido outra relação convergente com o conhecimento científico, entre diversidade de características e adaptação. As suas idéias parecem ter-se alterado ao longo da intervenção, desde a idéia de que a variação seria gerada para adaptação para outra, na qual a variação geraria possibilidade de adaptação. A visão inicial, da diversidade sendo gerada para adaptação, é mais convergente com idéias baseadas no uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos. A utilização do termo “possibilidade” pode remeter ao desenvolvimento futuro de outros elementos, de outros conceitos científicos (como o próprio conceito de mutação e do princípio de heranças dos caracteres), que podem ter-se iniciado na intervenção.

Outras idéias desenvolvidas durante a intervenção e que podem ter interferido de forma positiva na visão de Fábio sobre o processo evolutivo foram as relacionadas à variação e o ambiente. O desenvolvimento da idéia de que o ambiente seleciona indivíduos com características favoráveis (e desfavoráveis) também está relacionada a uma visão mais convergente com o conhecimento científico do processo evolutivo e pode indicar possibilidade, mesmo futura, de desenvolvimento de outras relações. Outra relação que, ao final da intervenção, pareceu convergir com o conhecimento científico foi a da importância da existência de diversidade intraespecífica em mudanças

ambientais. O desenvolvimento do papel das mudanças ambientais na seleção de indivíduos é divergente daquela visão relacionada às idéias lamarckistas, e mais convergente com o conhecimento científico. A idéia citada soma-se às relações entre diversidade e seleção pelo ambiente, o que poderia favorecer o estabelecimento de novas relações no tecido conceitual do participante e o desenvolvimento de uma visão mais cientificamente convergente.

Mas, pudemos perceber que ao final da intervenção não foi possível desenvolver um sistema de relações entre idéias convergentes com o conhecimento científico, principalmente relacionado ao surgimento aleatório por mutações, determinação e herança genética das variações e o processo evolutivo.

Durante a intervenção, Fábio parece ter relacionado o surgimento da variedade de características ao conceito de mutação. Mas, ele parece não ter desenvolvido um sistema de relações que envolvessem o conceito, a idéia de aleatoriedade e a de determinação e herança genética das características. Em todas as situações, principalmente ao fim da intervenção quando passou a utilizar espontaneamente o conceito, em que utilizou o conceito de mutação, o participante não pôde aplicá-lo ao contexto das situações de forma convergente com o conceito científico. Como já formulamos anteriormente, nossa hipótese é a de que houve um pequeno desenvolvimento do conceito, juntamente ao não desenvolvimento das idéias relativas ao princípio da herança dos caracteres. O não desenvolvimento dessas relações pode ter sido responsável pelo não desenvolvimento de diferenciação no processo evolutivo, de mudanças ao longo das gerações, entre características determinadas geneticamente e adquiridas. Esta lacuna de idéias juntamente à possível presença de idéias sobre o aprimoramento das populações ao longo do tempo, podem ter sido responsáveis pelas idéias expressas pelo participante sobre a possibilidade de herança dos caracteres adquiridos e a presente idéia de transformação de características por mutações (mesmo muito improváveis).

As atividades desenvolvidas na intervenção não foram capazes de colaborar no desenvolvimento do conceito de mutação de Fábio nem tampouco de um sistema que relacionasse mutação, aleatoriedade e o princípio da herança dos caracteres. O conceito de mutação foi abordado em diversas aulas, sempre relacionado ao processo evolutivo, mas não foi objeto de avaliação específica. Essa avaliação poderia ter proporcionado

dados sobre o desenvolvimento do conceito e sobre elementos que deveriam ser abordados de novo, de outra forma. Foi possível identificar, nas próprias discussões em aula e nas atividades desenvolvidas divergências entre as idéias de Fábio e o conhecimento científico, como já descrevemos em outro momento. Essa identificação, durante a etapa de Avaliação Diagnóstica e, depois, durante o Desenvolvimento (principalmente nas aulas 10 e 12), permitiu que propuséssemos atividades novas, mas, estas demonstraram ser insuficientes para atuar no desenvolvimento de outras relações pelo participante. Procuramos realizar atividades nas quais os participantes, manipulando o instrumento de ensino, pudessem identificar a possibilidade de que a variação, produzida aleatoriamente, poderia gerar o processo evolutivo. Procuramos enfatizar as relações entre as atividades e os conceitos de mutação e adaptação. Mas, analisando os dados e refletindo durante muito mais tempo, chegamos à conclusão de que outras providências deveriam ter sido tomadas. Acreditamos que seria importante o desenvolvimento de atividades específicas para relacionar os três elementos falhos nas idéias de Fábio, de forma a facilitar a formação de relações entre eles (mutação, aleatoriedade e princípio da herança dos caracteres). Talvez, uma abordagem mais direta dessas relações e a realização de avaliação específica sobre estas pudesse ter colaborado na aprendizagem de Fábio, que em toda a intervenção se mostrou muito disposto e interessado em aprender.

Acreditamos que as atividades desenvolvidas, principalmente as relacionadas ao instrumento (e nestas, a roleta) e as discussões sobre os acontecimentos dessas atividades e sua relação com a teoria abordada, colaboraram no desenvolvimento inicial da relação entre mutação e aleatoriedade. Assim, as atividades podem ter colaborado no desenvolvimento da capacidade do participante em, ao fim da intervenção, identificar situações nas quais a relação estava expressa. Mas, possivelmente, as idéias iniciais sobre evolução e melhoria constante ou, mesmo, sobre direcionamento do processo de surgimento da variação podem ter desenvolvido um papel mais importante na formação de novas relações entre os conceitos abordados e as idéias de Fábio.

6 – CONCLUSÕES

Desenvolvimento conceitual

Percebemos que durante a intervenção houve desenvolvimento de elementos de conceitos científicos tanto de Vanessa quanto de Fábio. Vygotski escreve que os conceitos científicos, em oposição aos cotidianos, manifestam sua força em uma esfera determinada pelas propriedades superiores dos conceitos: voluntariedade e consciência (Vygotski, 1993, p. 252). Os conceitos científicos se desenvolvem, então, a partir dessas propriedades superiores até outras mais elementares, como a aplicabilidade e conexão com a realidade. Essa aplicabilidade decorre do desenvolvimento de um sistema de significados⁷, no qual encontramos a medida de comunalidade do conceito científico desenvolvido. Nesse sistema, as relações que formam o tecido conceitual (rede de relações estabelecidas) estão conectadas e, de forma coerente, permitem diferentes possibilidades de relações entre conceitos conectados e de formulação de idéias e explicações.

Durante o processo de aprendizagem, e possível desenvolvimento conceitual, ambos participantes aparentam, em momentos diferentes do processo de aprendizagem, poder identificar relações entre o conceito e situações de contexto. Em certos momentos eles foram capazes de citar essas relações, mas sem a possibilidade de aplicá-las ao contexto. Fábio parece demonstrar isso ao fim da intervenção, principalmente em relação ao conceito de mutação. Em várias situações ele, consciente e voluntariamente, faz menção ao conceito mas não consegue aplicá-lo ao contexto, conectá-lo à realidade, indicando desenvolvimento ainda a ser trilhado: Aula 15 questão 1 (anexo 5): “*As mutações acontecem ao acaso e não por necessidade ambiental e podem ser favoráveis ou não, fazendo com que o ambiente as selecione.*”. Ele aponta a alternativa mais convergente com o conhecimento científico e justifica a partir da descrição de elementos do conceito de mutação, que identificou estarem relacionados a essa alternativa. Ele utiliza muitas vezes o conceito, mostrando também que há voluntariedade na utilização do mesmo, mas essa aplicação ainda se mostra divergente

⁷ Estamos utilizando os termos sistema de significados e comunalidade, baseados em Vygotski, com o sentido esclarecido nos **Referenciais Teóricos**. Quando utilizamos o termo “sistema completo”, estamos nos referindo a um sistema de relações entre conceitos científicos genuínos, completamente convergente com o conhecimento científico.

do conceito científico, mostrando que um sistema de significados completo, convergente ao conhecimento científico, ainda não está desenvolvido. Na aplicação Fábio mantém algumas características de elementos divergentes dos científicos (principalmente relacionado ao caráter aleatório da mutação e sua determinação genética), indicando caminho de desenvolvimento a ser trilhado para a formação de um conceito científico genuíno, dentro de um sistema de significações.

Vanessa também apresenta dados que corroboram essa análise. Percebemos que ela, com relação ao mesmo conceito – mutação –, passa a identificar elementos estudados (determinação e herança genética das características e aleatoriedade) durante o desenvolvimento, mas não os aplica às situações em que foi avaliada nessa etapa. Após as atividades e de uma discussão já citada no capítulo anterior (na qual ela afirma não acreditar que as mutações sejam aleatórias), na avaliação de aprendizagem, ela passa a não só identificar essas idéias, mas aplicar o conceito de mutação em situações nas quais este faz parte do contexto. Esta aplicação pode estar relacionada a um certo grau de desenvolvimento do conceito, que já possibilitava a aplicabilidade de forma convergente ao conhecimento científico, em determinadas situações. Mas, nesse caso, também percebemos que não foi desenvolvido um sistema de significados completo, havendo relações a serem desenvolvidas (por exemplo, entre mutação e aleatoriedade). Há, ainda, desenvolvimento do conceito a ser trilhado por Vanessa, relacionado, também, à formação de um sistema de significados completo, convergente ao conhecimento científico.

O desenvolvimento apresentado pelos participantes, como já apontado, não foi igual nem completo e percebemos diferenças com relação aos elementos de conceitos desenvolvidos e ao grau desse desenvolvimento. O desenvolvimento parcial, durante o processo de ensino e ao fim deste, pôde ser relacionado com a presença de idéias divergentes e convergentes ao conhecimento científico e, às vezes, contrárias. Relacionamos a presença das divergências ao caráter processual do desenvolvimento e à ausência da formação de um sistema de significações completo, formado por conceitos científicos genuínos. Essa ausência pode estar relacionada, assim como apontamos na análise, à formação de estruturas parciais de organização conceitual, formando idéias convergentes ao conhecimento científico que, por não estarem de fato conectadas a

outras relações do tecido conceitual, convivem com idéias antagônicas desenvolvidas ou mantidas ao longo do processo de ensino.

Vanessa apresentou, ao fim da intervenção, idéias aparentemente mais convergentes ao conhecimento científico que as de Fábio com relação à variabilidade intraespecífica e seu papel no processo evolutivo. As idéias de Vanessa, mesmo não inseridas em um sistema de relações entre conceitos científicos genuínos, parecem estar conectadas de forma mais estruturada, formando uma visão mais aplicável, de forma convergente ao conhecimento científico, em determinados contextos. Nossa hipótese é que essas idéias, conectadas de forma mais estruturada, referem-se às relações entre mutação e surgimento da variação, determinação e herança genéticas das características, variação intraespecífica como possibilidade de sobrevivência de indivíduos a mudanças ambientais e adaptação. Estas relações estruturadas podem ter permitido a Vanessa aplicar idéias convergentes ao conhecimento científico, em diferentes situações, ao fim da intervenção. Acreditamos, também, que podem indicar o início de um sistema de relações que, no futuro, poderia se desenvolver no sentido de relações entre conceitos científicos genuínos.

Fábio demonstrou, ao fim da intervenção – três últimas aulas do Desenvolvimento e Avaliação Diagnóstica –, também ter desenvolvido relações convergentes ao conhecimento científico, como variação pré-existente e possibilidade de adaptação e formação de novas espécies. Mas, parece-nos que a falta de alguns elementos (como elementos do conceito de mutação e idéias relacionadas ao princípio da herança dos caracteres) pode ter influenciado na estruturação de relações que permitissem ao participante desenvolver idéias mais convergentes ao conhecimento científico. O participante, principalmente no fim da intervenção, aumentou a consciência sobre sua aprendizagem, o que pareceu positivo na própria aprendizagem dele e na possibilidade de que expressasse mais abertamente suas idéias. Vanessa também apresentou consciência sobre sua aprendizagem ao fim da intervenção. Na última aula ela, muito introspectiva e concentrada nas atividades, disse que estava muito pensativa porque percebia como havia aprendido coisas erradas anteriormente. Essa mesma idéia foi expressa por Fábio, como uma reflexão sobre os processos de aprendizagem pelos quais passou. Essa consciência permitiu que, em algumas ocasiões, os participantes expusessem de forma mais aberta e clara suas idéias e permitiu que o

professor pudesse identificar e fornecer informações que eles desconheciam ou questionar algumas idéias dos participantes.

Como já descrevemos, acreditamos que ambos demonstraram certo desenvolvimento conceitual o que pode ter influenciado no desenvolvimento de idéias mais convergentes ao conhecimento científico. As diferenças apresentadas entre os dois não parecem estar relacionadas a diferenças significativas em sua visão do processo evolutivo antes da intervenção. Ambos apresentavam idéias divergentes do conhecimento científico sobre o processo evolutivo e que encontram caracterização na literatura, por exemplo no trabalho de Bizzo (1996). Vanessa e Fábio demonstraram ter idéias semelhantes às que o pesquisador encontrou em seu estudo com alunos já submetidos ao ensino formal desse conhecimento. Essas idéias estavam caracterizadas: pela possibilidade de herança dos caracteres adquiridos – “*Os principais mecanismos hereditários admitidos nas entrevistas restringiram-se quase que somente à herança das características adquiridas*” (*ibid.*, p. 205); pelo surgimento de mudanças (variação) através do uso e desuso:

“Existe a crença geral de que certas modificações provocadas pelos próprios indivíduos sejam, de alguma forma, hereditária. O exemplo principal é, sem dúvida, a questão do uso e desuso dos órgãos.” (*ibid.*, p. 207);

e, pelo aparente desconhecimento de conceitos de genética relacionados ao processo evolutivo:

“A transmissão das características hereditárias – independente de como elas tenham surgido – é outro aspecto absolutamente nebuloso nas concepções dos alunos. Apesar de terem estudado Genética regularmente e, em alguns casos isso ficou claro, possuem vocabulário bastante razoável, não existem evidências seguras de que o aprendizado tenha contribuído para a compreensão dos processos evolutivos” (*ibid.*, p. 214 – grifo nosso).

Com relação, principalmente à afirmação final, acreditamos que o “*aprendizado*”, como nós entendemos o conceito (baseados em Vygotski e Petrovski), não tenha ocorrido. Vygotski teoriza que se o desenvolvimento de conceitos científicos percorresse o mesmo caminho dos conceitos cotidianos, isso resultaria apenas em aumento do vocabulário dos sujeitos, pela falta de desenvolvimento de um sistema, que acompanha o desenvolvimento de conceitos científicos. Acreditamos que a falta de aprendizagem significativa, referente ao desenvolvimento conceitual dos estudantes e formação de um sistema de significados mais estruturado e formado por conceitos

genuínos, pode estar relacionada ao desenvolvimento de vocabulários desprovidos de significados. Esse aumento do vocabulário, cujas palavras carecem do significado científico dos conceitos, é identificado em outros trabalhos, como em Bishop & Anderson, (1990), por exemplo.

Acreditamos também que o desenvolvimento de um sistema, mesmo incompleto, em termos de relações mais estruturadas, pode estar relacionado às diferenças de aprendizagem apresentadas por Fábio e Vanessa, como já indicamos anteriormente. O desenvolvimento de elementos dos conceitos estudados neste trabalho parece indicar a possibilidade de início da formação de um sistema de significados convergente ao conhecimento científico, com diferenças (entre Vanessa e Fábio) no que concerne ao desenvolvimento de algumas idéias e à estruturação de relações entre as mesmas. Mas, como já citamos anteriormente, a intervenção foi insuficiente para colaborar no desenvolvimento, com relação aos objetivos de ensino, dos conceitos abordados. Acreditamos que esse fato está relacionado a problemáticas específicas do processo de ensino, cuja superação poderia ter colaborado com o desenvolvimento mais efetivo dos conceitos, e à duração do curso.

A principal problemática relacionada ao processo de ensino que, consideramos, seria importante ter sido mais trabalhada, e em mais tempo, foi a sistematização dos conceitos abordados no curso. Durante a intervenção, priorizamos atividades de aplicação do conhecimento e atividades nas quais os participantes realizaram trabalhos de aplicação de suas idéias, e de conceitos abordados, com o instrumento de ensino. Ao fim da análise, desenvolvida nesta pesquisa, percebemos que um fator potencializador da aprendizagem dos participantes poderia ser o maior equilíbrio entre atividades de aplicação e de sistematização (generalização, conceituação). A presença de mais atividades voltadas à sistematização dos conceitos, que foram sendo aprendidos durante o curso, poderia ter colaborado na aprendizagem dos participantes por meio da formação de sistemas de relações mais estruturados e mais conscientes. Se houvesse mais tempo de trabalho com os participantes dedicaríamos maior parte deste em desenvolver atividades nas quais eles deveriam relacionar, de forma direta, atividades com o instrumento e conceitos científicos e atividades de formulação conceitual. Estas atividades poderiam contribuir, inclusive, com outra problemática percebida ao fim da intervenção, a identificação clara das idéias dos participantes.

Outra problemática, vinculada ao processo de ensino, foi a identificação tardia do grau de desenvolvimento de algumas idéias dos participantes durante a etapa de desenvolvimento. A identificação de que as atividades iniciais da intervenção, por exemplo, sobre a relação entre espécie, população e sub-população, não haviam sido suficientes para a aprendizagem do conceito de espécie, foi realizada no fim da etapa do desenvolvimento. A identificação precoce poderia ter gerado uma atuação mais efetiva do professor sobre essas idéias, pela elaboração e realização de atividades mais específicas, nas quais esse conhecimento seria abordado novamente, com mais tempo e profundidade. Essas atividades poderiam trazer novas possibilidades de sistematização e aplicação desse conhecimento e mais informações, identificadas como desconhecidas pelos participantes, que poderiam gerar novas relações e favorecer ao desenvolvimento conceitual e, concomitantemente, um sistema de significados mais convergente com o conhecimento científico.

Outra necessidade observada foi a falta de mais atividades nas quais houvesse aprofundamento das idéias dos participantes sobre os conceitos científicos. A longo da intervenção, identificamos divergências entre as idéias dos participantes e o conhecimento científico tanto em atividades que geraram produtos escritos quanto em discussões e atividades com o instrumento não registradas. Essa identificação possibilitou que elaborássemos outras atividades para abordar certos conceitos ou idéias, de novas maneiras e dando ênfase a aspectos que pareceram falhos. Mas, em muitos casos, não procuramos aprofundar mais as idéias divergentes dos participantes, atendo-nos a abordar em nova situação o conhecimento divergente identificado. A identificação, durante a intervenção, das relações que poderiam ter sido estabelecidas pelos participantes e a relação entre essas e a natureza da divergência poderia ter sido útil na proposição das novas atividades. As principais causas de não termos podido aprofundar as idéias dos alunos em algumas situações foram a falta de atividades de sistematização e a falta de tempo. A primeira causa já descrevemos anteriormente e a segunda abordaremos logo após a discussão seguinte.

Fábio, diferente de Vanessa, era mais aberto a expressar coletivamente suas idéias e checá-las frente ao conhecimento científico. Nas situações em que esse processo se deu, o participante mostrou-se motivado e parece ter sido positivo para sua aprendizagem. Vanessa raramente expressava-se no coletivo de forma espontânea,

fazendo-o sempre frente à solicitação de uma atividade ou representando as idéias do grupo. Portanto, foi difícil identificar suas idéias por meio de sua manifestação espontânea no coletivo. Essa identificação foi realizada quase sempre através dos produtos escritos da participante. Vanessa não demonstrou interesse em comparar sua visão do processo evolutivo e o conhecimento científico, o que acabou acontecendo em uma discussão, na qual afirmou não acreditar que as mutações fossem aleatórias. Independente de ter demonstrado interesse nessa comparação, parece que a discussão pode ter contribuído para o desenvolvimento de elementos desse conceito, o que pôde ser constatado em aulas posteriores. Estes dados podem apontar para uma necessidade de que os estudantes conheçam claramente suas idéias a respeito dos conceitos científicos. Possivelmente, este conhecimento possa colaborar no desenvolvimento conceitual e na formação de um sistema de significados formado por conceitos científicos genuínos, cujas características principais são consciência e voluntariedade.

Com relação à duração do curso – nove aulas de duas horas, totalizando menos de 18 horas de atividade, esse tempo foi pequeno para a quantidade de conhecimento abordado e para a realização de avaliações periódicas e atividades pautadas nessas avaliações. Durante todo o curso procuramos avaliar constantemente as idéias dos alunos e utilizar o resultado das avaliações na preparação das atividades, mas percebemos que o tempo estimado foi pequeno para a retomada de certas avaliações em aulas seguintes e para o desenvolvimento de todos os conteúdos objetivados. Em certas ocasiões o desenvolvimento de atividades direcionadas para abordar determinado assunto foi priorizado em relação ao desenvolvimento de novas atividades de avaliação. Ao fim do curso identificamos novas idéias dos participantes, divergentes do conhecimento científico, e seria muito positivo que houvesse a possibilidade de novas atividades, realizadas após o término da avaliação final, de continuidade do curso.

Durante a análise dos dados identificamos algumas falhas durante a coleta de dados, que impossibilitaram aprofundar mais as idéias dos participantes. Assim, em muitos casos, apenas conseguimos formular hipóteses sobre os dados e suas relações com o referencial teórico adotado. Mesmo assim, avaliamos que foi possível estabelecer relações entre os dados da pesquisa e os referenciais teóricos, principalmente, com a teoria da formação de conceitos de Vygotski. Portanto, destacamos que a análise do desenvolvimento conceitual – e da formação de um sistema de significados – e sua

relação com resultados de pesquisas, que visem compreender as idéias de estudantes, pode ser importante para a ampliação do conhecimento pedagógico relativo ao ensino de conceitos científicos. No caso dos conceitos relacionados à teoria da evolução das espécies, essa análise parece ser fundamental, pela constatação, em tantos trabalhos (inclusive neste), da dificuldade de aprendizagem destes conceitos pelos estudantes.

Instrumento de Ensino

Como já citamos em capítulos anteriores, o instrumento de ensino assumiu um papel central na realização da intervenção de ensino em que os dados dessa pesquisa foram coletados. Durante as atividades realizadas e durante a reflexão que desenvolvemos na análise dos dados pudemos identificar algumas relações entre o instrumento de ensino e a intervenção, das quais destacaremos as que consideramos mais relevantes.

O instrumento de ensino assumiu um papel importante no diagnóstico inicial, que gerou dados sobre as idéias dos participantes antes da intervenção de ensino. O fato de que, no início da intervenção, não foram determinadas regras de utilização do instrumento e de que os próprios alunos puderam estabelecer sistemáticas de utilização foi muito positivo para que suas idéias fossem explicitadas. Os participantes puderam ilustrá-las, aplicando-as em uma nova situação, o que pôde gerar dados interessantes sobre essas idéias. A manipulação dos elementos do instrumento e a criação, pelos participantes, de regras para sua utilização puderam explicitar muitas idéias, confirmando algumas já coletadas em questionário e gerando dúvidas sobre outras, que puderam ser esclarecidas em momentos posteriores. Outra importância do instrumento que pudemos notar durante essa etapa da intervenção foi o grande envolvimento dos alunos em atividades de diagnóstico. O instrumento contribuiu gerando motivação dos alunos para essas atividades, nitidamente maior que a possibilitada pela resolução do questionário inicial, por exemplo, ou por algumas discussões iniciais, induzidas por exposições do professor e leitura de textos.

Além das atividades de diagnóstico inicial, o instrumento assumiu papel central em atividades de ensino, das quais identificamos algumas como potencialmente relevantes para figurarem nestas conclusões.

O instrumento colaborou na etapa Desenvolvimento, de forma convergente à que descrevemos para a Avaliação Diagnóstica, no levantamento das idéias dos participantes ao longo do processo de ensino. Dois dos aspectos do trabalho de ensino desenvolvido na intervenção foram muito facilitados pela participação do instrumento: a formação de grupos de trabalho e a geração de discussões entre os membros dos grupos. A maioria das sistemáticas realizadas com o instrumento requeria que os participantes trabalhassem em grupo, o que foi encarado de forma natural e facilitou muita a proposição deste tipo de organização, que consideramos importante no processo de aprendizagem. Em uma situação Vanessa pediu para trabalhar sozinha, alegando não estar se sentindo bem e preferia, naquele dia, ficar sozinha. Esta foi a única situação durante a intervenção em que houve desconforto manifesto de um dos participantes em trabalhar em grupo.

Outra relação que identificamos como importante foi o estabelecimento de regras para a utilização do instrumento e o desenvolvimento das idéias dos estudantes. Esta questão é complexa e mereceria um estudo específico, para que todas as relações fossem esclarecidas. Trabalhos como Ferreira *et al.* (2000) e França & Martins (2000) apontam para a importância da utilização de jogos no ensino de conceitos das Ciências Biológicas e, inclusive, na formação de professores, principalmente por sua relação com o estabelecimento e cumprimento de regras. Em nossa reflexão gostaríamos de, apenas em termos de conjecturas, destacar que pudemos notar o papel das regras na geração de discussões e de situações favoráveis à aprendizagem dos alunos na intervenção desenvolvida. Um exemplo claro do papel assumido pelas regras em nosso trabalho foi a sistemática de geração da variação no instrumento, a utilização de uma roleta. Essa sistemática foi muito positiva para explicitar as idéias dos participantes e para gerar situações que consideramos propícias à aprendizagem, muitas das quais eles demonstraram-se contra esta regra. Os participantes estavam realizando uma ação (geração aleatória da variação) que era convergente ao conhecimento científico, mas que era fundamentalmente diferente de suas idéias sobre este processo, a geração da variação. Estas atividades geraram muitas discussões, compartilhamento e troca de idéias, e foi possível demonstrar a possibilidade e viabilidade, nas simulações com o instrumento, deste conceito científico. Essa sistemática envolveu os participantes em uma situação em que era demonstrada a viabilidade da idéia de que mesmo com geração

aleatória da variação há possibilidade de sucesso evolutivo das populações simuladas. Foi possível, a partir dessa situação, procurar relacionar esse conceito e situações fora do contexto do instrumento, no intuito de generalizar essas idéias, fundamental no desenvolvimento do conceito. Mas, ao fim da intervenção, percebemos que a aprendizagem significativa deste conhecimento não foi completa e percebemos também que a concretização das idéias dos participantes, nas atividades com o instrumento, pode ter sido divergente do conhecimento científico objeto de ensino. Portanto, é importante ressaltar que o instrumento favoreceu algumas situações de aprendizagem, mas também esteve relacionado com dificuldades no processo de ensino.

Outro problema identificado foi na relação entre seleção natural e mudança ambiental sugerida por algumas sistemáticas desenvolvidas com o instrumento, o que já apontamos em outro capítulo. Há uma sistemática realizada com o instrumento na qual, após uma mudança ambiental, o tamanho das sub-populações é conferido na tabela e reajustado, podendo: aumentar; se manter igual; diminuir; diminuir tanto que gere a extinção da sub-população. Nessa sistemática há representação da seleção natural agindo sobre a proporção de indivíduos portadores de certas características em um ambiente. Essa relação simulada é muito abstrata e deve ser tratada com toda atenção, pois pode conduzir a idéias como as apresentadas por alguns participantes, de que o ambiente é um tipo de “entidade” que seleciona os indivíduos ou o estabelecimento direto de relação entre tamanho populacional e surgimento de variações favoráveis. O trabalho que desenvolvemos na intervenção com a intenção de superar estas dificuldades não foi suficiente, o que nos mostrou a importância de considerar e enfrentar esta problemática por meio de atividades mais efetivas.

Com relação à geração de discussões, a presença do instrumento foi muito positiva. Na maioria das situações em que o professor introduziu alguma discussão ou que esta foi gerada por perguntas de algum participante as discussões não contaram com a participação de tantos nem com a mesma motivação quando comparadas com as situações em que a discussão surgia, naturalmente, dentro de uma atividade com o instrumento. O surgimento mais natural da questão discutida, a partir de uma situação concreta e vivenciada pelos próprios participantes no manuseio do instrumento, parece ser responsável pelo envolvimento destes nessas discussões. Os assuntos discutidos sempre eram temas relativos à teoria da evolução das espécies e sua relação com o

instrumento e com dúvidas dos participantes. O instrumento mostrou-se positivo na geração de motivação dos participantes para muitas atividades realizadas durante a intervenção. Os participantes mostraram-se muito envolvidos afetivamente com as populações (Tupec e Iscan Nam) e mesmo após várias aulas utilizando o instrumento não apresentaram desconforto e nem perderam o interesse em trabalhar com o material. Ao contrário, os alunos, em uma confraternização que realizamos após o fim do curso, pediram para que levássemos o instrumento e gravaram um “comercial” que, segundo eles, poderia ajudar a vender o instrumento para alguma loja de brinquedos. Acreditamos que essa motivação seja um aspecto importante e que não pode ser ignorado como resultado positivo de se trabalhar com um material como esse.

O instrumento também colaborou na proposição e desenvolvimento de atividades que articulavam conceitos científicos e operações de pensamento. As sistemáticas realizadas com o instrumento permitiram uma diversidade de atividades, em que conceitos científicos foram abordados em concomitância à realização de “operações de pensamento”.

A forma de condução, pelo professor, das atividades com o instrumento é fundamental para a caracterização destas atividades. Percebemos que utilizamos o instrumento de uma forma e que poderíamos, durante a elaboração das atividades, proceder de forma muito diferente. O instrumento é muito maleável com relação à sua utilização e as regras que utilizamos podem não ser, necessariamente, as que utilizarão outros profissionais. Além disso, a forma de condução das atividades é fundamental para a caracterização de um tipo de trabalho com o instrumento. Por exemplo, a formulação de questões direcionadoras do trabalho dos participantes e a formulação de questões intermediárias, que iam mediando a relação entre o conhecimento científico e as idéias destes estudantes. A utilização desta sistemática foi uma decisão nossa e pode não ser a mesma que tomará outro professor, baseado em suas concepções teórico/metodológicas, assim como teoriza Mazzeu, s/d.

Acreditamos que a utilização do instrumento tenha sido positiva no desenvolvimento da intervenção, colaborando no processo de aprendizagem dos alunos. Mas, esta conclusão não ignora as problemáticas levantadas sobre as dificuldades de aprendizagem relacionadas ao instrumento. Acreditamos que um estudo mais aprofundado sobre esse tema deve trazer resultados convergentes aos de trabalhos que

mostram a importância e potencialidades desse tipo de material didático no ensino de conceitos científicos e possivelmente, sugestões para superar as problemáticas encontradas.

Operações de pensamento

Como já descrevemos em capítulos anteriores, a intervenção de ensino teve como objetivo de ensino, além do conhecimento científico, estimular e desenvolver o raciocínio dos participantes. Não estabelecemos nesse trabalho, procedimentos de análise que relacionem a aprendizagem dos alunos dos conceitos científicos abordados às atividades que visaram, de forma concomitante a essa aprendizagem, estimular o raciocínio dos alunos. Mas, acreditamos que a consideração em conjunto de idéias e pensamento dos alunos seja convergente aos referenciais teóricos aqui descritos e que pode colaborar com o processo de aprendizagem de conceitos científicos. Durante a intervenção percebemos a possibilidade de desenvolver atividades que articulassem ambos objetivos de ensino e acreditamos que futuros trabalhos, inclusive a partir dos dados que coletamos, possam contribuir na ampliação desse aspecto importante da aprendizagem de conceitos científicos.

Finalizando, esperamos que nosso trabalho possa contribuir para a ampliação da discussão sobre a aprendizagem de conceitos científicos junto a outros trabalhos, que se dediquem ao estudo da aprendizagem destes conceitos e, principalmente, daqueles relacionados à teoria da evolução das espécies, centrais para as Ciências Biológicas.

BIBLIOGRAFIA

- AULT Jr., C.; NOVAK, J. D. & GOWIN, B. (1984) Constructing vee maps for clinical interviews on molecular concepts. *Science Education*, 68 (4), 441-462.
- BISHOP, B. A. & ANDERSON, C. W. (1985) *Evolution by natural selection: A teaching module* (Ocasional paper No. 91). East Lansing, MI: Institute for Research on Teaching, Michigan State University.
- BISHOP, B. A. & ANDERSON, C. W. (1990) Studentes conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of research in science teaching*, 27 (5), 415-427.
- BIZZO, Nélío (1996) *O ensino de evolução*. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação/Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BRUMBY, M. N. (1984) Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68 (4), 493-503.
- DARWIN, C. (1979) *A origem das espécies*. São Paulo: Hemus Livraria Editora.
- DEADMAN, J. A. & KELLY, P. J. (1978) What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of biological education*, 12, 7-15.
- DEMASTES, S. S.; SETTLAGE Jr., J. & GOOD, R. G. (1995) Student's conceptions of natural selection and it's role in Evolution: cases of replication and comparison. *Journal of research in science teaching*, 32 (5), 535-550.
- DEMASTES, S. S.; GOOD, R. G. & PEEBLES, P. (1996) Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of research in science teaching*, 33 (4), 407-431.
- FERRARI, M. & CHI, T.H. (1998) The nature of naive explanation of natural selection. *International journal of science education*, 20, (10), 1231-1256.
- FERREIRA, M. A., OLIVEIRA, N. L., AMORIM, M. A. L. & TERRAZZAN, E. A. (2000). *O jogo didático como potencializador da formação dos professores de ciências biológicas*. Coletânea de trabalhos do VI Encontro "Perpectivas do Ensino de Biologia" . Instituto de Biociências, USP, São Paulo.

- FRANÇA, G. S. & MARTINS, C. M. C. (2000). *O jogo como recurso na compreensão dos termos botânicos e das relações do vegetal com o ambiente*. Coletânea de trabalhos do VI Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia” . Instituto de Biociências, USP, São Paulo.
- FREEMAN, J. M. (1995) *Evolutionary analysis*. New York City: Ed. Pearson.
- FUTUYMA, D. (1987) *Biologia evolutiva*. São Paulo: Ed. Saraiva.
- GIORDAN, A. & VECCHI. (1996) *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre: Artes médicas.
- GUARÁ, Isa Maria F. Rosa. Ciência, educação e inclusão social. In: Matos, Cauê (org.). *Ciência e inclusão social*. São Paulo: Terceira Margem, 2002. p. 83-90.
- LAWSON, A. E. & THOMPSON, L. D. (1988) Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of research in science teaching*, 25 (9), 733-743.
- LAWSON, A., E. & WESER, J. (1990) The rejection of nonbeliefs about life: effects of instruction and reasoning skills. *Journal of research in science teaching*, 27 (6), 589-606.
- MAZZEU, F. J. C. “A produção e o uso de materiais didáticos: algumas considerações” (não publicado).
- MENDES, J. C. (1992) *Paleontologia básica*. São Paulo, EDUSP.
- PERDIGÃO, A. L. R. V. (2000) *Concepções prévias sobre sensações térmicas e controle de temperatura corpórea: analisando o processo de investigação*. Tese de doutorado. Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- PETROVSKI, A. (1980) *Psicologia general*. Madri: Editorial Progresso.
- POPP, J. H. (1984) *Geologia geral*. Rio de Janeiro: Ed. Livros Técnicos e Científicos.
- SANTOS, S. C. & BIZZO, N. M. V. (2000). *Como os estudantes entendem a evolução biológica?* Coletânea de trabalhos do VI Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia” . Instituto de Biociências, USP, São Paulo.

- RATHS, L. E.; ROTHSTEIN, A. M.; JONAS, A.; WASSERMANN, S. (1977) *Ensinar a pensar*. São Paulo, E.P.U.
- VLAARDINGERBROEK, B. & ROEDERER, C. J. (1997) Evolution Education in Papua New Guinea: trainee teachers' views. *Educational Studies*, 23 (3), 363-375.
- VYGOTSKI, L. S. (1993) *Obras escogidas, tomo II*. Madri: Visor e MEC.
- ZOUBEIDA, R. D. & BOUJAOUDE, S. (1997) Scientific views and religious beliefs of college students: the case of biological evolution. *Journal of research in science teaching*, 34 (5), pp. 429-445.

ANEXOS

ANEXO 1

1 – Em uma espécie de patos (selvagens) os indivíduos voam muito bem. Em outra espécie de patos (domésticos) os indivíduos são incapazes de voar. Comparando o peso dos ossos das duas aves nota-se que os ossos das pernas do pato doméstico são mais pesados e os das asas são mais leves do que os do pato selvagem.

Atenção: Assinale com um círculo 1 se a afirmação da ESQUERDA estiver correta , 5 se a afirmativa da DIREITA estiver correta e 3 se AMBAS estiverem certas.

Devido ao fato de usarem pouco as asas e muito as pernas, os patos da espécie doméstica fortaleceram os ossos das patas e estão (a cada geração) enfraquecendo os ossos das asas.

Os patos domésticos têm ossos mais pesados nas pernas devido a variações acidentais que apareceram no passado. O mesmo pode ser dito dos ossos das asas destes animais.

1 3 5

Justifique sua resposta: _____

2 – As chitas (felinos africanos caçadores) conseguem atingir velocidades de até 100 km/h quando estão correndo atrás de presas. Como você acha que um biólogo explicaria a evolução dessa habilidade nesse animal, supondo que eles descendem de ancestrais que podiam correr apenas até 30 km/h?

Atenção: Assinale com um círculo 1 se a afirmação da ESQUERDA estiver correta , 5 se a afirmativa da DIREITA estiver correta e 3 se AMBAS estiverem certas.

Com o tempo a maioria das chitas foi desenvolvendo os músculos e ossos, o que foi possibilitando alcançar velocidades cada vez maiores. Seus descendentes foram conseguindo elevar estas velocidades.

Ao longo do tempo apareceram, por acaso, algumas chitas que conseguiam caçar melhor, se alimentar melhor e ter mais descendentes do que os animais mais lentos.

1 3 5

Justifique sua resposta: _____

3 – Em algumas cavernas completamente escuras existem riachos onde são encontrados peixes que possuem olhos não funcionais. São os chamados bagres-cegos. Para você, como estes animais podem ter se originado?

4 – Em certas culturas existe o hábito de circuncizar os meninos assim que nascem. A cirurgia consiste em retirar uma pequena porção de pele do pênis. Esse hábito existe há 3000 anos entre os judeus. Alguns médicos relataram o nascimento de bebês judeus sem aquela porção de pele, o que praticamente dispensava a circuncisão. Como você explicaria o nascimento destas crianças sem a porção de pele?

5 – Explique, se possível usando alguns exemplos das questões anteriores, como um ser vivo pode se adaptar ao seu meio ambiente.

ANEXO 2

Tartarugas Marinhas

As tartarugas marinhas existem há mais de 150 milhões de anos e conseguiram sobreviver a todas as mudanças do planeta. Mas sua origem foi na terra e, na sua aventura para o mar, evoluíram, diferenciando-se de outros répteis. O número de suas vértebras diminuiu e as que restaram se fundiram às costelas, formando uma carapaça resistente, embora leve. Perderam os dentes, desenvolveram uma espécie de bico e suas patas se modificaram, sendo eficientes nadadeiras.

Existem sete espécies de tartarugas marinhas, agrupadas em duas famílias – a das Dermochelyidae e a das Cheloniidae. Dessas, cinco são encontradas no Brasil.

As tartarugas não são animais de cérebro desenvolvido, mas têm extremamente desenvolvidos a visão, o olfato e a audição, além de uma fantástica capacidade de orientação. Isso faz com que, mesmo vivendo dispersas na imensidão dos mares, saibam o momento e o local da reunião para reprodução. Nessa época, realizam viagens transcontinentais para voltar às praias onde nasceram para desovar.

Os pesquisadores ainda não sabem explicar muito bem esse fantástico senso de orientação. Sabe-se, porém, que o ciclo de reprodução das tartarugas pode se repetir em intervalos de um, dois ou três anos, variando conforme a espécie e condições ambientais, especialmente a distância entre as áreas de alimentação e reprodução.

O acasalamento ocorre no mar, em águas profundas ou costeiras. A fêmea escolhe um entre vários machos e o namoro começa com algumas mordidas no pescoço. A cópula dura várias horas, a fecundação é interna e uma fêmea pode ser fecundada por vários machos. Uma mesma fêmea pode realizar de três a cinco desovas por temporada, com intervalos médios de 10 a 15 dias, cada uma com 130 ovos em média.

Ao desovar as fêmeas procuram praias desertas - no Brasil entre setembro e março no continente, e entre dezembro e maio nas ilhas oceânicas - e esperam o anoitecer, porque o calor da areia, durante o dia, prejudica a postura e a escuridão as protege de vários obstáculos.

Quando a noite vem, as tartarugas escolhem um trecho da praia livre da ação das marés e com as nadadeiras anteriores escavam um grande buraco redondo, de mais ou menos dois metros de diâmetro - a "cama", onde vão se alojar para iniciar a confecção do ninho. Elas podem fazer várias "camas", até escolherem uma para pôr os ovos. Qualquer barulho ou movimentação estranha podem assustá-las.

É comum pesquisadores encontrarem na areia rastros em formato de meia-lua que indicam que a tartaruga voltou ao mar sem efetuar a desova. Feita a "cama", elas constroem, com as nadadeiras posteriores, um outro buraco para o ninho, que tem cerca de meio metro de profundidade e se parece com uma garrafa enterrada na areia, com uma boca que vai se alargando para o fundo. Aí ela coloca os ovos, redondos e brancos, parecidos com bolas de pingue-pongue. Os ovos ficam bem protegidos, recobertos por uma espécie de muco e pela areia com que a tartaruga cobre o ninho.

Em cada postura uma tartaruga coloca em média 130 ovos, mas os pesquisadores do Tamar já registraram ninhos com apenas 16 e até com 240 ovos.

Depois da postura a tartaruga-mãe volta para o mar e entre 45 e 60 dias após a desova, as tartaruginhas rasgam o ovo e iniciam a subida dos cerca de 50 centímetros de areia. Uma vai ajudando a outra até alcançarem a superfície da praia e correm para o mar.

De cada mil tartarugas nascidas, apenas uma ou duas vão chegar à idade adulta.

O sexo dos filhotes é determinado pela temperatura da areia. Quanto mais quente produz fêmeas e quanto mais frio produz machos.

Perguntas texto das Tartarugas Marinhas

De cada mil tartarugas nascidas, apenas uma ou duas chegam a idade adulta. Crie uma hipótese para explicar o que pode causar a diferença entre as taxas de sobrevivência e reprodução que encontramos na natureza para as tartarugas marinhas.

As tartarugas recém nascidas sempre se locomovem em direção da luz, que nas praias desertas e sem cidades próximas é a direção do mar iluminado pela lua. Com a iluminação da praias e cidades próximas às praias, as tartaruguinhas se locomovem na direção errada e morrem na areia. Será possível que, ao longo do tempo, as tartarugas que nasçam não se orientem mais para a para a luz das cidades, não morrendo mais por este problema? Como isto poderia ocorrer.

As redes de pesca acabam prendendo muitas tartaruguinhas, que ficam presas e podem acabar desmaiando por falta de ar. Quando as redes são puxadas as tartarugas são devolvidas ao mar, sendo que as que estão desmaiadas morrem afogadas quando devolvidas à água. O que se espera que aconteça com a capacidade de manter-se sem subir para pegar ar das tartarugas no futuro? Por quê?

As tartarugas velhas, que já não se reproduzem mais, podem ter uma doença genética que afeta os cascos e que acaba matando a tartaruga em pouco tempo. Ao longo de milhares de anos de evolução, esta doença poderá desaparecer devido à eliminação dos indivíduos que tem os genes para esta doença? Por quê?

ANEXO 4

Aula 14 - Curso de Evolução

1 - Descreva qual é a importância da variabilidade (diversidade) intraespecífica (entre indivíduos de uma mesma espécie) no processo de evolução.

2 - Demonstre com o instrumento a importância da variabilidade intraespecífica no processo evolutivo.

3 - "Novas espécies são formadas a partir de grupos ancestrais, pelo acúmulo de características geneticamente determinadas das quais muitas são vantajosas em determinado ambiente". Como você provaria esta afirmação utilizando o instrumento?

4 - O que é, para você, seleção natural? O instrumento a evidencia? Se sim, como?

5 - Quais mecanismos fazem com que uma sub-população tenha aumento de seu número de indivíduos e quais fazem com que ela se mantenha com o mesmo número (estável)?

6 - A tabela mostra dois tipos de processos:

Evento (Jogo de basquete)	Equilíbrio (Difusão)
Ações distintas	Ações uniformes
Começo e fim	Em processo
Seqüencial	Simultaneidade
Contingência e causalidade	Independência e aleatoriedade
Direcionado por um objetivo	Efeito de rede
Em etapas	Contínuo

Para você, em qual dos dois tipos de processos se encaixa a evolução? Por quê?

ANEXO 5

1 – As lontras são mamíferos que vivem em ambientes com a presença de corpos d'água (rios, lagos) e são muito bons nadadores. Um dos motivos principais desta habilidade das lontras é que seus dedos são unidos por uma membrana, que dá às patas da lontra uma aparência semelhante aos pés-de-pato, só que com pêlos. Sabemos que o ancestral das lontras vivia apenas perto de ambientes aquáticos e que não tinha a membrana entre os dedos. Podemos explicar a evolução deste caractere nas lontras dizendo:

Atenção: Assinale com um círculo 1 se a afirmação da sua ESQUERDA estiver correta, 5 se a afirmação da sua DIREITA estiver correta ou 3 se AMBAS estiverem corretas.

que o ancestral das lontras foi pressionado a viver nos corpos d'água e por esta necessidade ambiental desenvolveu, através de mutações genéticas, membranas entre os dedos, o que lhe foi positivo e o ajudou a se adaptar a este ambiente.

que o ancestral das lontras sofreu variações acidentais de sua anatomia, e estas deram origem a membrana entre os dedos, o que possibilitou aos indivíduos que tinham esta variação um sucesso no ambiente aquático.

1 3 5

Justifique sua resposta: _____

2 – A doença de Huntington é uma degeneração incurável do sistema nervoso causada por fatores genéticos e que leva à morte o portador do gene para a doença. Os efeitos da doença só são sentidos após trinta ou quarenta anos de vida, tempo em que o portador da doença provavelmente já teve filhos. Os filhos dos portadores do gene têm uma chance de 50% em receberem o gene e desenvolverem também a doença.

Você espera que, naturalmente, a doença de Huntington:

Atenção: Assinale com um círculo 1 se a afirmação da sua ESQUERDA estiver correta, 5 se a afirmação da sua DIREITA estiver correta ou 3 se se AMBAS estiverem corretas.

Desapareça das populações humanas pelo efeito da seleção natural sobre os genes que determinam a doença.

Continue na mesma proporção nas populações humanas pela impossibilidade de seleção natural sobre esta doença.

1 3 5

Justifique sua resposta: _____

3 - Num laboratório, um pesquisador desenvolveu uma pequena população de plantas geneticamente iguais, isto é, eram clones de uma mesma planta. Portanto, todas as características físicas de uma planta eram iguais as de qualquer outra planta do laboratório. Todas as plantas tinham cascas finas e frágeis contra parasitas. Se estas plantas fossem plantadas em outro ambiente com muitos parasitas, estas plantas iriam evoluir durante o tempo? Explique suas resposta o mais explicitamente possível.

4 - Um cientista fez o seguinte experimento: alimentou uma pequena população de ratos do laboratório com muita proteína. Como consequência em poucas semanas os ratos desenvolveram fortes músculos e se tornaram muito ativos. Imagine que o pesquisador mantivesse a alimentação com muita proteína por muitas gerações de ratinhos filhos dos ratos da população inicial. Como seriam os ratos nascidos depois de muitas gerações, com relação à musculatura e atividade, se comparados aos da primeira geração de ratos do laboratório? Explique suas resposta o mais explicitamente possível.

5 – Nas florestas do Panamá existe uma espécie de borboleta chamada *Anartia fatima*. Nesta espécie de borboleta há uma variação de cores e são encontradas borboletas de asas listadas (muito chamativas à nossa atenção) e de asas com uma cor só. Borboletas listadas e de uma cor são atacadas por pássaros predadores com a mesma frequência, isto é, ambos tipos de borboletas sobrevivem igualmente. Você acha que os padrões de asas das borboletas vão evoluir devido a predação? Explique suas resposta o mais explicitamente possível.