



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

José Afonso de Menezes Júnior

**Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de árvores
filogenéticas no ensino médio empregando modelos tridimensionais**

Rio de Janeiro

2022

José Afonso de Menezes Júnior

Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de árvores filogenéticas no ensino médio empregando modelos tridimensionais

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia, em Rede Nacional, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof.^a Dra. Jaqueline Gusmão da Silva

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CB-A

M543 Menezes Júnior, José Afonso de.

Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de árvores filogenéticas no ensino médio empregando modelos tridimensionais / José Afonso de Menezes Júnior. – 2022.

130 f.

Orientadora: Prof.^a Dra. Jaqueline Gusmão da Silva

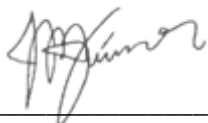
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. Pós-graduação em Ensino de Biologia.

1. Biologia (Segundo grau) – Estudo e ensino – Teses. 2. Filogenia – Teses. 3. Modelos tridimensionais – Educação – Teses. 4. Biologia – Métodos de ensino – Teses. I. Silva, Jaqueline Gusmão da. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 575.86:37

Bibliotecário: Felipe Caldonazzo
CRB7/7341

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.



Assinatura

Data

José Afonso de Menezes Júnior

Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de árvores filogenéticas no ensino médio empregando modelos tridimensionais

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia, em Rede Nacional, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 29 de agosto de 2022.

Banca Examinadora: :



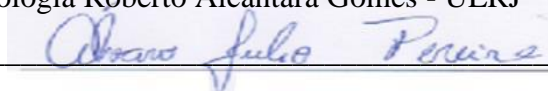
Prof.ª Dra. Jaqueline Gusmão da Silva (Orientadora)

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ



Prof.ª Dra. Andréa Espinola de Siqueira

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ



Prof. Dr. Álvaro Julio Pereira

Universidade Estadual do Ceará

Rio de Janeiro

2022

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à toda minha família como agradecimento a todo o apoio dado na construção de minha carreira desde minha graduação até a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me conceder o dom da vida e a saúde para poder estudar, trabalhar, desenvolver e trilhar os caminhos que escolho.

À minha família, que sempre me apoiou e contribuiu para que eu seguisse em meus caminhos, oferecendo todo o suporte de que preciso para alcançar meus objetivos.

À minha orientadora Dra. Jaqueline Gusmão, que sempre me recebeu de maneira cordial, receptiva e propositiva, esbalecendo sempre um ambiente de diálogo e ensino respeitoso e acolhedor.

À Marina Silva Figueira de Paula, que elaborou as ilustrações das joaninhas e da tabela de lista de características, necessárias para a execução dessa pesquisa.

Ao programa de mestrado PROFBIO, cujo modelo semi-presencial me permitiu conciliar a minha residência distante do pólo físico com o andamento de todo o curso e que propiciou um crescimento muito grande em minha vida acadêmica e profissional.

À toda a turma de 2020 do PROFBIO UERJ pelo apoio mútuo e amizade durante todo o período do programa, em especial quando atravessamos o momento peculiar da pandemia do COVID-19.

Aos meus alunos, que se voluntariaram de forma gentil e respeitosa para participarem de todas as etapas dessa pesquisa, além de servirem como motivação para o prosseguimento do trabalho.

À direção e coordenação da escola onde esta pesquisa ocorreu, por todo apoio e prestatividade dispensados para que todo o processo pudesse ocorrer da melhor forma possível.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Enfim, meu mais sincero e profundo agradecimento a todos esses membros citados, por contribuírem para que esse sonho pudesse se concretizar. Muito obrigado a todos!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O principal objetivo da educação é criar pessoas capazes de fazer coisas novas e não simplesmente repetir o que outras gerações fizeram.

Jean William Fritz Piaget

RESUMO

MENEZES JÚNIOR, José Afonso de. **Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de árvores filogenéticas no ensino médio empregando modelos tridimensionais**. 2022. 130 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Os conteúdos de filogenética no Ensino Médio não são trabalhados de forma explícita na disciplina de Biologia. Isso se deve a inúmeros fatores, como a própria organização dos conteúdos nos livros didáticos, que trazem as diferentes áreas do conhecimento na biologia de forma compartimentada e sem demonstrar relações entre si, como também a dificuldade que os próprios docentes possuem em dominar esses conceitos, como analisar e interpretar uma árvore filogenética corretamente. O uso de modelos tridimensionais, na educação, demonstra ser uma ferramenta valiosa por colaborar para a compreensão dos conteúdos, bem como para deixar o momento da aula mais prazeroso para os discentes. Nesta pesquisa, foi desenvolvida uma sequência didática para o uso de um modelo tridimensional com enfoque no protagonismo do aluno para que ele possa construir o conhecimento, de forma investigativa, de como se interpreta uma árvore filogenética. A pesquisa ocorreu em uma escola pública da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro, no município de Resende com 57 alunos do primeiro ano do ensino médio do ano de 2021. Os alunos responderam um questionário sobre sistemática filogenética após uma aula expositiva e o mesmo questionário após uma aula prática com o modelo didático tridimensional proposto. Foi utilizada uma metodologia para aferir o ganho normalizado de aprendizagem após a aula prática e os resultados obtidos indicaram que o uso do modelo didático tridimensional para construção de uma árvore filogenética favoreceram o processo de ensino-aprendizagem sobre esse conteúdo. Além disso, com a análise qualitativa dos questionários respondidos pelos alunos após a aula prática, pode-se confirmar que o uso dessa sequência didática tornou o ambiente da sala de aula mais agradável e facilitador do processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de Biologia. Árvore filogenética. Modelo didático tridimensional.

Ensino por investigação.

ABSTRACT

MENEZES JÚNIOR, José Afonso de. **Development of a didactic sequence for the construction of phylogenetic trees in high school using three-dimensional models.** 2022. 130 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

The contents of phylogenetics in High School are not dealt with explicitly in the discipline of Biology. This is due to numerous factors, such as the very organization of contents in textbooks, which bring the different areas of knowledge in biology in a compartmentalized way and without demonstrating relationships between them, as well as the difficulty that teachers themselves have in mastering these concepts, how to analyze and interpret a phylogenetic tree correctly. The use of three-dimensional models in education proves to be a valuable tool for helping to understand the contents, as well as to make the class moment more pleasant for students. In this research, a didactic sequence was developed for the use of a three-dimensional model with a focus on student protagonism so that he can build knowledge, in an investigative way, of how a phylogenetic tree is interpreted. The research took place in a public school of the state education network of Rio de Janeiro, in the municipality of Resende with 57 students from the first year of high school in the year 2021. The students answered a questionnaire on phylogenetic systematics after a lecture and the same questionnaire after a practical class with the proposed three-dimensional didactic model. A methodology was used to measure the normalized learning gain after the practical class and the results obtained indicated that the use of the three-dimensional didactic model to build a phylogenetic tree favored the teaching-learning process on this content. In addition, with the qualitative analysis of the questionnaires answered by the students after the practical class, it can be confirmed that the use of this didactic sequence made the classroom environment more pleasant and facilitated the teaching-learning process.

Keywords: Biology Teaching. Phylogenetic tree. Three-dimensional didactic model. Inquiry-based Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Página da Questão 9 do Exame Discursivo da Segunda Fase do Vestibular UERJ 2019.....	27
Figura 2 –	Realização de aula expositiva sobre Filogenética	29
Figura 3 –	Desenhos para recortar e montar a árvore filogenética	32
Figura 4 –	Lista de características para recortar e montar a árvore filogenética	32
Figura 5 –	Estrutura da árvore filogenética para mostrar aos alunos.....	33
Figura 6 –	Árvore filogenética completa	33
Figura 7 –	Alunos separando as peças e características para usarem na construção da árvore filogenética tridimensional	41
Figura 8 –	Modelos de árvores filogenéticas construídas pelos alunos	42
Figura 9 –	Modelos de árvores filogenéticas construídas pelos alunos acrescentando os seres fictícios	43
Figura 10–	Modelo de árvore filogenética completa construída pelos alunos	44
Figura 11–	Modelo de árvore filogenética completa construída pelos alunos	45
Figura 12–	Modelo de árvore filogenética completa construída pelos alunos com o ramo terminal invertido	48
Figura 13–	Modelo de árvore filogenética completa de organismos reais construída pelos alunos	49
Figura 14–	Modelo de árvore filogenética completa de organismos reais construída pelos alunos	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Resultado do Vestibular UERJ 2019 – Segunda fase – Questão 09 do Exame Discursivo	37
Tabela 2 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva....	38
Tabela 3 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1003	39
Tabela 4 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1004	39
Tabela 5 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1005	39
Tabela 6 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1006	40
Tabela 7 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos participantes de todas as turmas	40
Tabela 8 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1003 após a aula prática	51
Tabela 9 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1004 após a aula prática	52
Tabela 10 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1005 após a aula prática	52
Tabela 11 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1006 após a aula prática	52
Tabela 12 –	Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos participantes de todas as turmas após a aula prática	53
Tabela 13 –	Respostas dos alunos da turma 1003 para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	54
Tabela 14 –	Respostas dos alunos da turma 1003 para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	55
Tabela 15 –	Respostas dos alunos da turma 1003 para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	55
Tabela 16 –	Respostas dos alunos da turma 1003 para a quarta pergunta do questionário	

estruturado do Apêndice F	55
Tabela 17 – Respostas dos alunos da turma 1004 para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	56
Tabela 18 – Respostas dos alunos da turma 1004 para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	55
Tabela 19 – Respostas dos alunos da turma 1004 para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	57
Tabela 20 – Respostas dos alunos da turma 1004 para a quarta pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	57
Tabela 21 – Respostas dos alunos da turma 1005 para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	57
Tabela 22 – Respostas dos alunos da turma 1005 para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	57
Tabela 23 – Respostas dos alunos da turma 1005 para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	58
Tabela 24 – Respostas dos alunos da turma 1005 para a quarta pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	58
Tabela 25 – Respostas dos alunos da turma 1006 para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	59
Tabela 26 – Respostas dos alunos da turma 1006 para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	59
Tabela 27 – Respostas dos alunos da turma 1006 para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	59
Tabela 28 – Respostas dos alunos da turma 1006 para a quarta pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	60
Tabela 29 – Respostas dos alunos das quatro turmas juntas para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	60
Tabela 30 – Respostas dos alunos das quatro turmas juntas para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	61
Tabela 31 – Respostas dos alunos das quatro turmas juntas para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	61
Tabela 32 – Respostas dos alunos das quatro turmas juntas para a quarta pergunta do questionário estruturado do Apêndice F	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
FCM/UERJ	Faculdade de Ciências Médicas da Universidade do Estado do Rio de Janeiro
CEP	Comitê de ética e pesquisa
CM	Currículo Mínimo
DESEA	Departamento de Seleção Acadêmica da Uerj
IBRAG	Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes
PCN	Parâmetro Curricular Nacional
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
PROFBIO	Programa de Mestrado Profissional em Ensino Médio
TALE	Termo de assentimento livre e esclarecido
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	15
1	REVISÃO DA LITERATURA	18
1.1	Ensino de Genética e Evolução na Base Nacional Comum Curricular	18
1.2	Sistemática Filogenética e Árvores Filogenéticas	19
1.3	Ensino de Genética e Evolução nas escolas	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
3	OBJETIVOS	25
3.1	Objetivo geral	25
3.2	Objetivos específicos	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	Caracterização do problema	27
4.2	Aspectos éticos da pesquisa	28
4.3	Caracterização dos participantes da pesquisa	28
4.4	Aula expositiva	29
4.5	Início da sequência didática	30
4.5.1	<u>Aula prática com árvore filogenética de seres fictícios</u>	30
4.5.1.1	Roteiro da aula prática com árvore filogenética de seres fictícios	31
4.5.2	<u>Aula prática com árvore filogenética pesquisada pelos alunos</u>	34
4.6	Avaliação da sequência didática	34
4.6.1	<u>Avaliação qualitativa da sequência didática</u>	35
4.6.2	<u>Avaliação quantitativa da sequência didática</u>	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Análise das provas discursivas do vestibular da UERJ 2019	37
5.2	Análise dos questionários após a aula expositiva sobre árvores filogenéticas	38
5.3	Análise da primeira parte da aula prática: montando árvore filogenética tridimensional de um grupo de seres vivos fictícios	41
5.4	Análise da segunda parte da aula prática: montando árvore filogenética tridimensional de um grupo de seres vivos escolhido pesquisado por cada grupo	48

5.5	Análise dos questionários após a aula prática sobre árvores filogenéticas com o modelo didático tridimensional	51
5.6	Análise quantitativa do resultado dos questionários e cálculo do ganho normalizado de aprendizagem	53
5.7	Resultados dos questionários estruturados na escala Likert após a aula prática	54
5.7.1	<u>Resultados do questionário estruturado da turma 1003</u>	54
5.7.2	<u>Resultados do questionário estruturado da turma 1004</u>	56
5.7.3	<u>Resultados do questionário estruturado da turma 1005</u>	57
5.7.4	<u>Resultados do questionário estruturado da turma 1006</u>	59
5.7.5	<u>Resultados do questionário estruturado de todas as quatro turmas juntas</u>	60
5.8	Análise qualitativa resultados dos questionários estruturados na escala Likert após a aula prática	62
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICE A - Autorização da escola para realização da pesquisa	69
	APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido para os responsáveis	70
	APÊNDICE C - Termo de assentimento livre e esclarecido para os alunos menores de idade	73
	APÊNDICE D - Termo de consentimento livre e esclarecido para alunos maiores de idade	76
	APÊNDICE E - Questionário discursivo de coleta de dados após a aula expositiva e após a aula prática de construção das árvores filogenéticas	79
	APÊNDICE F - Questionário de avaliação da sequência didática pelos alunos ..	80
	ANEXO A - Competências gerais da Educação Básica na BNCC	81
	ANEXO B - Competência específica 1 e Habilidades relacionadas da BNCC	82
	ANEXO C - Competência específica 2 e Habilidades relacionadas da BNCC	83
	ANEXO D - Competência específica 3 e Habilidades relacionadas da BNCC	84
	ANEXO E - Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da UERJ	85
	ANEXO F - Artigo submetido	89
	ANEXO G – Comprovante de submissão do artigo	105

ANEXO H – Guia didático produzido em função da pesquisa	106
--	-----

INTRODUÇÃO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) constitui um banco de normas que devem orientar os rumos da educação básica no país. Ela está estruturada no desenvolvimento de dez competências gerais para guiar o desenvolvimento das crianças e jovens em cada uma das três etapas da educação básica: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. O Ensino Médio é dividido em quatro áreas de conhecimento, sendo uma delas denominada Ciências da Natureza e suas tecnologias. Dentro dessa área de conhecimento está a disciplina de Biologia (BRASIL, 2018).

No âmbito do Estado do Rio de Janeiro, a Secretaria de Estado da Educação, elaborou um documento intitulado Currículo Mínimo, que serve como referência para todas as escolas de sua rede, onde constam as competências e habilidades que devem estar presentes nos planos de curso e nas aulas de cada disciplina, em cada um dos bimestres que compõem o ano letivo do Ensino Fundamental e Ensino Médio (RIO DE JANEIRO, 2012). No Ensino Médio, em Biologia, cada bimestre apresenta um foco temático especificando habilidades e competências a serem trabalhadas. No primeiro ano do Ensino Médio, os focos temáticos do segundo e terceiro bimestres são Transmissão da Vida e Evolução das Espécies, respectivamente. Para atender as habilidades e competências expressas nesses bimestres, são ensinados os conteúdos de genética, com relação à estrutura do material genético e hereditariedade, bem como expressão gênica e sua correlação com a evolução das espécies, através da filogenia.

Segundo Munford e Lima (2007) o ensino por investigação precisa promover um ensino mais interativo, dialógico cujas atividades permitam aos alunos não apenas aceitar passivamente, como dogmas, os conceitos e explicações científicas. Nesse contexto, o ensino por investigação já se torna uma ferramenta importante pois oportuniza o desenvolvimento de habilidades e competências elencadas tanto no Currículo Mínimo como na BNCC (RIO DE JANEIRO, 2012; BRASIL, 2018).

O conteúdo de sistemática filogenética, permite que seja feita uma abordagem comparativa dos seres vivos, o que possibilita uma compreensão da diversidade biológica bem como o estabelecimento de uma correlação entre os seres vivos que compõem essa diversidade. Enfatizar quando determinados caracteres surgiram na evolução das linhagens, porque esses caracteres são compartilhados por diferentes grupos de seres vivos, facilita o entendimento de que a evolução contínua dos seres vivos nos permite inferir topologias evolutivas a partir de

características homólogas e perceber que algumas características compartilhadas não apresentam ancestralidade comum (homoplasias), tendo surgido independentemente nas diferentes linhagens. Desse modo, essa abordagem configura uma forma mais vantajosa do que apenas memorizar todos os caracteres de cada um dos grupos taxonômicos (RODRIGUES, JUSTINA e MEGLHIORATTI, 2011).

Entretanto, este conteúdo curricular apresenta dificuldades em sua aplicação por parte dos docentes e de compreensão pelos alunos. Conforme relatado por Oliveira, Bellini e Almeida (2013), até mesmo alunos formandos de uma turma de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, apesar de conhecerem e saberem analisar um cladograma, não compreendem que ele poderia representar uma hipótese da evolução das espécies, envolvendo as noções de genética evolutiva e os estudos da biodiversidade, dependendo da maneira que seja elaborado.

Essa dificuldade em compreender a relação filogenética entre os clados é observada em alunos egressos do Ensino Médio, devido ao alto índice de erros em questões de exames de vestibular quando abordam esse tipo de conteúdo, como na segunda fase do Exame de Vestibular da UERJ em 2019, que apresentou uma questão discursiva sobre o assunto onde apenas 39,34% dos candidatos demonstrou entender o conceito de cladogramas e interpretar corretamente a relação entre os clados (Artigo em construção).

Nota-se também que até mesmo muitos dos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, aprovados pelo Ministério da Educação (MEC) e distribuídos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para as escolas públicas do país, não trazem essa relação de forma explícita em seus capítulos para o estudo dos seres vivos, trabalhando os diferentes Filos de forma isolada, como se não houvesse nenhuma relação entre eles (RODRIGUES, JUSTINA e MEGLHIORATTI, 2011).

Além disso, para melhor compreensão da relação filogenética entre os clados, faz-se necessário conhecimentos prévios do conteúdo de genética de como funciona a hereditariedade e a expressão gênica. Conhecimentos que os alunos expressam ter dificuldades em assimilar, conforme relatado por Santos (2017).

Um maior engajamento e consequente apreensão dos conteúdos das disciplinas pode ser obtido, com o uso de modelos didáticos tridimensionais, oferecendo a oportunidade de uma aula mais participativa para o aluno. Conforme relatado por Freitas et al. (2008), o uso de modelos tridimensionais associados com figuras dos livros textos para o ensino de conteúdos de embriologia, por exemplo, demonstrou-se satisfatório como uma aula prática. De acordo com a pesquisa, os docentes que utilizaram os modelos em aulas do ensino médio e superior,

relataram um aprendizado mais satisfatório por parte dos discentes em relação aos outros anos em que o conteúdo foi lecionado sem o uso dos modelos tridimensionais.

Resultados positivos também foram encontrados por Orlando et al. (2009), quando confeccionaram e utilizaram sete modelos didáticos tridimensionais para o estudo de conteúdos de Biologia Celular e Molecular, com relatos de melhor compreensão dos estudantes das estruturas e funcionamentos das organelas e mecanismos intracelulares como membrana plasmática, núcleo interfásico, mitocôndria, transcrição e tradução de proteínas. Comparando o conhecimento do conteúdo antes e após a utilização dos modelos tridimensionais, pode-se verificar a obtenção de respostas muito mais ricas e detalhadas sobre os temas, sendo percebida uma melhor fixação dos conteúdos básicos e aumento no interesse dos discentes pela disciplina.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Ensino de genética e evolução na base nacional comum curricular

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que elenca o conjunto de aprendizagens essenciais que os alunos devem desenvolver ao longo da Educação Básica. Essas aprendizagens essenciais devem garantir o desenvolvimento de dez competências gerais na aprendizagem dos alunos conforme a tabela 1 disponibilizada no anexo B (BRASIL, 2018).

Essas dez competências gerais referem-se a toda Educação Básica, da qual faz parte o Ensino Médio. Além disso, a BNCC do Ensino Médio está organizada em quatro áreas do conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Dentro dessas quatro áreas do conhecimento serão oferecidos os Itinerários Formativos, ou seja, as disciplinas, projetos e oficinas que os discentes deverão cursar ao longo do Ensino Médio. Na BNCC também são definidas competências específicas para cada uma das quatro áreas do conhecimento. Dentro da área do conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias são definidas três competências específicas e relacionadas a cada uma delas estão descritas habilidades a serem desenvolvidas ao longo de cada etapa. As três competências específicas e as habilidades relacionadas estão descritas nas tabelas 2,3 e 4 nos anexos B, C e D.

De acordo com Castro, Santa, Barata e Almouloud (2020), os termos competências e habilidades trazem consigo uma polissemia, não só porque existem visões distintas sobre eles na área de educação mas também porque possuem definições distintas em outras áreas do conhecimento como no direito, administração e economia. Sendo assim, cabe enfatizar a definição que a própria BNCC traz para cada um deles.

Na BNCC, competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (BRASIL, 2018, p.8).

Já para habilidades, a BNCC define como “as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos alunos nos diferentes contextos escolares” (BRASIL, 2018).

De acordo com essa estrutura do Ensino Médio proposta pela BNCC, a disciplina de Biologia é um dos Itinerários Formativos propostos para que os discentes cursem. Dentre os conhecimentos dessa disciplina estão a Genética e a Evolução que se relacionam com a competência específica 2 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: “Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis” (BRASIL, 2018, p. 539).

Analisando as habilidades da área de Ciências da Natureza da BNCC, Castro, Santa, Barata e Almouloud (2020), destacaram dentre os principais desafios a serem superados na formação de professores, a proposição de resolução de problemas, para que os alunos possam intervir de maneira crítica na realidade apresentando propostas fundamentadas e factíveis. Relatam ainda que a formação inicial e continuada dos professores terá um papel fundamental para o êxito nesses desafios.

1.2 Sistemática filogenética e árvores filogenéticas

De acordo com Amorim (2002), a Sistemática filogenética, proposta inicialmente por Willi Hennig, é um sistema de classificação dos seres vivos que reflete o conhecimento disponível sobre as relações de parentesco entre táxons incluídos na classificação, assim, todos os táxons da classificação feita seriam monofiléticos e todas as informações sobre grupos-irmãos deveriam estar expressas.

“Pode-se dizer que as hipóteses filogenéticas são proposições sobre as relações de parentesco entre os grupos biológicos em questão, representadas como a opção mais válida dadas as evidências disponíveis, porém sujeitas a testes e confrontos com evidências adicionais” (SANTOS e KLASSA, 2012, p. 608).

Em um modelo filogenético de evolução, as características que uma espécie apresenta não são vistas como pertencentes à aquela espécie e sim como resultado de uma herança de características homólogas, que pode ou não ter modificações, de espécies ancestrais até o início da vida (AMORIM, 2002).

Para representar graficamente uma hipótese filogenética, utiliza-se um Dendrograma. De acordo com Amorim (2002, p. 59), “denomina-se Dendrograma, qualquer diagrama ramificado que conecta espécies”. O autor ainda ressalta que, com o desenvolvimento da sistemática filogenética, o termo filogenia é empregado para qualquer diagrama ramificado que reflita uma relação filogenética entre espécies e/ou grupos monofiléticos supra-específicos. Assim, é necessário distinguir entre cladograma e árvore filogenética, considerando as seguintes definições para cladograma e árvore filogenética. “Cladograma é um dendrograma que expressa relações filogenéticas (ou genealógicas) apenas entre táxons terminais (espécies ou grupos supra-específicos), evidenciadas por sinapomorfias.” (AMORIM, 2002, p. 60). Já uma árvore filogenética, o autor define como “um dendrograma que expressa relações filogenéticas tanto entre táxons terminais, quanto entre espécies ancestrais e espécies descendentes.” (AMORIM, 2002, p. 60).

1.3 Ensino de genética e evolução nas escolas

Atualmente, a apropriação dos conhecimentos científicos tem sido cada vez mais importante para a compreensão de como e por que precisamos viver de maneira sustentável (PEGORARO et al, 2016).

Ao analisar qualitativamente o conteúdo de cinco livros didáticos distribuídos pelo Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), Rodrigues et al. (2011) relataram que em todos eles, cada filo ou divisão de seres vivos foi focado de modo tradicional e sem evidenciar as relações filogenéticas entre eles. O estudo dos diferentes grupos de seres vivos utilizando a sistemática filogenética como eixo integrador poderia facilitar e melhorar o entendimento dos alunos sobre a biodiversidade e os processos evolutivos.

Avaliando oito coleções de livros didáticos de biologia, também distribuídas pelo PNLEM, Cordeiro, Morini, Frenedo e Wuo (2018) verificaram que apenas duas delas apresentaram os conteúdos de evolução e biodiversidade bem integrados. Relataram ainda que em seis das oito coleções analisadas, existe pouco ou nenhum aproveitamento dos conceitos de biodiversidade estudados em outros capítulos dos livros como embriologia, zoologia, botânica e outras áreas do conhecimento das ciências biológicas. Identificaram também erros conceituais sobre biodiversidade e sistemática filogenética nessas coleções.

De acordo com Lima, Araújo e Lima (2021), o uso de metodologias alternativas de ensino, por parte dos professores melhorou o entendimento dos alunos sobre os conceitos evolutivos, demonstrando um efetivo progresso na compreensão de conceitos importantes.

Além dos conceitos sobre evolução, para que se compreenda bem as relações filogenéticas dos seres vivos, é importante também que os alunos entendam os mecanismos de expressão gênica e hereditariedade e, conforme relatado por Santos (2017), são assuntos que os estudantes apresentam um considerável desinteresse no aprendizado, apontando a complexidade desses mecanismos como um fator desestimulante, assim como a falta de correlação entre a teoria e a prática. Outro problema relacionado a isso é o fato de que muitos professores de Biologia, apesar de conhecerem as árvores filogenéticas e cladogramas, não os compreendem como uma hipótese da evolução das espécies e não os relacionam com conhecimentos da genética e hereditariedade, conforme apontado por Oliveira, Billine e Almeida (2013), ao verificarem que formandos de 2011 do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá ainda interpretam os cladogramas ou árvores filogenéticas sem relacionar com conceitos e conhecimentos da genética e estudos da biodiversidade.

Pereira, et al. (2019), ao entrevistar docentes de Biologia da rede pública estadual do Piauí verificaram que existe uma grande lacuna na atualização dos conteúdos de Genética por parte desses professores e que isso compromete a atuação em sala de aula. Essa falta de atualização foi identificada como decorrente de pouco estímulo, informações e carência de incentivo profissional. Observaram também uma predominância de ensino dependente de livros didáticos e com poucas inovações.

O uso de atividades lúdicas demonstrou ser uma importante ferramenta para melhorar a participação e a aprendizagem dos conteúdos de genética, conforme relatado por Mascarenhas, et al. (2017). Analisando o aprendizado de conceitos de genética em alunos do Ensino Médio antes e depois da participação em atividades lúdicas, verificaram que houve uma melhoria significativa no entendimento dos alunos sobre os conceitos genéticos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Essa dissertação tem como referencial teórico base para concepção de suas estratégias de ensino e aprendizagem os conceitos do desenvolvimento da inteligência humana proposto por Jean Piaget em sua obra intitulada Epistemologia Genética, além das concepções e aplicações do método de ensino investigativo propostos pela pesquisadora Dra. Lúcia Helena Sasseron Roberto.

A epistemologia genética é uma teoria desenvolvida pelo biólogo Jean Piaget que explica o desenvolvimento da inteligência humana, como o sujeito passa de um estágio de conhecimento menor para um nível de maior conhecimento. Este conhecimento não pode ser imposto ao sujeito e nem estaria pré-formado, mas sim seria construído pela interação do sujeito com o seu meio. Dessa forma, o conhecimento viria da interação do indivíduo com o meio, gerando um amadurecimento de suas estruturas orgânicas (sistema nervoso). Interagindo com o meio e sofrendo sempre novas solicitações dele, o indivíduo vai gerando constantes mecanismos de assimilação de novos objetos a conceitos já existentes, de modo a acomodá-los. Assim, por esses mecanismos de assimilação e acomodação, que juntos são denominados equilíbrio pelo autor, o sujeito vai construindo seu conhecimento. Um novo objeto de conhecimento pode causar desequilíbrio nesse processo, quando as estruturas que o indivíduo construiu não permitem que ele o assimile e o acomode (DALDEGAN, 2009).

De acordo com Caetano (2010), em sua teoria, Piaget procurou demonstrar o desenvolvimento da inteligência humana desde o nascimento até a vida adulta. Assim, os estágios do desenvolvimento da inteligência foram denominados:

I- Sensório-motor

De zero a dois anos, é caracterizado por um período do que se chama de inteligência prática, onde a criança apenas emprega ações e percepções, para desenvolver suas estruturas mentais.

II- Pré-operatório

De 2 à 7 anos, é caracterizado pelo estabelecimento da linguagem e agora os objetos de conhecimento começam a ser interiorizados e conceituados, numa constante dinâmica do desequilíbrio, assimilação e acomodação dos objetos de conhecimento.

III- Operatório concreto

De 7 à 11 anos, a criança continua seu desenvolvimento de conceitos e agora começa a operar com a lógica, mas apenas em cima de objetos e fatos concretos pois ainda não existe a abstração.

IV- Operatório formal

De 11 aos 14 anos, agora a criança desenvolve conceitos e operações não apenas sobre objetos concretos, mas também em hipóteses, desenvolvendo uma lógica que pode ser aplicada a qualquer situação. A partir desse ponto o pensamento pode ficar cada vez mais abstrato.

De acordo com a Epistemologia Genética de Piaget, o público alvo do presente projeto, os alunos de turmas do primeiro ano do ensino médio, estariam em estágios de desenvolvimento denominado operatório formal, onde o sujeito é capaz de desenvolver conceitos e operações com objetos concretos e também com hipóteses abstratas. Porém, como verificado por Cantelli, Borges e Assis (2005), analisando o desenvolvimento intelectual de 77 alunos da modalidade de Educação de Jovens e Adultos sob a perspectiva de Piaget, com idades variadas (26 possuíam idade entre 16 e 24 anos, 51 com idades maior que 25 anos), verificou-se que dos 77 sujeitos 5 não eram operatórios, 35 encontravam-se no estágio operatório concreto, 32 em transição do operatório concreto para o operatório formal, 5 no início do operatório formal e um no estágio pré-operatório.

Segundo Sasseron e Carvalho (2011), o ensino deve permitir aos alunos interagir com uma nova cultura, desenvolvendo uma nova forma de ver o mundo e seus fenômenos, podendo modifica-lo através de práticas conscientes proporcionadas por noções e saberes científicos. Essa concepção é chamada de Alfabetização científica por esses autores e vários outros pesquisadores brasileiros na área de educação e ensino vem adotando termos semelhantes com o intuito de definir o objetivo do ensino de ciências nas escolas para formar cidadãos críticos em sua atuação na sociedade.

Assim, conforme os dados levantados por Cantelli, Borges e Assis (2005), um professor pode estar perante uma sala de aula bem heterogênea, no que tange aos estágios de desenvolvimento intelectual de seus discentes, sendo necessário desenvolver aulas e estratégias de ensino que possam permitir que todos aprendam e se desenvolvam. Em consonância com as concepções de uma alfabetização científica proposta por Sasseron e Carvalho (2011), a presente sequência didática visa elaborar uma estratégia de ensino de um conteúdo de Genética e Evolução da disciplina de Biologia no Ensino Médio, utilizando recursos didáticos concretos, para que alunos, que ainda não atingiram o estágio de desenvolvimento operatório formal proposto por Piaget, tenham a oportunidade de se desenvolver ao mesmo tempo em que se

apropriam desses conhecimentos da disciplina de genética que muitos discentes relatam serem de difícil compreensão.

Com relação ao processo de ensino por investigação, Segundo Munford e Lima (2007), precisa promover um ensino mais interativo, dialógico cujas atividades permitam aos alunos não apenas aceitar passivamente, como dogmas, os conceitos e explicações científicas. Nesse contexto, o ensino por investigação já se torna uma ferramenta importante pois oportuniza o desenvolvimento de habilidades e competências elencadas tanto no Currículo Mínimo como na BNCC.

A presente sequência didática coloca o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem, instiga e estimula a pesquisa e experimentação, e coloca os alunos para a resolução de problemas teóricos a partir da observação e interpretação de figuras, dados, tabelas e leitura de textos. Isso coloca a estrutura do projeto de acordo com a concepção do ensino por investigação proposta por Solino, Ferraz e Sasseron (2015), que defendem que o ensino por investigação deve ser uma abordagem didática vinculado a ações, práticas, regras e crenças que moldam o trabalho do professor e que se configuram em práticas vivenciadas pelos estudantes além de trabalhar com uma concepção mais concreta ao utilizar o brinquedo Pinos Mágicos (Elka©) para elaborar árvores filogenéticas, permitindo que alunos que ainda se encontrem no estágio de desenvolvimento operatório concreto, ou em transição para o operatório formal, tenham melhor desempenho em sua aprendizagem e que possam continuar seu desenvolvimento.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Desenvolver, juntamente com os alunos do Primeiro Ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Olavo Bilac, por meio de uma atividade investigativa, uma série didática para a construção de modelos de árvores filogenéticas facilitadoras do ensino-aprendizado sobre sistemática filogenética e evolução no Ensino Médio.

3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os erros conceituais de filogenética e interpretação de árvores filogenéticas a partir da correção de uma amostra aleatória de 100 provas discursivas de Biologia da segunda fase do vestibular UERJ/2019;
- b) Propor uma atividade de pesquisa na qual os grupos de alunos escolherão árvores filogenéticas já elaboradas, com táxons distintos e a pesquisar características particulares e compartilhadas entre os táxons da árvore filogenética escolhida pelo grupo, estimulando a pesquisa, análise de dados e proposição de uma hipótese na construção da árvore filogenética;
- c) Construir uma árvore filogenética em sala, utilizando o brinquedo Pinos Mágicos (Elka©) e figuras de seres vivos fictícios mas com características físicas de fácil percepção, para demonstrar as relações de parentesco, a função das estruturas de uma árvore filogenética, como nós e ramos e mostrar que os ramos terminais de uma árvore filogenética podem ser mudados de posição sem alterar a relação filogenética dos táxons ali representados;
- d) Avaliar a sequência didática proposta por meio de um questionário de coleta de dados após as aulas ministradas;

- e) Elaborar um Guia Didático contendo as informações de como utilizar essa sequência didática, desenvolvida com os alunos do primeiro ano do Ensino Médio, no ensino de sistemática filogenética.

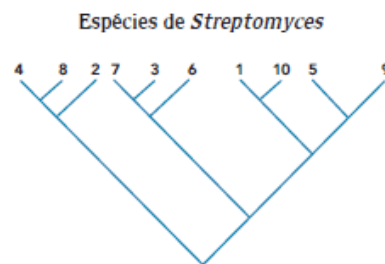
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do problema

Na primeira etapa dessa pesquisa, foi analisada uma amostragem aleatória de 100 de provas de Biologia fornecidas pelo Departamento de Seleção Acadêmica da Uerj (DESEA) da segunda fase do vestibular de 2019 da UERJ. Dessas provas foi analisada a questão de número nove, que abrange o conteúdo sobre análise e interpretação de árvores filogenéticas, obtendo-se assim, um perfil dos principais erros e equívocos na compreensão desse conteúdo (Figura 1).

Figura 1 – Página da Questão 9 do Exame Discursivo da Segunda Fase do Vestibular UERJ 2019

Questão 09 Pesquisas identificaram um potente antibiótico produzido pelo fungo *Streptomyces* sp. 3, mas que possui elevado custo de comercialização. A partir de sequências genéticas de espécies de *Streptomyces* relacionadas à produção de antibióticos, foi elaborado o cladograma abaixo.



Com base no cladograma, identifique as duas outras espécies de fungos que devem ser priorizadas nos estudos para a produção desse antibiótico.

Aponte, ainda, a vantagem da utilização do cladograma na busca de espécies para a produção do medicamento.

4.2 Aspectos éticos da pesquisa

O presente trabalho foi submetido à Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ para avaliação e adequação, tendo sido aprovado em maio de 2021 (Anexo A). Algumas etapas dessa pesquisa, ocorreram com o uso de informações fornecidas pelos participantes voluntários, bem como a participação ativa deles na execução de tarefas e avaliações. A participação de cada um dos voluntários seguiu todos os preceitos éticos e de respeito à dignidade dos indivíduos, bem como sua proteção. Os modelos de Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE, Apêndices B e C) e Termos de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE, Apêndice D), assim como a autorização da instituição expressa na Carta de Anuência (Apêndice A) envolvida na pesquisa encontram-se anexadas a este projeto de modo a garantir o exercício pleno dos direitos dos voluntários na condução da pesquisa.

4.3 Caracterização dos participantes da pesquisa

As etapas dessa pesquisa, que envolvem a participação de voluntários, seja para execução de tarefas propostas pela sequência didática, ou pela realização de pesquisa de levantamento de dados respondendo a questionários submetidos, ocorreram com alunos, matriculados em quatro diferentes turmas do Primeiro Ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Olavo Bilac, situado na Avenida Presidente Vargas, Nº 397 - Campos Elísios, Resende - RJ, CEP: 27542-140 no ano de 2021.

A adesão e participação nas etapas dessa pesquisa foram feitas de maneira espontânea e voluntária dos discentes, após exposição das atividades a eles e seus responsáveis legais.

Para a avaliação da participação dos resultados dessa pesquisa, foram analisados apenas os dados colhidos dos voluntários que participaram de todas as etapas. Totalizando cinquenta e sete alunos voluntários, oriundos de quatro diferentes turmas: 1003, 1004, 1005 e 1006.

4.4 Aula expositiva

Foi realizada uma aula expositiva, em um total de noventa minutos, em cada uma das quatro turmas do Primeiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Olavo Bilac sobre a interpretação de árvores filogenéticas, utilizando os recursos didáticos mais comuns aos professores, como o próprio livro didático e o projetor.

Figura 2 – Realização de aula expositiva sobre Filogenética



Legenda: A – alunos do primeiro ano do Ensino Médio assistindo a aula expositiva sobre árvores filogenéticas; B – exemplo de recurso visual empregado na aula expositiva sobre árvores filogenéticas.

Fonte: O autor, 2022.

Após as aulas expositivas, foi realizada uma atividade avaliativa sobre o tema, no mesmo dia, com uma questão discursiva para se verificar o aprendizado dos alunos, sendo a

mesma questão discursiva que está presente na prova da UERJ utilizada na primeira etapa (Figura 1).

Ao final da aula, foi solicitado aos alunos que formassem grupos de cerca de seis integrantes e que cada grupo fizesse uma pesquisa, em casa, de uma árvore filogenética. Após escolherem uma árvore filogenética, deveriam também pesquisar as características particulares e compartilhadas entre os táxons da árvore filogenética escolhida pelo grupo. Foram orientados a trazerem todas essas informações para execução da etapa seguinte, que ocorreu uma semana após a aula expositiva.

4.5 Início da sequência didática

Na semana seguinte à aula expositiva, foi realizada a sequência didática proposta. Essa sequência didática foi dividida em 2 etapas, no mesmo dia, totalizando noventa minutos. A primeira etapa foi a execução de uma aula prática para construir uma árvore filogenética tridimensional, utilizando os Pinos Mágicos (Elka©) com figuras de seres vivos fictícios. A segunda etapa foi a construção de uma outra árvore filogenética tridimensional, também utilizando o brinquedo Pinos Mágicos (Elka©), que cada grupo de alunos pesquisou e trouxe, conforme orientado ao final da aula expositiva, na semana anterior.

4.5.1 Aula prática com árvore filogenética de seres fictícios

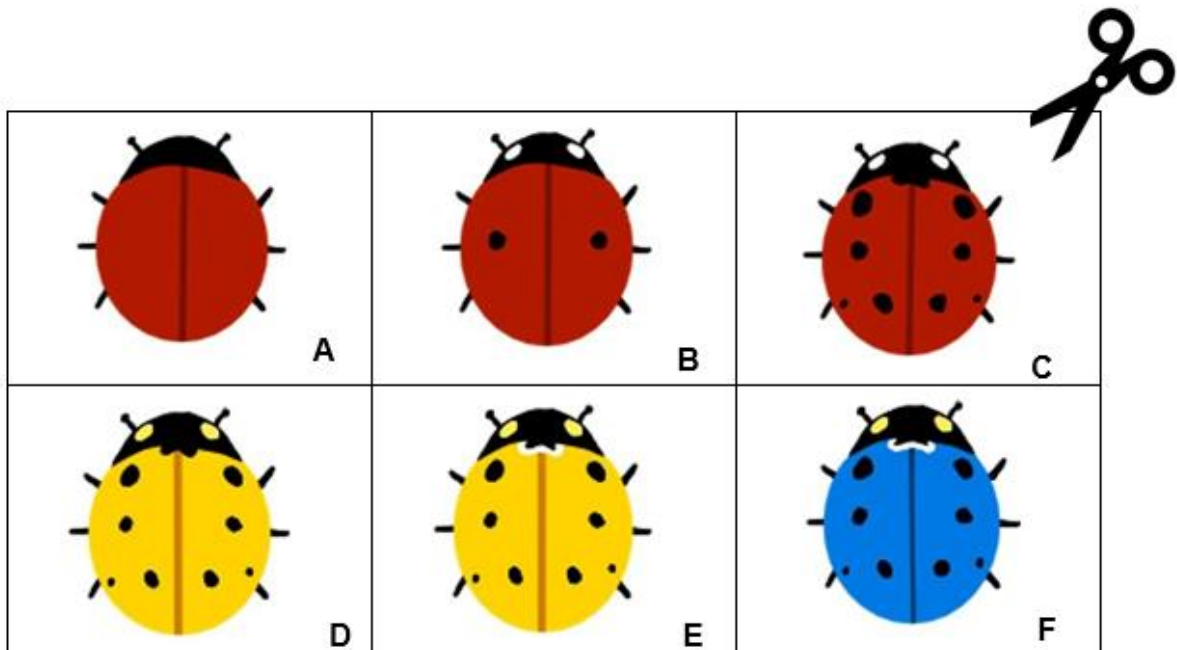
A primeira etapa da sequência didática foi a execução de uma aula prática sobre construção de árvore filogenética tridimensional utilizando o brinquedo Pinos Mágicos (Elka©) de seres vivos fictícios. Essa aula prática foi elaborada pela professora doutora Jaqueline Gusmão da Silva para aplicar no curso de Graduação da UERJ onde leciona, e adaptada pelo autor dessa pesquisa para aplicar no Ensino Médio.

4.5.1.1 Roteiro da aula prática com árvore filogenética de seres fictícios

Foi elaborado e seguido o seguinte roteiro para aplicação dessa sequência didática:

- a) Dividir os alunos da sala de aula em grupos de cerca de 6 integrantes, cada um;
- b) Entregar uma cópia das figuras de joaninhas (Figura 3) e uma cópia com a lista de características (Figura 4) para cada grupo de alunos recortar;
- c) Mostrar a árvore filogenética pronta, conforme a figura 5, colocando as joaninhas de A até F, sem listar as plesiomorfias, simplesiomorfias, apomorfias e sinapomorfias;
- d) Orientar cada grupo a observar as características listadas e comparar com as figuras das joaninhas na árvore filogenética e assim determinarem quais características são compartilhadas entre os táxons (plesiomorfias/simplesiomorfias e sinapomorfias) e quais características são novidades evolutivas (apomorfias);
- e) Pedir aos alunos para alocarem na árvore filogenética as características que identificaram começando pelas plesiomorfias/simplesiomorfias (1 par de antenas, 3 pares de patas, asas vermelhas), sinapomorfias até as apomorfias até que a árvore filogenética fique de acordo com a figura 6;
- f) Mostrar aos alunos os ramos, nós internos e terminais, explicando que os internos representam o ancestral compartilhado entre os táxons. Demonstrar que os ramos de táxons irmãos podem ser “girados” ou invertidos, sem que as relações evolutivas sejam modificadas.
- g) Discutir com a turma como surgem as apomorfias (mutações), como elas são passadas aos novos grupos e o processo de especiação.

Figura 3 – Desenhos para recortar e montar a árvore filogenética



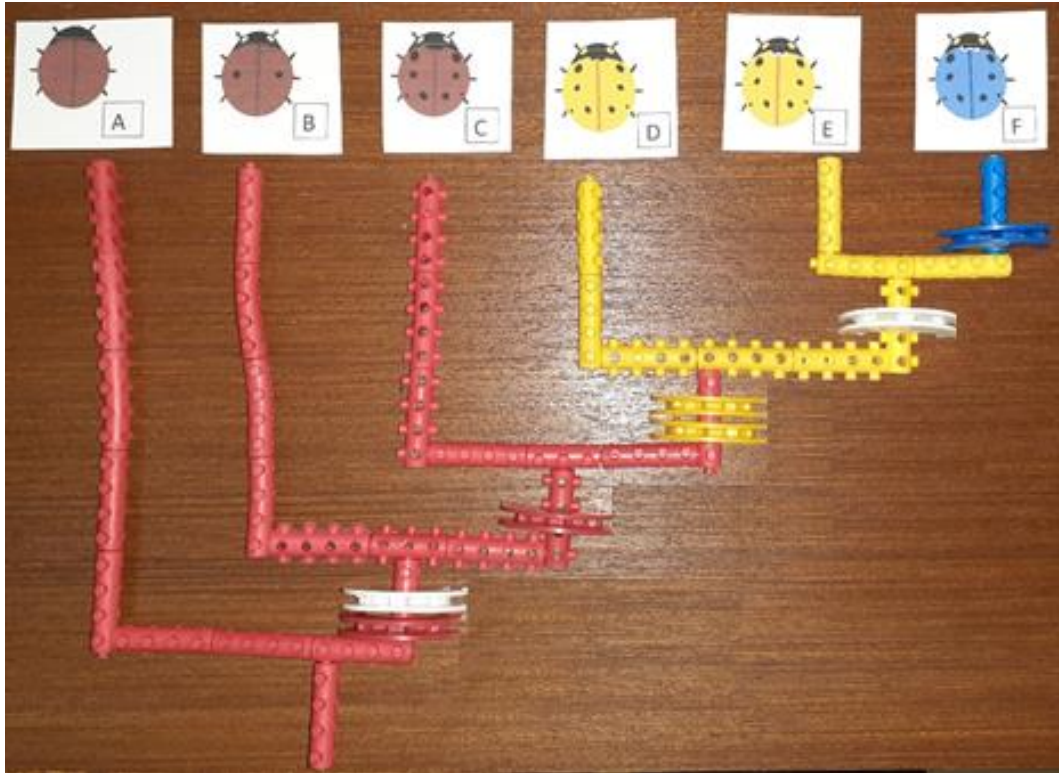
Fonte: Menezes Jr. & Gusmão (in prep).

Figura 4 – Lista de características para recortar e montar a árvore filogenética

Asas Vermelhas	8 Pintas na asa
3 pares de patas	2 Manchas amarelas na cabeça
2 Pintas nas asas	Asas Amarelas
2 Manchas brancas na cabeça	Contorno branco na cabeça
1 par de antenas	Asas Azuis

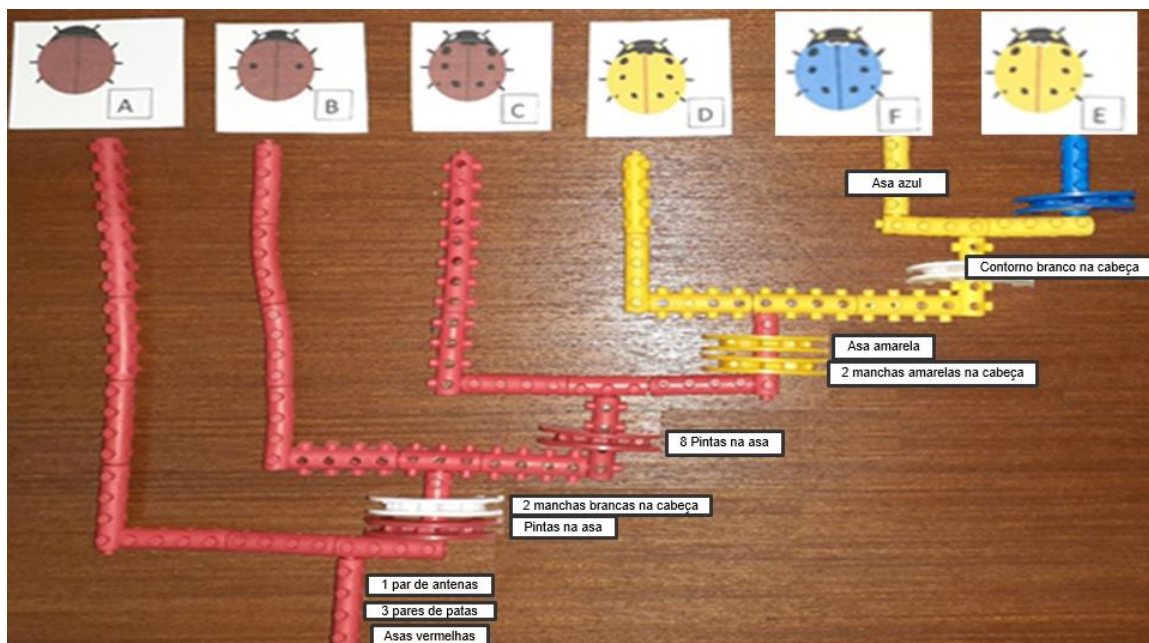
Fonte: Menezes Jr. & Gusmão (in prep).

Figura 5 – Estrutura da árvore filogenética para mostrar aos alunos



Fonte: Menezes Jr. & Gusmão (in prep).

Figura 6 – Árvore filogenética completa



Fonte: Menezes Jr. & Gusmão (in prep).

4.5.2 Aula prática com árvore filogenética pesquisada pelos alunos

Foi proposta a construção de modelos de árvores filogenéticas, utilizando o brinquedo Pino Mágico (Elka©) com a metodologia do ensino investigativo. Para isso, foi solicitado aos alunos se organizarem em grupos, para que escolhessem árvores filogenéticas específicas dos grupos de seres vivos de sua preferência (como aves, mamíferos, felinos e primatas). Foi solicitado que cada grupo fizesse uma pesquisa das principais características morfológicas e fisiológicas de cada um dos respectivos táxons contidos nas árvores filogenéticas escolhidas e elaborem cartas com o nome e a descrição de cada uma dessas características. Assim, de posse da pesquisa e das cartas com as características de cada táxon, os alunos montaram o modelo da árvore filogenética do grupo específico que escolheram, alocando as cartas com as características que pesquisaram.

Com base nessas árvores filogenéticas prontas e montadas, o professor novamente discutiu as estruturas e relações entre os seres vivos que fazem parte da árvore montada, bem como das características compartilhadas e únicas de cada táxon, demonstrando uma hipótese evolutiva entre os grupos.

4.6 Avaliação da sequência didática

Após a experiência com os modelos tridimensionais de árvores filogenéticas, a mesma avaliação discursiva utilizada após a aula expositiva, ou seja, a questão discursiva da prova da UERJ conforme a figura 1, foi aplicada para comparar as respostas dos participantes, apenas com a aula expositiva e depois com a aula prática utilizando modelos tridimensionais. Para essa etapa da pesquisa foi adotada uma metodologia com enfoque misto, ou seja, qualitativa e quantitativa, permitindo construir uma visão mais ampla acrescentando profundidade às estimativas de aprendizado usando narrativas e imagens ao mesmo tempo em que dá maior precisão às narrativas ao incluir números e estatísticas, conforme apresentado por O'Leary (2019).

4.6.1 Avaliação qualitativa da sequência didática

Para uma análise qualitativa dessa pesquisa, adequou-se os preceitos que uma pesquisa qualitativa deve ter. Conforme apontado por O’Leary (2019), “a meta é adquirir íntima compreensão de pessoas, lugares, culturas e situações mediante intenso envolvimento e até imersão na realidade a ser estudada”.

Ainda, de acordo com O’Leary (2019), uma das estratégias que podem ser aplicadas para se conseguir credibilidade em estudos qualitativos é a explicação completa do método, proporcionando aos leitores o máximo de detalhe metodológico para que os estudos ou pesquisas sejam auditáveis e/ou reproduzíveis.

Após a aplicação da sequência didática, os participantes foram convidados a responder um questionário estruturado para coleta de dados, conforme o apêndice F, seguindo os parâmetros da escala Likert, os quais são amplamente utilizados para análises em pesquisas sociais e educacionais (LIKERT, 1932; JOSHI et al, 2015).

4.6.2 Avaliação quantitativa da sequência didática

Para fazer a coleta de dados e posterior análise quantitativa dessa pesquisa, recorreu-se a uma análise comparativa dos questionários discursivos aplicados após a aula expositiva e após as atividades com as árvores filogenéticas tridimensionais (apêndice E). Como foi o mesmo questionário aplicado nas duas situações, isso permite verificar se os alunos obtiveram ou não algum “ganho de aprendizagem” ou “ganho normalizado”, conforme metodologia elaborada por Hake, 1998.

Em seu artigo, Hake (1998) avaliou metodologias de ensino de física e comparou grupos em que foi utilizada uma metodologia tradicional com grupos em que foram utilizadas alguma metodologia de engajamento interativo, que são aquelas em que o estudante participa ativamente do processo de ensino e aprendizagem (MULLER et al, 2017). Hake (1998) avaliou o percentual de aproveitamento de alunos em um pré-teste (Npré), aplicado antes da aula expositiva ou com outra metodologia interativa e o percentual de aproveitamento em um pós-teste (Npós) aplicado após a aula expositiva ou com outra metodologia interativa, sendo o mesmo teste aplicado nos dois momentos. Hake então propôs uma forma de normalizar os

dados e elaborou uma expressão para se determinar o ganho médio normalizado (de aprendizagem), onde se compara o percentual médio de ganho de uma turma com o percentual de ganho máximo possível por essa mesma turma. Assim, com $N_{pré}$ sendo o percentual médio de aproveitamento no pré-teste, $N_{pós}$ o percentual de aproveitamento no pós-teste e a expressão $(100 - N_{pré})$ representando o percentual de ganho máximo possível daquela turma, o ganho médio normalizado g (ou ganho normalizado de Hake ou “ganho de Hake”) é dado por:

$$g = \frac{N_{pós} - N_{pré}}{100 - N_{pré}} \quad (1)$$

A seguir, Hake (1998, p.65) definiu alguns intervalos de valores para classificar o ganho médio normalizado de uma turma em ganho baixo, médio e alto, sendo um ganho normalizado baixo para valores de $g < 0,3$; ganho normalizado médio para $0,3 \leq g < 0,7$ e ganho normalizado alto para $g \geq 0,7$.

Sendo assim, após a comparação dos dois questionários aplicados (depois da aula expositiva e depois da aula prática com a árvore filogenética tridimensional), procedeu-se ao cálculo do ganho médio normalizado de cada uma das quatro turmas participantes nessa pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise das provas discursivas do vestibular da UERJ 2019

Na correção de provas discursivas de Biologia aplicada no exame do vestibular da UERJ em 2019 foi observado um alto índice de erros dos candidatos em uma questão de conteúdos de sistemática filogenética da avaliação conforme dado fornecido pelo DESEA / UERJ para realização deste trabalho (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultado do Vestibular UERJ 2019 – Segunda fase – Questão 09 do Exame Discursivo

QUESTÃO	PONTOS	QUANTITATIVO	PERCENTUAL
9	0	3318	28,00
	0,01 - 0,50	716	6
	0,51 - 1,00	1390	12
	1,01 - 1,50	1765	15
	1,51 - 2,00	4663	39

Fonte: DESEA/UERJ, 2020.

Foi solicitado ao Departamento de Seleção Acadêmica da UERJ (DESEA) que fornecesse, para o presente estudo, cópias não identificadas de uma amostragem aleatória de 100 provas da questão discursiva de sistemática filogenética aplicada no exame do vestibular da UERJ em 2019, objetivando avaliar os principais erros cometidos pelos candidatos e diagnósticos sobre os conceitos e dificuldades. Analisando as respostas de 100 provas discursivas, envolvendo o conhecimento sobre a filogenética e árvores filogenéticas, verificou-se que 41 candidatos demonstraram correta interpretação da árvore filogenética observando a justificativa de sua resposta. Do total, 40 candidatos demonstraram interpretar parcialmente as informações da árvore filogenética, refletindo a compreensão equivocada das informações na elaboração de uma justificativa errônea. Dezenove candidatos não souberam interpretar a árvore filogenética exposta na questão e, por conseguinte, cometeram equívoco na sua justificativa.

Assim, com base na correção dessa amostragem de 100 provas, e a observação desses padrões de erros dos alunos, foram criados critérios qualitativos para refletir a pontuação na questão, que estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva

I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética
IV	Desconhece totalmente a questão

Fonte: o autor, 2022.

Como a realidade escolar nos demonstra, é utópico esperar que 100% dos alunos atinjam o nível máximo de compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula, sendo assim, essa pesquisa considera que atingiu, ou que desenvolveu essa competência, quando os alunos, ou participantes, atingem o grau I ou II da tabela 2 e que não atingiu, ou não desenvolveu essa competência quando permanecem no grau III ou IV da tabela 2.

Na tabela 1, que considera o universo de todos os 11852 candidatos, 39% dos candidatos marcaram entre 1,51 e 2,0 pontos na questão, o que demonstra que entendem e conseguem interpretar corretamente uma árvore filogenética e a relação entre os grupos dessa árvore.

Ao se considerar como satisfatório ou que se atingiu a competência necessária sobre esse conteúdo, no universo do total dos candidatos, isso é observado em 54% dos candidatos (considerando os candidatos que marcaram uma pontuação de 1,01 a 2,0 na questão) e, nesse raciocínio, 46% do total dos candidatos (que marcaram entre 0 e 1,0 pontos na questão) não entenderam como é construída uma árvore filogenética ou desconhecem totalmente o conteúdo, ou seja, não atingiram ou desenvolveram essa competência no ensino médio.

5.2 Análise dos questionários após a aula expositiva sobre árvores filogenéticas

Após a aula expositiva de 90 minutos, nas quatro turmas participantes, utilizando o livro didático e o projetor, os alunos foram convidados a responder a uma questão discursiva, sendo a mesma questão utilizada no vestibular da UERJ 2019, conforme apresentado na figura 1.

Corrigindo as questões da turma participante 1003, obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1003

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	06
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	10
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	01
IV	Desconhece totalmente a questão	02
Total de participantes da etapa da pesquisa		19

Fonte: o autor, 2022.

Corrigindo as questões da turma participante 1004, obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1004

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	04
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	05
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	00
IV	Desconhece totalmente a questão	04
Total de participantes da etapa da pesquisa		13

Fonte: o autor, 2022.

Corrigindo as questões da turma participante 1005, obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1005

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	03
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	01
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	01
IV	Desconhece totalmente a questão	05
Total de participantes da etapa da pesquisa		10

Fonte: o autor, 2022.

Corrigindo as questões da turma participante 1006, obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1006

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	03
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	05
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	06
IV	Desconhece totalmente a questão	01
Total de participantes da etapa da pesquisa		15

Fonte: o autor, 2022.

Unificando as quatro turmas em uma única tabela para uma melhor visualização da distribuição dos alunos em seu entendimento após a aula expositiva temos o resultado apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos participantes de todas as turmas

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	16
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	21
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	08
IV	Desconhece totalmente a questão	12
Total de participantes da etapa da pesquisa		57

Fonte: o autor, 2022.

Observando os dados da Tabela 7 que agrupam todos os participantes dessa pesquisa nessa etapa, verifica-se que cerca de 65% dos participantes (37 alunos, somando os quantitativos dos itens I e II da Tabela 7) atingiram um grau satisfatório de conhecimento ou que desenvolveram a competência da análise de árvores filogenéticas após uma aula expositiva sobre o assunto, enquanto 35% dos participantes (20 alunos, somando os quantitativos dos itens III e IV da Tabela 7) não atingiram ou não desenvolveram essa competência em um nível satisfatório.

Comparando o resultado dessa pesquisa com o observado no universo dos candidatos do vestibular da UERJ 2019, temos uma proporção consistente onde no vestibular da UERJ 54% demonstraram a competência de análise de árvore filogenética desenvolvida enquanto que nessa pesquisa foram de 65%. Já os que não desenvolveram essa competência de forma

satisfatória são 46% dos candidatos do vestibular de UERJ, que são egressos do ensino médio, enquanto nessa pesquisa foi verificado que após uma aula expositiva, 35% dos alunos também não desenvolveram essa competência de maneira satisfatória.

A aula expositiva tem seus resultados, porém, em uma sala de aula, o professor se depara com um ambiente heterogêneo, com alunos em diferentes fases do desenvolvimento cognitivo (CANTELLI, BORGES e ASSIS, 2005) e sendo um assunto abstrato, as relações filogenéticas podem ser de difícil compreensão para aqueles alunos que ainda não chegaram no estágio de desenvolvimento denominado de Operatório Formal definido por Piaget (YAMAZAKI, YAMAZAKI E LABARCE, 2019) que é quando o sujeito consegue desenvolver conceitos e operações no campo das hipóteses e pensamentos abstratos.

5.3 Análise da primeira parte da aula prática: montando árvore filogenética tridimensional de um grupo de seres vivos fictícios

Para iniciar a aula, o professor pediu às turmas que se dividissem em grupos de quatro a seis alunos. Com os grupos formados, utilizou o recurso do projetor multimídia para proceder com as instruções da aula prática.

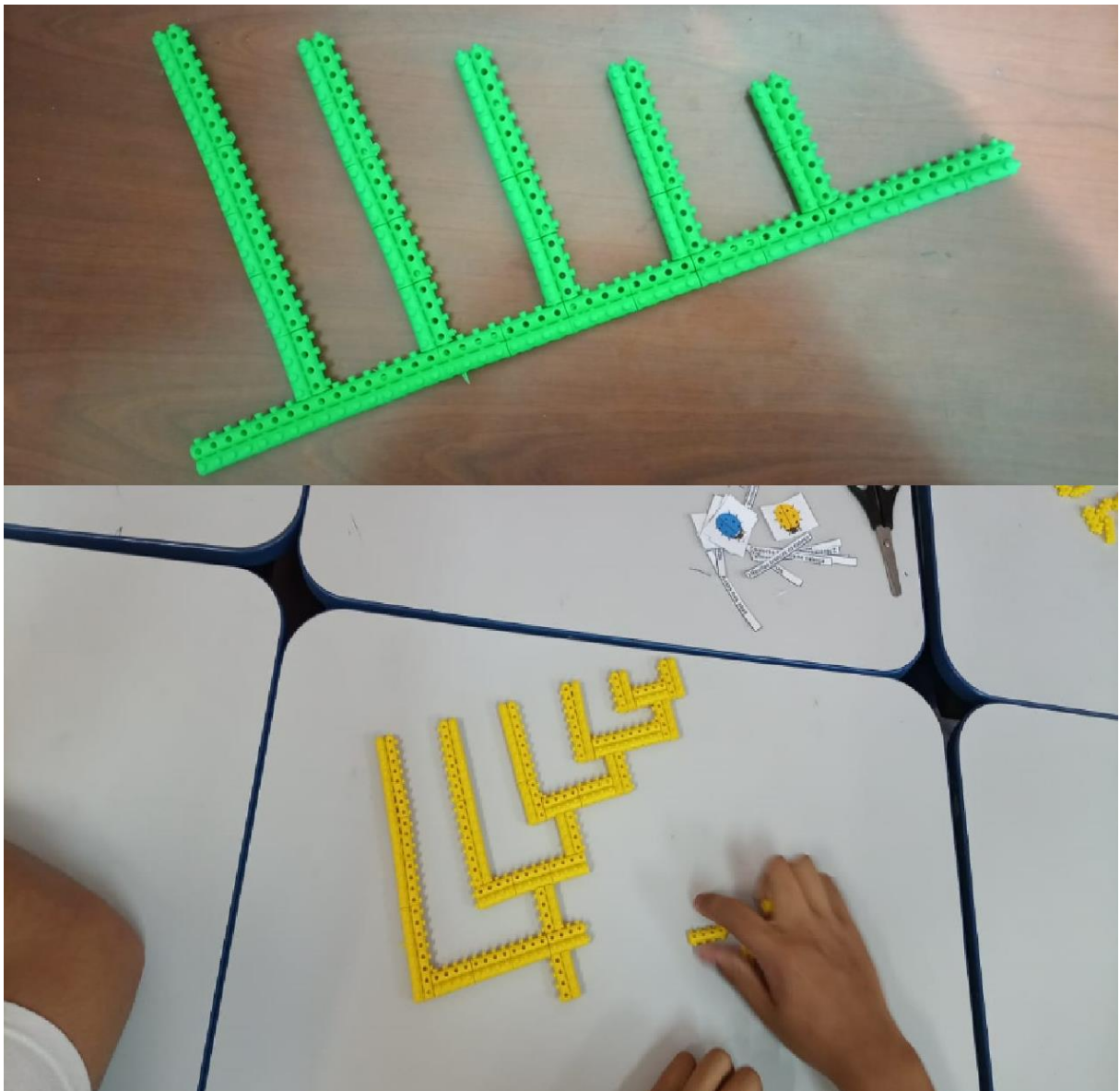
A primeira instrução, após fornecer o roteiro da aula prática para os alunos, foi solicitar que recortassem os os modelos das joaninhas e os nomes das características morfológicas que elas apresentam, de modo a ficarem todas em separado, para que fossem manipuladas de maneira independente durante toda a atividade.

Figura 7 – Alunos separando as peças e características para usarem na construção da árvore filogenética tridimensional



Para acelerar a execução da atividade e aproveitando que os grupos de alunos eram numerosos, foi orientado que enquanto alguns recortassem as joaninhas e as características morfológicas, os outros integrantes começariam a manipular os Pinos Mágicos (Elka©) para montar pequenas estruturas de dois pinos por vez. Foi observado que usar como base sempre dois pinos juntos, ao invés de apenas um, para montar a estrutura da árvore filogenética, ela ficará mais firme e estável. O professor então apresentou dois modelos de árvore filogenética, apenas com os seis ramos e cinco nós e sem qualquer outra informação nesse momento, para que os alunos montassem em seus respectivos grupos.

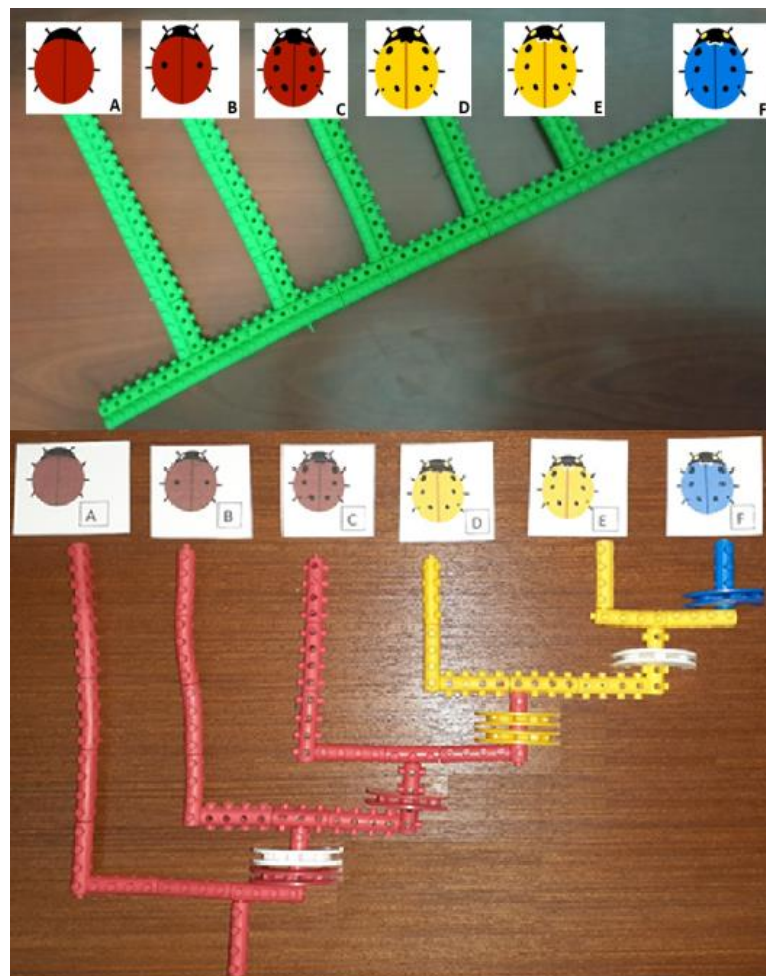
Figura 8 – Modelos de árvores filogenéticas construídas pelos alunos



Fonte: O autor, 2022.

Cada grupo escolheu um modelo de sua preferência para montar e após montado o modelo escolhido, o professor mostrou uma imagem de cada modelo escolhido com as seis joaninhas posicionadas em cada ramo, para que os alunos alocassem em suas árvores. É importante destacar que o objetivo dessa aula prática é possibilitar aos alunos o aprendizado de como interpretar uma árvore filogenética e não construí-la, por isso o professor fornece a imagem da árvore filogenética com as joaninhas já posicionadas em seus respectivos ramos. Em um estudo com o objetivo de identificar as habilidades necessárias para que estudantes universitários pudessem construir e interpretar árvores filogenéticas, Halverson (2011) observou que as habilidades relativas à interpretação precediam às habilidades necessárias para a construção de uma árvore filogenética, justificando o enfoque do desenvolvimento das habilidades necessárias para interpretação de uma árvore filogenética no Ensino Médio.

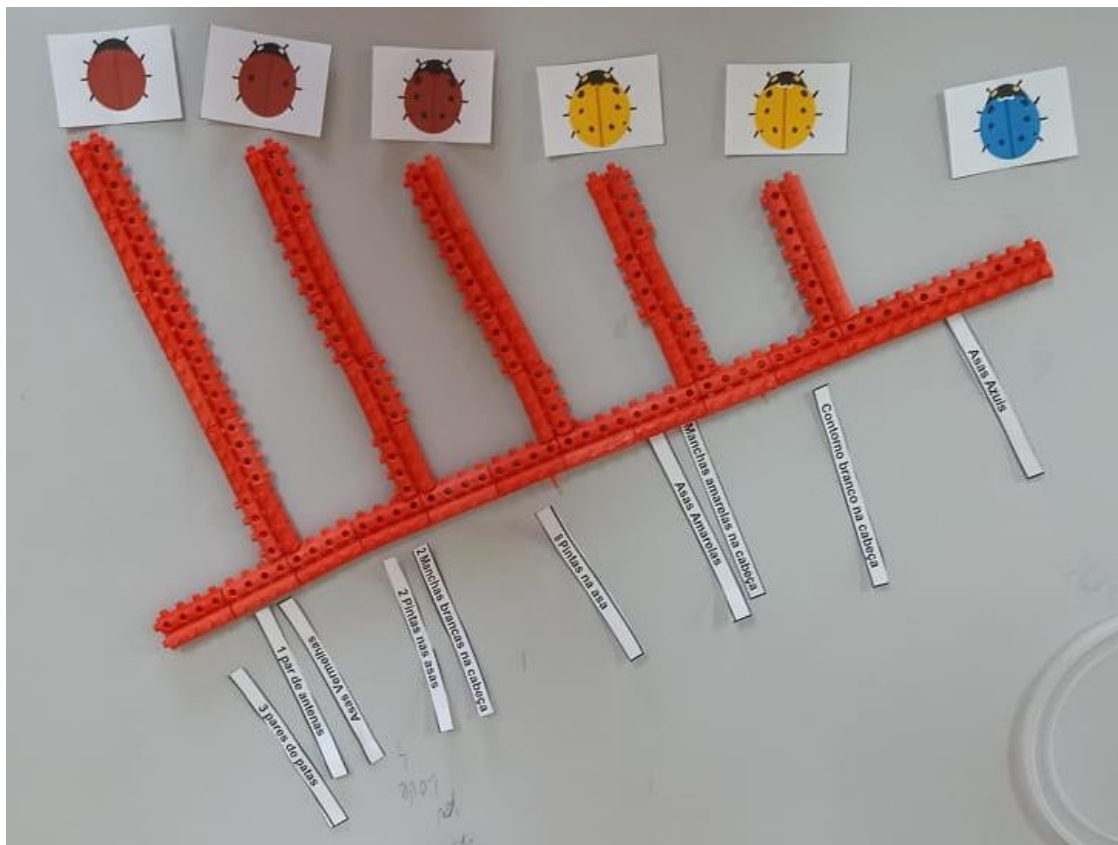
Figura 9 – Modelos de árvores filogenéticas construídas pelos alunos acrescentando os seres fictícios



Fonte: O autor, 2022.

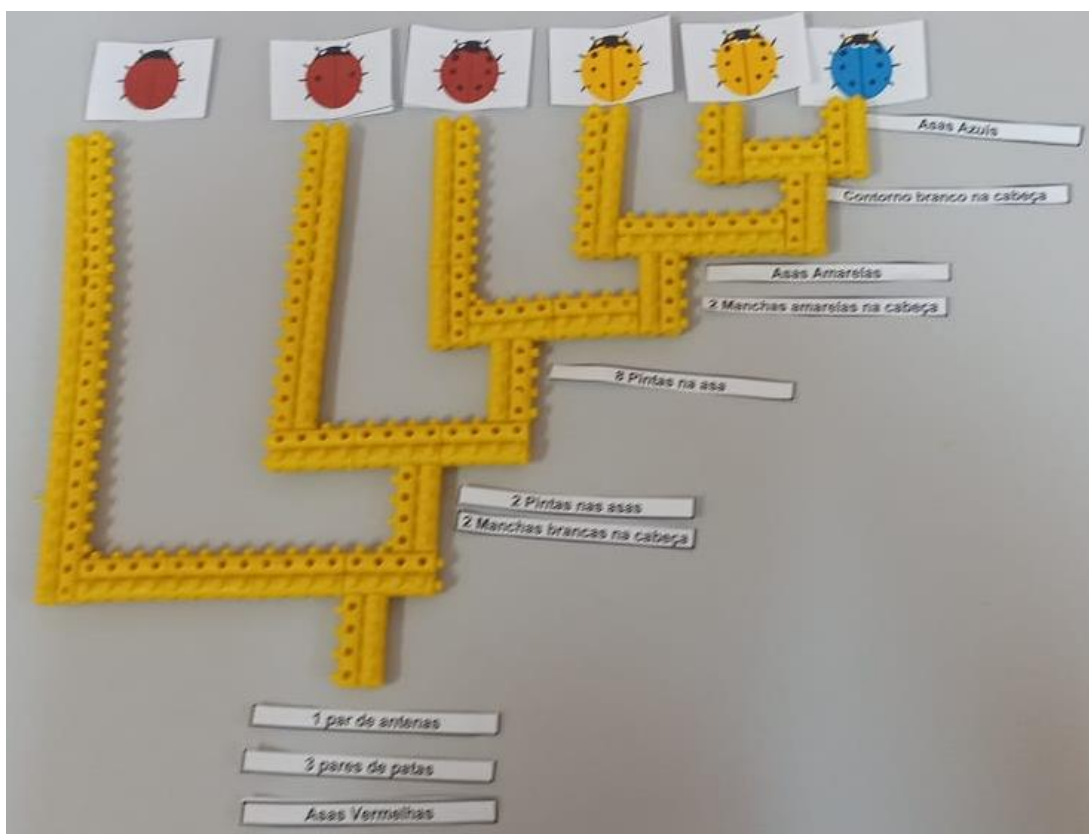
Com a árvore filogenética montada e as joaninhas alocadas, o professor pediu aos grupos de alunos que observassem todas as figuras de joaninhas e tentassem identificar qual ou quais características todas elas compartilhavam. Após alguns minutos de análise e discussão os alunos relataram que todas as seis compartilhavam duas características que eram: três pares de patas e um par de antenas. Com essa resposta o professor então instigou os grupos a levantarem hipóteses sobre em que local da árvore filogenética essas duas características deveriam ser alocadas pois daquele ponto em diante, todos os indivíduos apresentariam as características inseridas. Após uma breve discussão entre os integrantes dos grupos, os alunos concordaram que as duas características (três pares de patas e um par de antenas) deveriam ser alocadas na base da árvore filogenética, já que todas as joaninhas compartilhavam essas características.

Figura 10 – Modelo de árvore filogenética completa construída pelos alunos



Fonte: O autor, 2022.

Figura 11 – Modelo de árvore filogenética completa construída pelos alunos



Fonte: O autor, 2022.

O ensino por investigação deve ter como protagonista o aluno e as atividades que são propostas devem fazer com que trabalhem de forma ativa e em grupo com o objetivo de resolverem problemas (SASSERON, 2015). Quando o professor orienta os alunos a observarem as características compartilhadas por todas as joaninhas e onde essas características devem ser alocadas na árvore filogenética, ele instiga a formulação de hipóteses e a discussão entre os participantes, para juntos, construírem seu conhecimento sobre como funciona a lógica de uma árvore filogenética.

Depois de alocar as características já mencionadas (três pares de patas e um par de antenas), o professor destacou a característica cor das asas. Enfatizou que as três primeiras joaninhas da árvore filogenética apresentam asas vermelhas, depois aparecem duas joaninhas com asas amarelas e uma com asas azuis. O professor perguntou onde cada uma dessas características deveriam ser posicionadas na árvore filogenética, ressaltando que uma vez inserida a característica, daquele ponto em diante, todos os indivíduos compartilhariam essa característica.

Muitos alunos levantaram a hipótese que a característica asas vermelhas deveria ser inserida na base da árvore filogenética, pois as três primeiras joaninhas (A, B e C) compartilham essa característica. Mas ao levantarem essa hipótese outros alunos alegavam que assim as joaninhas E, F e G também deveriam apresentar asas vermelhas, o que não era o caso. Nesse momento o professor interveio na discussão e explicou que ao longo do processo evolutivo, algumas características que já existem podem ser modificadas pelo processo de mutação do material genético, e que dessa maneira, também, novas e diferentes características podem surgir. Com essa nova informação o professor então pediu que os grupos formassem hipóteses de onde cada uma das três cores de asas deveria ser alocada na árvore filogenética. Após alguns minutos de discussão entre si, os alunos concordaram que a característica asas vermelhas também deveria ficar na base da árvore filogenética, junto com três pares de patas e um par de antenas, e que após o nó entre os ramos das joaninhas C e D seria alocada a característica asas amarelas, demonstrando que ocorreu uma mutação nessa característica de vermelho para amarelo e que após o nó entre os ramos das joaninhas E e F seria alocada a característica asas azuis, demonstrando mais uma mutação nessa característica.

A partir desse momento da aula prática, nas quatro turmas, a maioria dos alunos começou a alocar todas as outras características que haviam recortado da tabela de características, sem esperar mais orientações. Cada grupo começou a levantar hipóteses de onde deveriam ser alocadas as características que faltavam e foram completando sua árvore filogenética, solicitando ao professor apenas que validasse ou não as hipóteses propostas. Todos os grupos procederam dessa maneira, e os integrantes que ainda não haviam entendido começaram a ser orientados pelos alunos que já haviam entendido, até que o grupo chegasse em consenso. Demonstraram que entenderam que há uma lógica da posição onde a característica deve ser inserida na árvore filogenética para que ela faça sentido e fique correta que é o maior objetivo dessa aula prática.

Becker (2017), ao analisar a teoria e a prática educativa sob o ponto de vista das concepções de Jean Piaget e Paulo Freire, concluiu que a construção do conhecimento se dá pela interação com progressiva complexidade do sujeito com o mundo. Nessa aula prática, o professor apresenta um problema que aumenta de complexidade de maneira gradual, permitindo aos alunos analisar, interagir, formular hipóteses e finalmente consolidar seu conhecimento sobre a interpretação de árvores filogenéticas.

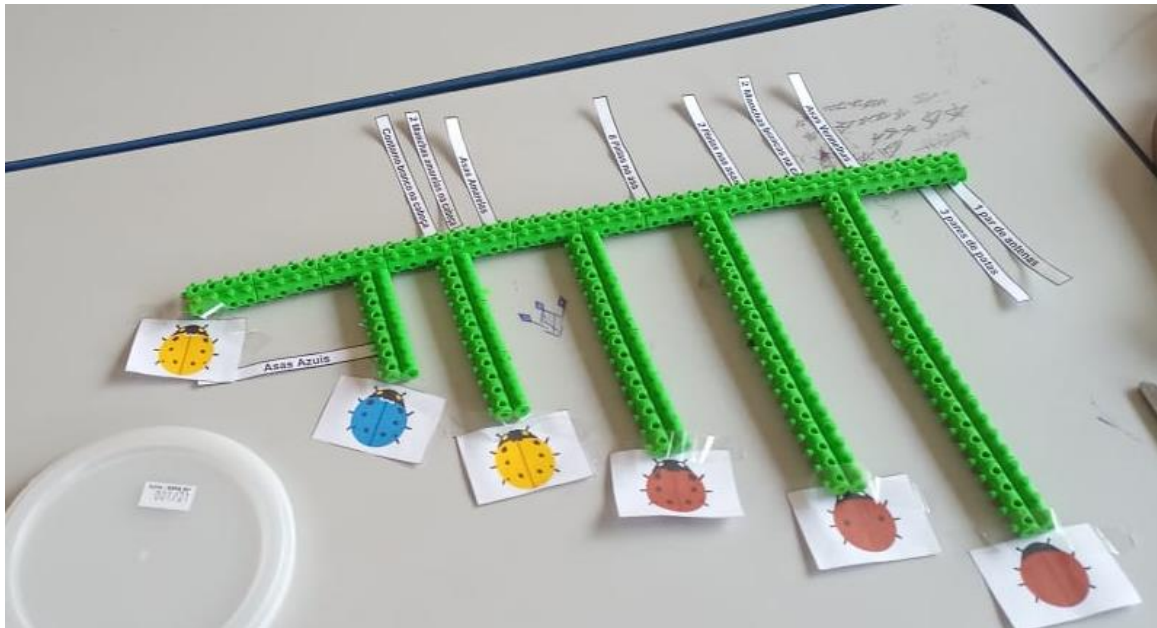
De acordo com Yamazaki, Yamazaki e Labarce (2019), apesar de existirem outras referências teóricas capazes de lidar com os diversos problemas de ensino e aprendizagem, as propostas de Piaget, principalmente sobre seu embasamento de que a construção do

conhecimento se dá pela assimilação, acomodação e adaptação podem ser observadas em todas as idades, fornecendo aos educadores subsídios para construção de atividades significativas para o aprendizado.

Com a árvore filogenética completamente montada, o professor então aproveitou para explicar alguns conceitos sobre árvore filogenética e filogenia. Explicou, por exemplo, o conceito de plesiomorfias, que são características compartilhadas por ancestrais comuns e que foram ou não modificadas nos grupos mais recentes de uma linhagem (AMORIM, 2002; ARAÚJO-DE-ALMEIDA et al. 2007) e apomorfias que são características novas, derivadas ou não de uma característica primitiva (AMORIM, 2002). Após essas explicações, o professor perguntou quais das características alocadas na árvore filogenética seriam plesiomorfias e apomorfias em relação à joaninha A. Os grupos conversaram e proporam que as características na raiz da árvore filogenética seriam as plesiomorfias, ou seja, três pares de patas, um par de antenas e asas vermelhas, enquanto que as demais características, a partir daí seriam apomorfias.

Após uma nova explicação sobre os conceitos da estrutura de uma árvore filogenética, como nós, ramos e nó terminal (AMORIM, 2002), o professor orientou os alunos a inverterem, em suas árvores filogenéticas, as joaninhas E e F. Após inverterem, o professor perguntou se a árvore filogenética construída permanecia correta. Alguns alunos disseram que não e outros disseram que sim, desde que a característica asas azuis fosse alocada no novo ramo da joaninha de asas azuis. Com essa hipótese o professor explicou que a inversão de um nó terminal de uma árvore filogenética não a descaracteriza, essencialmente ainda é a mesma árvore. Logo após essa constatação pediu aos alunos que trocassem quaisquer outras joaninhas de posição e verificassem se isso poderia ser mantido. Os alunos perceberam que qualquer outra mudança de posição das joaninhas na árvore filogenética a descaracteriza completamente. Relataram que, em algumas situações, teriam que demonstrar que uma característica surge, desaparece e depois aparece novamente, ficando com uma interpretação completamente diferente de antes, e concluíram que quando se muda apenas os ramos do nó terminal, a árvore filogenética continua sendo essencialmente a mesma.

Figura 12 – Modelo de árvore filogenética completa construída pelos alunos com o ramo terminal invertido

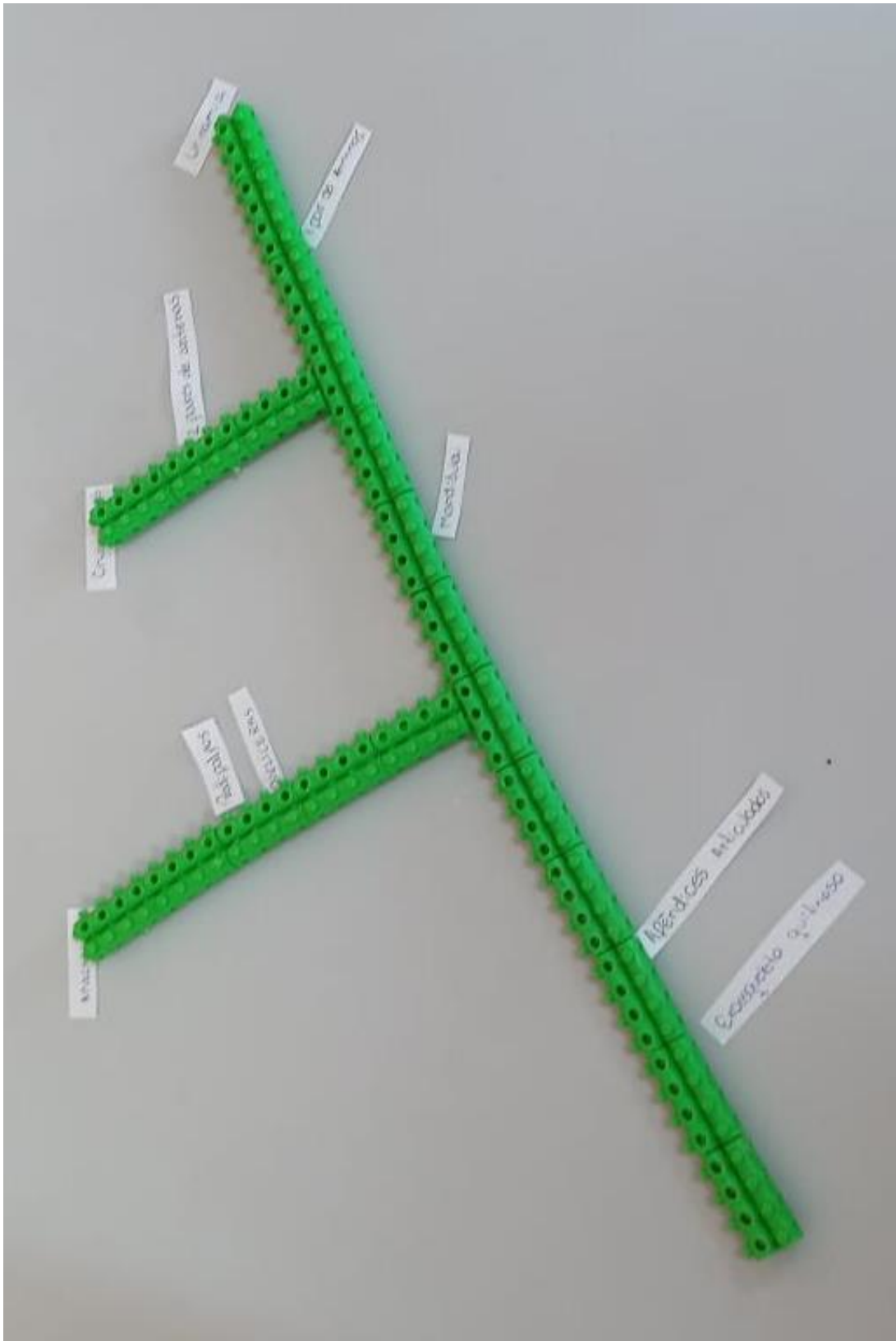


Fonte: O autor, 2022.

5.4 Análise da segunda parte da aula prática: montando árvore filogenética tridimensional de um grupo de seres vivos escolhido pesquisado por cada grupo

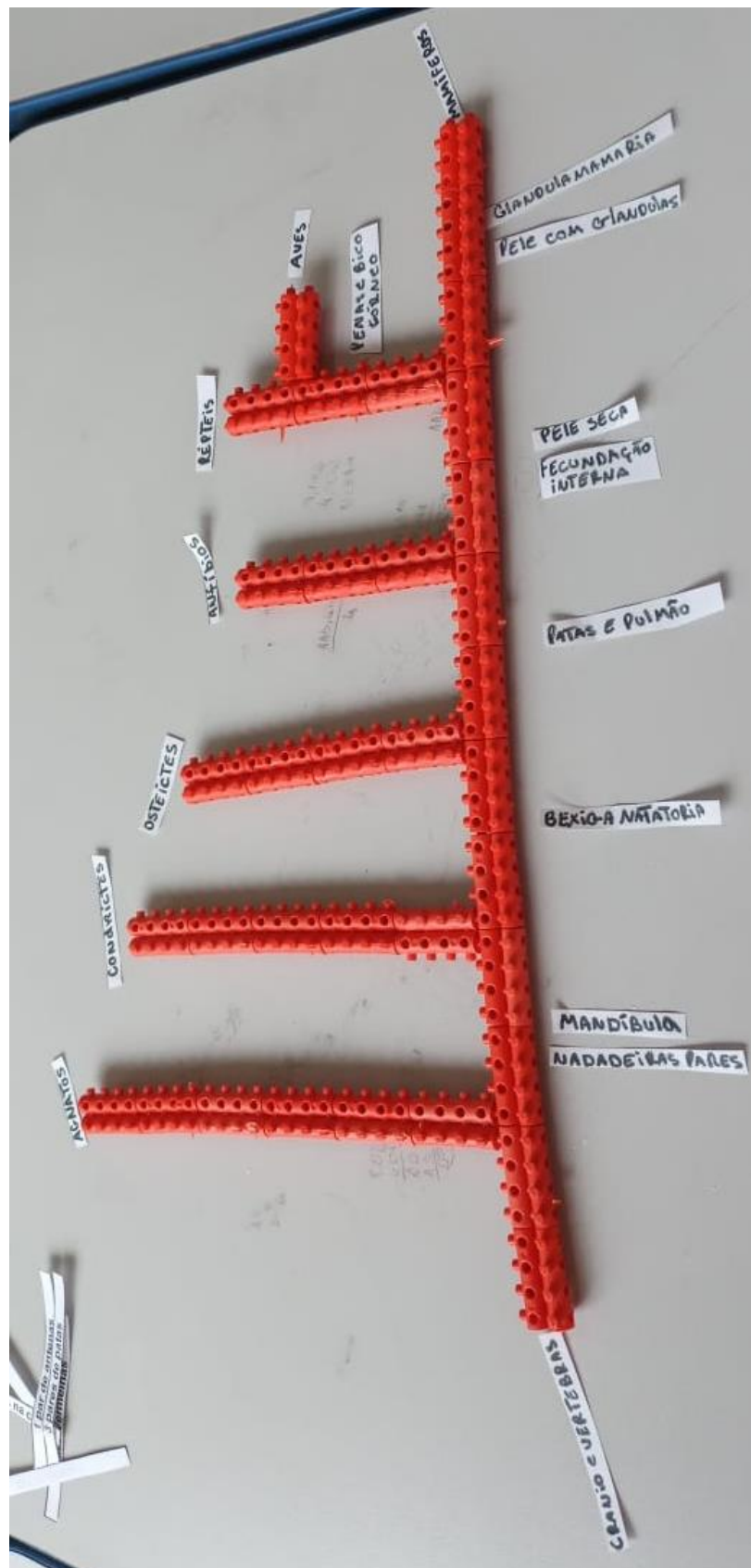
Após o término da prática anterior dessa sequência didática, o professor pediu para que os alunos montassem as árvores filogenéticas dos grupos de organismos que os grupos pesquisaram e registraram suas características. Nenhum dos grupos, em todas as quatro turmas, teve dificuldade em montar a árvore filogenética escolhida.

Figura 13 – Modelo de árvore filogenética completa de organismos reais construída pelos alunos



Fonte: O autor, 2022.

Figura 14 – Modelo de árvore filogenética completa de organismos reais construída pelos alunos



Apesar de algumas características dessas árvores filogenéticas de organismos reais serem desconhecidas pelos alunos, com a pesquisa e a construção da árvore filogenética com os organismos fictícios, a maioria conseguiu fazer um paralelo entre as duas árvores e teceu comentários de que agora essa árvore filogenética de organismos reais fazia mais sentido ou ficou mais fácil de compreender. Muitos observaram que, embora os organismos parecem ser sucessivos, uns aos outros, todos existem atualmente, então chegaram à conclusão que a árvore expressa uma relação de parentesco ou proximidade e que a semelhança de características se dava graças à semelhança genética entre as espécies.

Todos os grupos que construíram a árvore filogenética dos vertebrados relataram a surpresa da semelhança e consequente ancestralidade comum das aves com os répteis e o professor aproveitou esse momento para explicar a diferença entre grupos monofiléticos, parafiléticos e polifiléticos em uma árvore filogenética.

5.5 Análise dos questionários após a aula prática sobre árvores filogenéticas com o modelo didático tridimensional

Após a aula prática de 90 minutos, nas quatro turmas participantes, utilizando o roteiro de aula prática com a construção da árvore filogenética de organismos fictícios e a construção da árvore filogenética escolhida pelo grupo, os alunos foram convidados a responder a uma questão discursiva, sendo a mesma questão utilizada no vestibular da UERJ 2019, conforme apresentado na figura 1.

Corrigindo as questões da turma participante 1003, obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1003 após a aula prática

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	08
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	10
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	00
IV	Desconhece totalmente a questão	01
Total de participantes da etapa da pesquisa		19

Fonte: o autor, 2022.

Corrigindo as questões da turma participante 1004, obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 09.

Tabela 09 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1004 após a aula prática

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	12
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	00
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	00
IV	Desconhece totalmente a questão	01
Total de participantes da etapa da pesquisa		13

Fonte: o autor, 2022.

Corrigindo as questões da turma participante 1005, obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1005 após a aula prática

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	05
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	03
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	01
IV	Desconhece totalmente a questão	01
Total de participantes da etapa da pesquisa		10

Fonte: o autor, 2022.

Corrigindo as questões da turma participante 1006, obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos da 1006 após a aula prática

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	01
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	10
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	04
IV	Desconhece totalmente a questão	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		15

Fonte: o autor, 2022.

Unificando as quatro turmas em uma única tabela para uma melhor visualização da distribuição dos alunos em seu entendimento após a aula prática construindo as árvores filogenéticas tridimensionais, temos o resultado apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva dos alunos participantes de todas as turmas após a aula prática

Grau de entendimento do conteúdo de acordo com a resposta discursiva		Total de alunos
I	Entende o conceito de árvore filogenética, e consegue interpretar corretamente as relações entre os clados	26
II	Entende o conceito de árvore filogenética, mas não consegue interpretar corretamente as relações entre os clados.	23
III	Não entendeu como é construído a árvore filogenética	05
IV	Desconhece totalmente a questão	03
Total de participantes da etapa da pesquisa		57

Fonte: o autor, 2022.

5.6 Análise quantitativa do resultado dos questionários e cálculo do ganho normalizado de aprendizagem

Consultando os dados da tabela 7 e os dados da tabela 12 e considerando o total de alunos dos itens I e II de cada tabela como o resultado satisfatório de que atingiram a competência desejada, obtemos um Npré de 65%, que corresponde a porcentagem de alunos que obtiveram resultado satisfatório após somente a aula expositiva e um Npós de 86%, que corresponde a porcentagem de alunos que atingiram ou desenvolveram a competência de interpretação de árvores filogenéticas, após a aula prática com as árvores tridimensionais e sendo 100-Npré de 35%, que representa o ganho máximo possível dos alunos participantes da pesquisa, o ganho normalizado médio g (ou ganho Hake) será:

$$g = \frac{Npós - Npré}{100 - Npré} \quad (1)$$

$$g = \frac{86 - 65}{100 - 65} \quad (2)$$

$$g = \frac{21}{35} \quad (3)$$

$$g = 0,60 \quad (4)$$

De acordo com os intervalos dos índices obtidos nessa expressão elaborados pelo autor (HAKE, 1998), sendo um ganho normalizado baixo para valores de $g < 0,3$; ganho normalizado médio para $0,3 \leq g < 0,7$ e ganho normalizado alto para $g \geq 0,7$, o resultado de ganho normalizado ou ganho Hake de 0,6 demonstra que a atividade prática com as árvores filogenéticas tridimensionais teve um ganho normalizado médio, demonstrando que a atividade foi eficaz e relevante para o aprendizado dos alunos

5.7 Resultados dos questionários estruturados na escala Likert após a aula prática

Após a aplicação da sequência didática, os participantes, de cada turma, foram convidados a responder um questionário estruturado para coleta de dados, conforme o apêndice F, seguindo os parâmetros da escala Likert (LIKERT, 1932; JOSHI et al, 2015).

5.7.1 Resultados do questionário estruturado da turma 1003

Analisando as respostas dos alunos da turma 1003 à primeira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Respostas dos alunos da turma 1003 para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

1) Você já tinha entendido como se interpreta uma árvore filogenética antes da atividade ser feita?		Total de alunos
I	Sim.	10
II	Parcialmente.	07
III	Não.	02
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		19

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1003 à segunda pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 – Respostas dos alunos da turma 1003 para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

2) A construção da árvore filogenética melhorou a compreensão dos conteúdos?		Total de alunos
I	Concordo.	18
II	Concordo parcialmente.	01
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		19

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1003 à terceira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – Respostas dos alunos da turma 1003 para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

3) Montar esse modelo tridimensional tornou a aula mais atrativa?		Total de alunos
I	Concordo.	19
II	Concordo parcialmente.	00
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		19

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1003 à quarta pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 – Respostas dos alunos da turma 1003 para a quarta pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

4) Você gostaria que as aulas tivessem mais atividades como essa?		Total de alunos
I	Concordo.	17
II	Concordo parcialmente.	02
III	Discordo.	02
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		19

Fonte: o autor, 2022.

5.7.2 Resultados do questionário estruturado da turma 1004

Analisando as respostas dos alunos da turma 1004 à primeira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 – Respostas dos alunos da turma 1004 para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

1) Você já tinha entendido como se interpreta uma árvore filogenética antes da atividade ser feita?		Total de alunos
I	Sim.	04
II	Parcialmente.	02
III	Não.	07
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		13

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1004 à segunda pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 – Respostas dos alunos da turma 1004 para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

2) A construção da árvore filogenética melhorou a compreensão dos conteúdos?		Total de alunos
I	Concordo.	10
II	Concordo parcialmente.	03
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		13

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1004 à terceira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – Respostas dos alunos da turma 1004 para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

3) Montar esse modelo tridimensional tornou a aula mais atrativa?		Total de alunos
I	Concordo.	11
II	Concordo parcialmente.	02
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		13

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1004 à quarta pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 20.

Tabela 20 – Respostas dos alunos da turma 1004 para a quarta pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

4) Você gostaria que as aulas tivessem mais atividades como essa?		Total de alunos
I	Concordo.	12
II	Concordo parcialmente.	01
III	Discordo.	02
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		13

Fonte: o autor, 2022.

5.7.3 Resultados do questionário estruturado da turma 1005

Analisando as respostas dos alunos da turma 1005 à primeira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 – Respostas dos alunos da turma 1005 para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

1) Você já tinha entendido como se interpreta uma árvore filogenética antes da atividade ser feita?		Total de alunos
I	Sim.	03
II	Parcialmente.	05
III	Não.	02
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		10

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1005 à segunda pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 – Respostas dos alunos da turma 1005 para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

2) A construção da árvore filogenética melhorou a compreensão dos conteúdos?		Total de alunos
I	Concordo.	07
II	Concordo parcialmente.	03
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		10

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1005 à terceira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 23.

Tabela 23 – Respostas dos alunos da turma 1005 para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

3) Montar esse modelo tridimensional tornou a aula mais atrativa?		Total de alunos
I	Concordo.	06
II	Concordo parcialmente.	04
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		10

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1005 à quarta pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 – Respostas dos alunos da turma 1005 para a quarta pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

4) Você gostaria que as aulas tivessem mais atividades como essa?		Total de alunos
I	Concordo.	08
II	Concordo parcialmente.	02
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		10

Fonte: o autor, 2022.

5.7.4 Resultados do questionário estruturado da turma 1006

Analisando as respostas dos alunos da turma 1006 à primeira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 – Respostas dos alunos da turma 1006 para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

1) Você já tinha entendido como se interpreta uma árvore filogenética antes da atividade ser feita?		Total de alunos
I	Sim.	05
II	Parcialmente.	04
III	Não.	06
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		15

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1006 à segunda pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 26.

Tabela 26 – Respostas dos alunos da turma 1006 para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

2) A construção da árvore filogenética melhorou a compreensão dos conteúdos?		Total de alunos
I	Concordo.	14
II	Concordo parcialmente.	01
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		15

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1006 à terceira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 27.

Tabela 27 – Respostas dos alunos da turma 1006 para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

3) Montar esse modelo tridimensional tornou a aula mais atrativa?		Total de alunos
I	Concordo.	15
II	Concordo parcialmente.	00
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		15

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1006 à quarta pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 28.

Tabela 28 – Respostas dos alunos da turma 1006 para a quarta pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

4) Você gostaria que as aulas tivessem mais atividades como essa?		Total de alunos
I	Concordo.	15
II	Concordo parcialmente.	00
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		15

Fonte: o autor, 2022.

5.7.5 Resultados do questionário estruturado de todas as quatro turmas juntas

Analisando as respostas dos alunos da turma 1003, 1004, 1005 e 1006 à primeira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 29.

Tabela 29 – Respostas dos alunos das quatro turmas juntas para a primeira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

1) Você já tinha entendido como se interpreta uma árvore filogenética antes da atividade ser feita?		Total de alunos
I	Sim.	22
II	Parcialmente.	18
III	Não.	17
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		57

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1003, 1004, 1005 e 1006 à segunda pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 30.

Tabela 30 – Respostas dos alunos das quatro turmas juntas para a segunda pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

2) A construção da árvore filogenética melhorou a compreensão dos conteúdos?		Total de alunos
I	Concordo.	49
II	Concordo parcialmente.	08
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		57

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1003, 1004, 1005 e 1006 à terceira pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 31.

Tabela 31 – Respostas dos alunos das quatro turmas juntas para a terceira pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

3) Montar esse modelo tridimensional tornou a aula mais atrativa?		Total de alunos
I	Concordo.	51
II	Concordo parcialmente.	06
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		57

Fonte: o autor, 2022.

Analisando as respostas dos alunos da turma 1003, 1004, 1005 e 1006 à quarta pergunta do questionário estruturado obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 32.

Tabela 32 – Respostas dos alunos das quatro turmas juntas para a quarta pergunta do questionário estruturado do Apêndice F

4) Você gostaria que as aulas tivessem mais atividades como essa?		Total de alunos
I	Concordo.	52
II	Concordo parcialmente.	05
III	Discordo.	00
IV	Não se aplica.	00
Total de participantes da etapa da pesquisa		57

Fonte: o autor, 2022.

5.8 Análise qualitativa resultados dos questionários estruturados na escala Likert após a aula prática

As análises qualitativas foram feitas envolvendo as respostas ao questionário estruturado na escala Likert de todos os cinquenta e sete participantes da sequência didática, cujas respostas foram apresentadas nas tabelas 29, 30, 31 e 32.

Observando a Tabela 29, pode-se perceber que dezessete alunos (de um total de 57 alunos) afirmaram que não tinham entendido como se interpreta uma árvore filogenética antes da aula prática ser realizada.

Analisando a Tabela 30, é possível ver que desse mesmo total de cinquenta e sete participantes, quarenta e nove afirmaram que a aula prática melhorou a compreensão dos conteúdos e oito participantes reconheceram que a participação na aula prática teve algum ganho em sua compreensão sobre árvores filogenéticas.

Curiosamente, se confrontarmos os dados da Tabela 30 com os dados da Tabela 12, observa-se que na Tabela 12, exatamente quarenta e nove alunos tiveram bom desempenho e demonstraram ter desenvolvido as habilidades necessárias para a interpretação de uma árvore filogenética. O mesmo número de alunos que declararam no questionário estruturado que a aula prática contribuiu para sua compreensão dos conteúdos sobre árvore filogenética.

Todos os participantes dessa sequência didática concordaram que montar o modelo tridimensional da árvore filogenética tornou a aula mais atrativa, conforme se observa na Tabela 31. Durante a realização da atividade, muitos alunos relataram ser muito divertido utilizar um brinquedo para realizar uma atividade de uma aula e isso contribuiu para um clima mais descontraído em sala de aula, favorecendo o processo de ensino-aprendizagem. Como pode ser observado na Tabela 32, todos os cinquenta e sete voluntários afirmaram que gostariam de mais atividades como essa sequência didática nas aulas. Da mesma maneira, Freitas et al. (2008), Orlando et al. (2009), Rezende e Gomes (2018) relataram resultados positivos ao trabalhar com modelos didáticos tridimensionais para o estudo de conteúdos de Biologia Celular, Biologia Molecular e Genética, como aumento de interesse pela disciplina e melhora na qualidade das respostas após a interação com esse tipo de modelo didático.

Além do fato de que montar uma estrutura tridimensional, a partir de um conceito abstrado que é uma árvore filogenética, permite aos alunos que possam não ter atingido o último estágio de desenvolvimento humano (CANTELLI, BORGES e ASSIS, 2005) proposto por Piaget (CAETANO, 2010), chamado de Operatório Formal tenham a oportunidade de interagir

de uma forma concreta com esse conteúdo, favorecendo e permitindo o desenvolvimento daqueles alunos que possam estar em estágios anteriores do desenvolvimento segundo Piaget (CAETANO, 2010), como o Operatório Concreto ou em transição para o Operatório Formal, onde o sujeito ainda precisa de fatos concretos para poder operar com a lógica.

O manuseio das peças para montar a árvore, bem como sua manipulação, observação e a atividade de propor hipóteses para alocar as características na árvore filogenética tridimensional contruída coloca o aluno como protagonista do processo, permitindo que ele construa, de forma investigativa (SASSERON, 2015), seu conhecimento sobre a estrutura de árvores filogenéticas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização dessa sequência didática, com a construção da Árvore Filogenética tridimensional pelos alunos utilizando os Pinos Mágicos (Elka©) mostrou-se uma valiosa ferramenta didático-pedagógica para o ensino desse conteúdo de Evolução. Utilizando um grupo de seres vivos fictícios (joaninhas) com características de fácil percepção, os alunos puderam entender as relações filogenéticas entre os seres vivos e que essas relações permitem a construção de uma Árvore Filogenética, que representa uma hipótese evolutiva com a relação de parentesco entre grupos de seres vivos.

A sequência didática e a construção do modelo tridimensional da árvore filogenética, com protagonismo dos alunos propiciou uma maior interação entre os alunos durante a aula, aumentando o engajamento e atenção nas explicações e permitindo aos alunos construir de forma investigativa o seu conhecimento sobre esse conteúdo. Ao final de toda a sequência didática, quarenta e cinco dos cinquenta e sete participantes dessa pesquisa, relataram de maneira espontânea que a aula ficou melhor e mais divertida ao utilizar um brinquedo como ferramenta para o aprendizado.

Levando-se em conta a situação socioeconômica da grande maioria das escolas públicas brasileiras e o volume de conteúdos que o professor precisa abordar em um número reduzido de aulas, essa sequência didática se mostrou muito eficaz pois ela pode ser aplicada em apenas duas horas/aula e utiliza materiais de baixo custo, como papel, tesoura e o brinquedo Pinos Mágicos (Elka©). Este brinquedo, uma vez adquirido pela unidade escolar ou pelo próprio professor, pode ser reutilizado para outras atividades práticas com os alunos.

Em virtude dos fatos mencionados em toda a pesquisa, ressaltamos que o uso do modelo didático tridimensional para construção de uma árvore filogenética é um recurso eficaz para contribuir com o processo de ensino por investigação de como se interpreta uma árvore filogenética no Ensino Médio e relatamos que mais sequências didáticas de fácil elaboração e aplicação devem ser concebidas para facilitar o trabalho do professor em sua tarefa cotidiana de lecionar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, ANDREY; SASSERON, LÚCIA. As ideias balizadoras necessárias ao professor ao planejar e avaliar a aplicação de uma sequência de ensino investigativo. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, [en línea], 2013, n.º Extra, pp. 1188-92. Disponível em: <<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307073>> Acesso em 03 maio.2022.

APODACA, M. J.; MCLNERNEY, J. D.; SALA, O. E.; KATINAS, L.; CRISCI, J. V. A Concept Map of Evolutionary Biology to Promote Meaningful Learning in Biology. *The American Biology Teacher*, v.81, n. 2, p. 79–87, 2019.

ALMEIDA, C. M. M.; COSTA, R. D. A.; LOPES, P. T. C.; Contribuições de uma sequência didática eletrônica para o ensino e aprendizagem de Patologia Humana no Ensino Superior. *Revista Tecnologias na Educação – Ano 8 - n 14*, julho 2016.

AMORIM, D. S. Fundamentos de sistemática filogenética. Holos Editora, Ribeirão Preto, 2002. 136p.

ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E.; AMORIM, D. S.; SANTOS, R. L.; CHRISTOFFERSEN, M. L. Sistemática filogenética para o ensino comparado de Zoologia. In: ARAÚJO-DEALMEIDA, E. (org.). *Ensino de Zoologia: ensaios didáticos*. João Pessoa: EdUFPB, p. 85-94, 2007.

BECKER, F. Paulo Freire e Jean Piaget: teoria e prática. *Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas*, v. 9, número especial, 2017, p. 7-47.

CAETANO, L. M. A Epistemologia genética de Jean Piaget. *Revista ComCiencia*. Campinas, SP. No. 120/2010.

CANTELLI, V. C. B; BORGES, R. R.; ASSIS, M. O. Z. Avaliação do desenvolvimento intelectual de alunos da educação de jovens e adultos brasileiros numa perspectiva piagetiana. Campinas: UNICAMP, Faculdade de Educação, Laboratório de Psicologia Genética, 2005. Disponível em: Acesso em: 30 de abril de 2021.

DALDEGAN, G. L. A Epistemologia genética de Jean Piaget. *Revista Face VV* – 2009, n. 2, p. 22-35.

FREITAS, L. A. M.; BARROSO, H. F. D.; RODRIGUES, H. G.; AVERSI-FERREIRA, T. A.. *Construção de modelos embriológicos com material reciclável para uso didático*. Uberlândia, MG. v. 24, p. 91-97, 2008.

HALVERSON, K. L. Improving Tree-Thinking One Learnable Skill at a Time. *Evolution: Education and outreach*, V. 4(1), p.95-106, 2011.

LOPES, L. A.; COSTA, R. D. A.; ALMEISA, C. M. M.; NASCIMENTO, J. M. M.; LOPES, P. T. C. As tecnologias de informação e comunicação no ensino de ciências: cenários para práticas educativas. In: XIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO, 2015, Recife. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Leticia_Lopes2/publication/282353963_AS_TECNOLOGIAS_DE_INFORMACAO_E_COMUNICACAO_NO_ENSINO_DE_CIENCIAS_CENARIOS_PARA_PRATICAS_EDUCATIVAS/links/560d92d708aeed9d137530d0/AS-TECNOLOGIAS-DE-INFORMACAO-E-COMUNICACAO-NO-ENSINO-DE-CIENCIAS-CENARIOS-PARA-PRATICAS-EDUCATIVAS.pdf> Acesso em 20 out.2020.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional comum curricular. Brasil, 2018.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. *Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo?* Belo Horizonte, MG. v.09, p.89-111, 2007.

O'LEARY, ZINA. Como fazer seu projeto de pesquisa: guia prático. Tradução de Ricardo A. Rosenbush. Petrópolis, RJ: Vozes, 2019.

OLIVEIRA, D. M.; BELLINI, M.; ALMEIDA, H. A. *Cladogramas: O que pensam alunos de ciências biológicas*. Ensino, Saúde e Ambiente. Maringá, PR. v. 6, p. 44-52, 2013.

OLIVEIRA, J. C. Fundamentos de sistemática filogenética para professores de ciências e biologia. 2012. Disponível em: <https://professorfabiosilva.webnode.com.br/_files/200000024-36b3337acb/texto%203%20FUNDAMENTOS%20DE%20SISTEM%C3%81TICA%20FILOGEN%C3%89TICA%20PARA%20PROFESSORES%20DE.pdf>. Acessado em 27 de abril de 2022.

ORLANDO, T. C. et al. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*. Alfenas, MG. No.01/2009.

REZENDE, L. P.; GOMES, S. C. S. Uso de modelos didáticos no ensino de genética: estratégias metodológicas para o aprendizado. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, v. 8, n. 2, p. 107-124, 2018.

RODRIGUES, M. E.; DELLA JUSTINA, L. A.; MEGLIORATTI, F.A. O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. Belo Horizonte, MG. v.13, p.65-84, 2011.

SANTOS, V. M. A. Análise sobre as dificuldades apresentadas por alunos do ensino médio nos conteúdos de genética. Orientador: Francisco das Chagas de Melo Brito. 2017. 22f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Ciências) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, 2017.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre: UFRGS, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(no. Especial), p.49–67, 2015.


SECRETARIA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO RIO DE JANEIRO. Currículo Mínimo 2012 Ciências e Biologia. Rio de Janeiro, RJ. 2012.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2015. Uberlândia/MG.


VENDRUSCOLO, M. I.; BEHAR, P. A. Investigando modelos pedagógicos para educação a distância: desafios e aspectos emergentes. *Educação* (Porto Alegre), v. 39, n. 3, p. 302-311, 2016

APÊNDICE A – Autorização da escola para realização da pesquisa

1



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
 Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes
 PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia



Resende, 25 de março de 2021.

À Direção do Colégio Estadual Olavo Bilac

Prezado (a) Diretor (a),

Venho por meio desta, solicitar autorização para realização da pesquisa “Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de cladograma para aprendizagem de filogenética empregando modelos tridimensionais com o brinquedo Pinos Mágicos”, na Unidade Escolar sob sua direção. A pesquisa será desenvolvida por José Afonso de Menezes Júnior, aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), orientado pela prof.^a Dra. Jaqueline Gusmão da Silva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), visando a elaboração de dissertação de mestrado, um dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre, pela UERJ.

O objetivo central deste estudo é realizar uma sequência didática com estudantes do ensino médio usando a investigação para a produção de conhecimentos sobre sistemática filogenética e cladogramas. Declaramos que a participação na pesquisa é livre e seus participantes serão devidamente informados da natureza do trabalho através de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), bem como terão seu anonimato garantido.

Em anexo segue a proposta da pesquisa.

Atenciosamente,

Mestrando José Afonso de Menezes Júnior

 Orientadora Jaqueline Gusmão da Silva

Eu, Luciano de Jesus Cupertino (nome legível) responsável pela Instituição Colégio Estadual Olavo Bilac, declaro que fui informado dos objetivos da pesquisa acima, e concordo em autorizar a execução da mesma nesta instituição. Caso necessário, a qualquer momento, como instituição co-participante desta pesquisa, podemos revogar esta autorização, se comprovadas atividades que causem algum prejuízo a esta instituição ou ao sigilo da participação dos seus integrantes. Declaro, ainda, que não recebemos qualquer tipo de remuneração por esta autorização, bem como os participantes também não o receberão. A pesquisa só terá início nesta instituição após apresentação do Parecer de Aprovação por um Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos.

Luciano de Jesus Cupertino

 Responsável pela Instituição (assinatura e carimbo)

Luciano de Jesus Cupertino
 Diretor Geral
 ID: 4274947-6
 Matrícula: 9720934-7

APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido para os responsáveis

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
 Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes
 PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O(A) menor _____, sob sua responsabilidade, está sendo convidado a participar da pesquisa “Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de cladograma para aprendizagem de filogenética empregando modelos tridimensionais com o brinquedo Pinos Mágicos”, desenvolvido por José Afonso de Menezes Júnior, aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), orientado pela profa. Dra. Jaqueline Gusmão da Silva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). O objetivo central deste estudo é realizar uma sequência didática com estudantes do ensino médio usando a investigação para a produção de conhecimentos sobre sistemática filogenética e cladogramas.

Para esta pesquisa adotaremos a seguinte metodologia: realização de atividades pedagógicas dialógicas sobre cladogramas e sistemática filogenética e produção de ebook para divulgação científica das atividades desenvolvidas pelos estudantes. A viabilidade da sequência didática desenvolvida será avaliada por professores de biologia do ensino médio. A participação dele(a) é muito importante e consistirá em realizar atividades pedagógicas nas aulas de Biologia utilizando materiais como peças plásticas do brinquedo conhecido popularmente como Pino Mágico e o uso de um aplicativo para construção de diagramas virtuais conhecido como Lucidchart, além de responder um questionário contendo perguntas sobre temas dos conteúdos de genética que fazem parte do currículo do Ensino Médio.

Para participar desta pesquisa, o(a) menor sob sua responsabilidade não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, ele tem assegurado o direito à indenização. Ele(a) será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. O(A) Sr.(a), como responsável pelo menor, poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação dele a qualquer momento. A participação dele(a) é voluntária, isto é, ela não é obrigatória e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a). O pesquisador irá tratar a identidade

e dele(a) com padrões profissionais de sigilo. O(A) menor não será identificado em nenhuma publicação.

Como risco envolvido na pesquisa, há o possível desconforto gerado a partir das respostas colocadas no questionário. Desta forma, para reduzir qualquer possibilidade de constrangimento e exposição, a privacidade dele(a) será respeitada. O nome, imagem ou qualquer outro dado que possa identificá-lo(a) será mantido sob sigilo, inclusive na publicação dos resultados da pesquisa. Os dados e os instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Os benefícios (diretos) relacionados à participação do(a) menor nesta pesquisa é a oportunidade de aprendizagem e a melhor compreensão do conteúdo abordado em sala de aula, proporcionados pela sequência didática desenvolvida. A participação do(a) menor é muito importante para o desenvolvimento desta pesquisa.

A qualquer momento, durante a pesquisa ou posteriormente, o(a) Sr.(a), como responsável pelo menor, poderá solicitar do pesquisador informações sobre participação do(a) menor e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito através dos meios de comunicação contidos neste Termo. Este Termo será impresso em duas vias, sendo uma de posse do pesquisador e outra a ser entregue a você. Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com a Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ. A Comissão de Ética é um órgão que tem por objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade, além de contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro dos padrões éticos. Dessa forma, a Comissão tem o papel de avaliar e acompanhar o andamento do projeto de modo que a pesquisa respeite os princípios éticos de proteção aos direitos humanos, da dignidade, da autonomia, da não perversidade, da confidencialidade e da privacidade.

CONTATO DO PESQUISADOR

José Afonso de Menezes Júnior (juniorquatis@gmail.com) – Cel. (24) 99983-9646

Orientadora: Jaqueline Gusmão da Silva(gusmao.jaque@gmail.com)

IBRAG - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IBRAG-UERJ)

Boulevard 28 de Setembro, 87 - Vila Isabel, Rio de Janeiro – RJ – Brasil - Cep: 20511-010

CONTATO DA COMISSÃO DE ÉTICA

Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ

Rua São Francisco Xavier, 524, sala 3018, bloco E, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ - Brasil - Cep: 20550-900

Tel.: (21) 2334-2180

E-mail: etica@uerj.br

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade nº _____, responsável pelo(a) menor _____ fui informado(a) dos objetivos da presente pesquisa, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas.

Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar a decisão do(a) menor sob minha responsabilidade de participar, se assim o desejar. Recebi uma via original deste Termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Autorizo o uso da imagem: () Sim () Não

Resende, _____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) responsável

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE C - Termo de assentimento livre e esclarecido para os alunos menores de idade

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes
PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia

**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado participante,

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de cladograma para aprendizagem de filogenética empregando modelos tridimensionais com o brinquedo Pinos Mágicos”, desenvolvido por José Afonso de Menezes Júnior, aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), orientado pela profa. Dra. Jaqueline Gusmão da Silva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). O objetivo central deste estudo é realizar uma sequência didática com estudantes do ensino médio usando a investigação para a produção de conhecimentos sobre sistemática filogenética e cladogramas.

Para esta pesquisa adotaremos a seguinte metodologia: realização de atividades pedagógicas dialógicas sobre cladogramas e sistemática filogenética e produção de ebook para divulgação científica das atividades desenvolvidas pelos estudantes. A viabilidade da sequência didática desenvolvida será avaliada por professores de biologia do ensino médio. A participação dele(a) é muito importante e consistirá em realizar atividades pedagógicas nas aulas de Biologia utilizando materiais como peças plásticas do brinquedo conhecido popularmente como Pino Mágico e o uso de um aplicativo para construção de diagramas virtuais conhecido como Lucidchart, além de responder um questionário contendo perguntas sobre temas dos conteúdos de genética que fazem parte do currículo do Ensino Médio.

Para participar desta pesquisa, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização. Você será informado em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento sem necessidade de justificativa. A sua participação é voluntária, isto é, ela não é obrigatória e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a).

O pesquisador irá tratar a identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação.

Como risco envolvido na pesquisa, há o possível desconforto gerado a partir das respostas colocadas no questionário. Desta forma, para reduzir qualquer possibilidade de constrangimento e exposição, sua privacidade será respeitada. Seu nome, imagem ou qualquer outro dado que possa identificá-lo(a) será mantido sob sigilo, inclusive na publicação dos resultados da pesquisa. Os dados e os instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Os benefícios (diretos) relacionados à sua participação nesta pesquisa é a oportunidade de aprendizagem e a melhor compreensão do conteúdo abordado em sala de aula, proporcionados pela sequência didática desenvolvida. Sua participação é muito importante para o desenvolvimento desta pesquisa.

A qualquer momento, durante a pesquisa ou posteriormente, você e/ou seu responsável poderão solicitar do pesquisador informações sobre sua participação e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito através dos meios de comunicação contidos neste Termo. Este Termo será impresso em duas vias, sendo uma de posse do pesquisador e outra a ser entregue a você. Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com a Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ. A Comissão de Ética é um órgão que tem por objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade, além de contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro dos padrões éticos. Dessa forma, a Comissão tem o papel de avaliar e acompanhar o andamento do projeto de modo que a pesquisa respeite os princípios éticos de proteção aos direitos humanos, da dignidade, da autonomia, da não perversidade, da confidencialidade e da privacidade.

CONTATO DO PESQUISADOR

José Afonso de Menezes Júnior (juniorquatis@gmail.com) – Cel. (24) 99983-9646

Orientadora: Jaqueline Gusmão da Silva(gusmao.jaque@gmail.com)

IBRAG - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IBRAG-UERJ)

Boulevard 28 de Setembro, 87 - Vila Isabel, Rio de Janeiro – RJ – Brasil - Cep: 20511-010

CONTATO DA COMISSÃO DE ÉTICA

Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ

Rua São Francisco Xavier, 524, sala 3018, bloco E, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ - Brasil - Cep: 20550-900

Tel.: (21) 2334-2180

E-mail: etica@uerj.br

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade nº _____ (se já tiver documento), fui informado(a) dos objetivos da presente pesquisa, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e o meu responsável poderá modificar a decisão sobre a minha participação, se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar dessa pesquisa. Recebi o Termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Autorizo o uso da imagem: () Sim () Não

Resende, _____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) menor

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE D - Termo de consentimento livre e esclarecido para alunos maiores de idade

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
 Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes
 PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado participante,

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de cladograma para aprendizagem de filogenética empregando modelos tridimensionais com o brinquedo Pinos Mágicos”, desenvolvido por José Afonso de Menezes Júnior, aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), orientado pela profa. Dra. Jaqueline Gusmão da Silva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). O objetivo central deste estudo é realizar uma sequência didática com estudantes do ensino médio usando a investigação para a produção de conhecimentos sobre sistemática filogenética e cladogramas.

Para esta pesquisa adotaremos a seguinte metodologia: realização de atividades pedagógicas dialógicas sobre cladogramas e sistemática filogenética e produção de ebook para divulgação científica das atividades desenvolvidas pelos estudantes. A viabilidade da sequência didática desenvolvida será avaliada por professores de biologia do ensino médio. A participação dele(a) é muito importante e consistirá em realizar atividades pedagógicas nas aulas de Biologia utilizando materiais como peças plásticas do brinquedo conhecido popularmente como Pino Mágico e o uso de um aplicativo para construção de diagramas virtuais conhecido como Lucidchart, além de responder um questionário contendo perguntas sobre temas dos conteúdos de genética que fazem parte do currículo do Ensino Médio.

Para participar desta pesquisa, você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização. Você será informado em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Você poderá retirar o seu consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária, isto é, ela não é obrigatória e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a). O pesquisador irá tratar a identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação.

Como risco envolvido na pesquisa, há o possível desconforto gerado a partir das respostas colocadas no questionário. Desta forma, para reduzir qualquer possibilidade de constrangimento e exposição, sua privacidade será respeitada. Seu nome, imagem ou qualquer outro dado que possa identificá-lo(a) será mantido sob sigilo, inclusive na publicação dos resultados da pesquisa. Os dados e os instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Os benefícios (diretos) relacionados à sua participação nesta pesquisa é a oportunidade de aprendizagem e a melhor compreensão do conteúdo abordado em sala de aula, proporcionados pela sequência didática desenvolvida. Sua participação é muito importante para o desenvolvimento desta pesquisa.

A qualquer momento, durante a pesquisa ou posteriormente, você poderá solicitar do pesquisador informações sobre sua participação e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito através dos meios de comunicação contidos neste Termo. Este Termo será impresso em duas vias, sendo uma de posse do pesquisador e outra a ser entregue a você. Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com a Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ. A Comissão de Ética é um órgão que tem por objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade, além de contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro dos padrões éticos. Dessa forma, a Comissão tem o papel de avaliar e acompanhar o andamento do projeto de modo que a pesquisa respeite os princípios éticos de proteção aos direitos humanos, da dignidade, da autonomia, da não perversidade, da confidencialidade e da privacidade.

CONTATO DO PESQUISADOR

José Afonso de Menezes Júnior (juniorquatis@gmail.com) – Cel. (24) 99983-9646

Orientadora: Jaqueline Gusmão da Silva(gusmao.jaque@gmail.com)

IBRAG - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IBRAG-UERJ)

Boulevard 28 de Setembro, 87 - Vila Isabel, Rio de Janeiro – RJ – Brasil - Cep: 20511-010

CONTATO DA COMISSÃO DE ÉTICA

Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ

Rua São Francisco Xavier, 524, sala 3018, bloco E, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ - Brasil - Cep: 20550-900

Tel.: (21) 2334-2180

E-mail: etica@uerj.br

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade nº _____, fui informado(a) dos objetivos da presente pesquisa, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar a decisão sobre a minha participação, se assim o desejar. Recebi uma via original deste Termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Autorizo o uso da imagem: () Sim () Não

Resende, _____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) menor

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE E – Questionário discursivo de coleta de dados após a aula expositiva e após a aula prática de construção das árvores filogenéticas



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes
PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia**

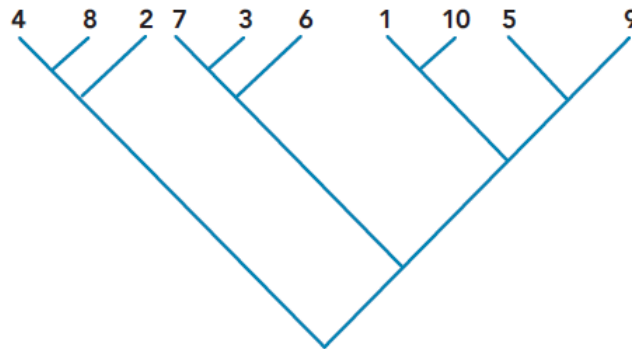
Questionário de coleta de dados 1

Questionário discente (monitoramento)

Nome: _____

1- Pesquisas identificaram um potente antibiótico produzido pelo fungo *Streptomyces* sp. 3, mas que possui elevado custo de comercialização. A partir de sequências genéticas de espécies de *Streptomyces* relacionadas à produção de antibióticos, foi elaborado o cladograma abaixo.

Espécies de *Streptomyces*



Com base no cladograma, identifique as duas outras espécies de fungos que devem ser priorizadas nos estudos para a produção desse antibiótico.

Aposte, ainda, a vantagem da utilização do cladograma na busca de espécies para a produção do medicamento.

APÊNDICE F – Questionário de avaliação da sequência didática pelos alunos



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes
PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia**



**Questionário de coleta de dados
Questionário discente (monitoramento)**

Nome _____

–

Questionário após construir a árvore filogenética com os pinos mágicos:

- 1) Você já tinha entendido como se interpreta uma árvore filogenética antes da atividade ser feita?
 - () Sim.
 - () Parcialmente.
 - () Não.
 - () não se aplica.

- 2) A construção da árvore filogenética melhorou a compreensão dos conteúdos?
 - () concordo.
 - () concordo parcialmente.
 - () discordo.
 - () não se aplica.

- 3) Montar esse modelo tridimensional tornou a aula mais atrativa?
 - () concordo.
 - () concordo parcialmente.
 - () discordo.
 - () não se aplica.

- 4) Você gostaria que as aulas tivessem mais atividades como essa?
 - () concordo.
 - () concordo parcialmente.
 - () discordo.
 - () não se aplica.

- 5) Deixe algum comentário, se quiser, sobre sua participação nesse aula prática.

ANEXO A – Competências gerais da Educação Básica na BNCC

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

Fonte: adaptada de BRASIL, 2018.

ANEXO B – Competência específica 1 e Habilidades relacionadas da BNCC

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1
<p>Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p>
HABILIDADES
<p>(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.</p>
<p>(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, com base na análise dos efeitos das variáveis termodinâmicas e da composição dos sistemas naturais e tecnológicos.</p>
<p>(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.</p>
<p>(EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos.</p>
<p>(EM13CNT105) Analisar a ciclagem de elementos químicos no solo, na água, na atmosfera e nos seres vivos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.</p>
<p>(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.</p>

Fonte: adaptada de CASTRO, SANTA, BARATA e ALMOULOU, 2020.

ANEXO C – Competência específica 2 e Habilidades relacionadas da BNCC

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2
Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.
HABILIDADES
(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.
(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.
(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.
(EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.
(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
(EM13CNT207) Identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando as dimensões física, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

Fonte: adaptada de CASTRO, SANTA, BARATA e ALMOULOU, 2020.

ANEXO D – Competência específica 3 e Habilidades relacionadas da BNCC

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3
<p>Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p>
HABILIDADES
<p>(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p>
<p>(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.</p>
<p>(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.</p>
<p>(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.</p>
<p>(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.</p>
<p>(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.</p>
<p>(EM13CNT307) Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis.</p>
<p>(EM13CNT308) Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos.</p>
<p>(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.</p>
<p>(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.</p>

Fonte: adaptada de CASTRO, SANTA, BARATA e ALMOULOU, 2020.

ANEXO E - Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da UERJ

UERJ - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO;

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de cladograma para aprendizagem de filogenética empregando modelos tridimensionais com o brinquedo Pinos Mágicos

Pesquisador: JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 43202621.6.0000.5282

Instituição Proponente: PROFBIO - MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.747.153

Apresentação do Projeto:

Trata-se de pesquisa de Mestrado Profissional da Biologia da Uerj, o qual propõe: "Na primeira etapa dessa pesquisa, será analisada uma amostragem aleatória de 100 de provas de Biologia fornecidas pelo Departamento de Seleção Acadêmica da Uerj (DESEA) da segunda fase do vestibular de 2019 da UERJ. Dessas provas será analisada a questão de número nove, que abrange o conteúdo sobre análise e interpretação de cladogramas, obtendo assim um perfil dos principais erros e equívocos na compreensão desse conteúdo. Após a aprovação do projeto pelo comitê de ética em pesquisa, na segunda etapa do trabalho, serão realizadas duas aulas expositivas, em um total de 90 minutos em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Olavo Bilac, no município de Resende/RJ, sobre a interpretação de cladogramas, utilizando os recursos didáticos mais comuns como o próprio livro didático e projetor. Após as aulas expositivas, na terceira etapa, será realizada uma atividade avaliativa sobre o tema com questões discursivas para se verificar o aprendizado dos alunos sobre o tema, sendo uma dessas questões a mesma que está presente na prova da UERJ utilizada na primeira etapa. Depois desses momentos de aula expositiva e avaliação, na quarta etapa, será então proposta a construção de modelos de cladogramas, utilizando o brinquedo Pino Mágico com a metodologia do ensino investigativo. Para isso, será solicitado aos alunos se organizarem em grupos, para que escolham grupos específicos de seres vivos de sua

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018
Bairro: Maracanã **CEP:** 20.559-900
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2334-2180 **Fax:** (21)2334-2180 **E-mail:** etica@uerj.br

Continuação do Parecer: 4.747.153

preferência (como aves, mamíferos, felinos e primatas). Será solicitado que cada grupo faça uma pesquisa das principais características morfológicas e fisiológicas de cada um dos respectivos grupos escolhidos e elaborem cartas com o nome e a descrição de cada uma dessas características. Assim, de posse da pesquisa e das cartas com as características do grupo, os alunos irão montar o modelo do cladograma do grupo específico que escolheram, utilizando o brinquedo Pino Mágico, com base em uma relação filogenética já proposta, alocando as cartas com as características que pesquisaram. Na quinta etapa, o mesmo modelo do cladograma, utilizado por cada grupo na quarta etapa, será construído de forma virtual utilizando as ferramentas disponibilizadas no site gratuito Lucidchart, disponível para acesso, em português, no endereço: <https://www.lucidchart.com/pages/pt>. Na sexta etapa, após a experiência com os modelos de cladogramas da quarta e quinta etapas, a mesma avaliação discursiva utilizada na terceira etapa será aplicada para comparar suas respostas e verificar se houve ou não melhor apreensão dos conteúdos pelos alunos. A seguir, será elaborado o ebook contendo as informações de como reproduzir e aplicar essa sequência didática."

Objetivo da Pesquisa:

Segundo o pesquisador, o objetivo principal da pesquisa é: "Desenvolver, juntamente com os alunos do Ensino Médio do Colégio Estadual Olavo Bilac, situado na Avenida Presidente Vargas, Nº 397 - Campos Elísios, Resende - RJ, CEP: 27542-140, e por meio de uma atividade investigativa, uma série didática para a construção de modelos de cladogramas facilitadores do ensino-aprendizado sobre sistemática filogenética no Ensino Médio."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

São informados os seguintes riscos e benefícios: "Como risco envolvido na pesquisa, há o possível desconforto gerado a partir das respostas colocadas no questionário. Desta forma, para reduzir qualquer possibilidade de constrangimento e exposição, a privacidade será respeitada. O nome, imagem ou qualquer outro dado que possa identificar os participantes será mantido sob sigilo, inclusive na publicação dos resultados da pesquisa. No manuseio das peças do brinquedo Pinos Mágicos, há o risco de uso indevido das peças de tamanho pequeno, por isso será feita sempre com a supervisão do professor/pesquisador do projeto.[...] Os benefícios (diretos) relacionados à participação nesta pesquisa são a oportunidade de aprendizagem e a melhor compreensão do conteúdo abordado em sala de aula, proporcionados pela sequência didática desenvolvida."

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018
 Bairro: Maracanã CEP: 20.559-900
 UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
 Telefone: (21)2334-2180 Fax: (21)2334-2180 E-mail: etica@uerj.br

UERJ - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO;



Continuação do Parecer: 4.747.153

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A proposta tem objetivos claros, apresenta metodologia condizente e a construção da sequência didática permitirá sua reprodutibilidade.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A folha de rosto está assinada e carimbada pelo coordenador do PROFBIO. Cronograma e orçamento detalhados são apresentados e há o compromisso de só iniciar a pesquisa após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética. Incluíram-se o TCLE, TCLE ao responsável e o Termo de Assentimento do Menor, escritos na forma de convite, em linguagem acessível e com solicitação com caixas específicas para o uso de imagem, rubricas nas páginas anteriores à final e as informações do pesquisador e do CEP. Não há um TAI da escola onde os alunos serão recrutados, mas o pesquisador se compromete a fazê-lo tão logo as condições sanitárias, relacionadas à pandemia, o permitam.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Ante o exposto, a COEP deliberou pela aprovação do projeto, visto que não há implicações éticas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Faz-se necessário apresentar Relatório Anual - previsto para maio de 2022. A COEP deverá ser informada de fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo, devendo o pesquisador apresentar justificativa, caso o projeto venha a ser interrompido e/ou os resultados não sejam publicados.

Tendo em vista a legislação vigente, o CEP recomenda ao(à) Pesquisador(a): Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e/ou no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, para análise das mudanças; informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; o comitê de ética solicita a V.S.^a que encaminhe a esta comissão relatórios parciais de andamento a cada 06 (seis) meses da pesquisa e, ao término, encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto; os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018
 Bairro: Maracanã CEP: 20.550-900
 UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
 Telefone: (21)2334-2180 Fax: (21)2334-2180 E-mail: etica@uerj.br

UERJ - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO;



Continuação do Parecer: 4.747.153

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1698582.pdf	17/05/2021 15:54:59		Aceito
Declaração de Pesquisadores	Mudancas_realizadas.docx	17/05/2021 15:54:06	JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_do_pesquisador.docx	17/05/2021 15:53:46	JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_para_os_responsaveis.docx	17/05/2021 15:36:58	JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_para_alunos_maiores_de_idade.docx	17/05/2021 15:36:48	JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_assentimento_livre_e_esclarecido_para_os_alunos_menores_de_idade.docx	17/05/2021 15:36:23	JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.pdf	08/02/2021 11:14:01	JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_anuencia.docx	08/02/2021 10:43:57	JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	08/02/2021 10:22:39	JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_assinada.pdf	08/02/2021 10:10:29	JOSE AFONSO DE MENEZES JUNIOR	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 31 de Maio de 2021

Assinado por:
ALBA LUCIA CASTELO BRANCO
(Coordenador(a))

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018
Bairro: Maracanã CEP: 20.550-900
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2334-2180 Fax: (21)2334-2180 E-mail: etica@uerj.br

ANEXO F – Artigo submetido

Construção e Interpretação de Árvore Filogenética Usando Modelo Tridimensional

José Afonso de Menezes Júnior

Mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO)
Professor da Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro
juniorquatis@gmail.com

Jaqueline Gusmão da Silva

Doutora em Ciências Biológicas (Genética) - UFRJ
Professora Associada da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
gusmao.jaque@gmail.com

Este artigo descreve uma experiência de aplicação de uma sequência didática com discentes de uma escola pública do estado do Rio de Janeiro. O objetivo dessa sequência didática foi, por meio de uma atividade investigativa e construção de modelos tridimensionais de árvores filogenéticas, proporcionar aos alunos a aprendizagem de como se interpretar corretamente uma árvore filogenética, bem como identificar que a árvore filogenética expressa uma hipótese evolutiva dos seres vivos que estão nessa árvore. O uso do modelo tridimensional contribuiu para que pudessem perceber o objetivo de se construir uma árvore filogenética. Além disso, a aula ficou mais agradável e melhorou o ambiente para que o processo de ensino-aprendizagem pudesse ocorrer.

Palavras-chave: Sequência Didática. Árvore Filogenética. Ensino por Investigação

Introdução

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estão descritas dez competências gerais que norteiam o desenvolvimento dos alunos na educação básica. O Ensino Médio é a última etapa desse processo e a disciplina de Biologia está dentro da área de conhecimento chamada Ciências da Natureza (Brasil, 2018).

No Novo Ensino Médio, a disciplina de Biologia é um dos Itinerários Formativos propostos na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para que os discentes curse. Ao longo dessa disciplina, serão lecionados conceitos sobre genética e evolução, o que fornece uma oportunidade para se desenvolver também os conceitos sobre filogenética, já que uma das competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a ser desenvolvida pelos discentes, é a de interpretar a dinâmica da vida e elaborar argumentos sobre o funcionamento da evolução dos seres vivos (BRASIL, 2018).

De acordo com Munford e Lima (2007) o ensino por investigação precisa promover um ensino interativo, assim, o ensino por investigação já se torna uma forma importante que oportuniza aos alunos desenvolverem a interpretação de fatos e elaboração de hipóteses e argumentos, que são competências a serem desenvolvidas, segundo a BNCC.

No estudo dos seres vivos, com base na sistemática filogenética, permite abordar esse tema de forma comparativa e assim, estabelecer uma relação entre os seres vivos e as características que compartilham, possibilitando a percepção de grupos de seres vivos com uma ancestralidade comum. O estudo sob essa perspectiva substitui a maneira mais comum que é a simples memorização de características de cada grupo de ser vivo estudado (RODRIGUES, JUSTINA e MEGLHIORATTI, 2011).

A interpretação de árvores filogenéticas e conceitos de filogenia no Ensino Médio, são assuntos que os alunos e até professores tem dificuldade (OLIVEIRA, BELLINI e ALMEIDA, 2013).

Assim, esta sequência didática visa contribuir para o ensino de Biologia, no que tange a sistemática filogenética ao desenvolver, juntamente com os alunos do Ensino Médio, a construção de uma árvore filogenética utilizando o brinquedo Pinos Mágicos (Elka©), contribuindo para a apreensão dos conceitos de sistemática filogenética por parte dos discentes.

Caracterização dos participantes

Este estudo foi desenvolvido com cinquenta e sete discentes, de quatro turmas, do Primeiro Ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Olavo Bilac, localizado na Avenida Presidente Vargas, Nº 397 - Campos Elísios, Resende - RJ,

CEP: 27542-140. Para a realização da sequência didática, os alunos foram divididos em grupos de aproximadamente 6 integrantes.

O objetivo dessa sequência didática foi, por meio de uma atividade investigativa, construir modelos de árvores filogenéticas, facilitadoras do ensino-aprendizado sobre sistemática filogenética e evolução no Ensino Médio.

Metodologia

A metodologia utilizada nesse trabalho foi com uma abordagem qualitativa, conforme apresentado por O’Leary (2019).

A sequência didática foi elaborada como uma resposta a um problema identificado. Na correção de provas discursivas de Biologia aplicada no exame do vestibular da UERJ em 2019, foi observado um alto índice de erros dos candidatos em uma questão de conteúdos de sistemática filogenética da avaliação conforme dado fornecido pelo Departamento de Seleção Acadêmica da Uerj (DESEA) para realização deste trabalho (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultado do vestibular UERJ 2019 – segunda fase – Questão 09 do exame discursivo.

QUESTÃO	PONTOS	QUANTITATIVO	PERCENTUAL
9	0	3318	28,00
	0,01 - 0,50	716	6,04
	0,51 - 1,00	1390	11,73
	1,01 - 1,50	1765	14,89
	1,51 - 2,00	4663	39,34

Fonte: Departamento de Seleção Acadêmica da UERJ (DESEA)

Foi solicitado ao Departamento de Seleção Acadêmica da Uerj (DESEA) que fornecesse, para o presente estudo, cópias não identificadas de uma amostragem aleatória de 100 provas da questão discursiva de sistemática filogenética aplicada no exame do vestibular da UERJ em 2019, objetivando avaliar os principais erros cometidos pelos candidatos e diagnósticos sobre os conceitos e dificuldades. Analisando as respostas de 100 provas discursivas, envolvendo o conhecimento sobre a filogenética e cladogramas, verificou-se que 41 candidatos demonstraram correta interpretação do cladograma observando a justificativa de sua resposta. Do total, 40 candidatos demonstraram interpretar parcialmente as informações do cladograma, refletindo a compreensão equivocada das informações na elaboração de uma justificativa errônea. Dezenove candidatos não souberam interpretar o

cladograma exposto na questão e, por conseguinte, cometeram equívoco na sua justificativa.

Assim, foi elaborado o roteiro dessa sequência didática com o objetivo de facilitar o aprendizado desse conteúdo, permitindo aos alunos aprenderem como se interpreta corretamente uma árvore filogenética, bem como identificar que a árvore filogenética expressa uma hipótese evolutiva dos seres vivos que estão nessa árvore. Para isso, utilizou-se um grupo fictício de seres vivos, com características morfológicas de fácil percepção para facilitar o aprendizado da interpretação de uma árvore filogenética.

Roteiro da sequência didática

Foi elaborado o seguinte roteiro para aplicação dessa sequência didática:

1. Dividir os alunos da sala de aula em grupos de cerca de 6 integrantes, cada um.
2. Entregar uma cópia das figuras de joaninhas (Figura 2) para cada grupo de alunos.
3. Mostrar a árvore filogenética pronta, conforme a figura 3, colocando as joaninhas de A até F, sem listar as plesiomorfias, simplesiomorfias, apomorfias e sinapomorfias.
4. Orientar cada grupo a observar as características listadas e comparar com as figuras das joaninhas na árvore filogenética e assim determinarem quais características são compartilhadas entre os táxons (plesiomorfias/simplesiomorfias e sinapomorfias) e quais características são novidades evolutivas (apomorfias).
5. Pedir aos alunos para alocarem na árvore filogenética as características que identificaram começando pelas plesiomorfias/simplesiomorfias (1 par de antenas, 3 pares de patas, asas vermelhas), sinapomorfias até as apomorfias.
6. Mostrar aos alunos os ramos, nós internos e terminais, explicando que os internos representam o ancestral compartilhado entre os táxons. Demonstrar que os ramos de táxons irmãos podem ser “girados” ou invertidos, sem que as relações evolutivas sejam modificadas.
7. Discutir com a turma como surgem as apomorfias (mutações), como elas são passadas aos novos grupos e o processo de especiação.

Materiais

Para execução dessa sequência didática, foram utilizados modelos impressos de joaninhas fictícias (Figura 1), com características de fácil percepção e

compreensão dos alunos (Figura 2), além do brinquedo Pinos Mágicos (Elka©), para confecção da árvore filogenética tridimensional.

Figura 1 - Desenhos para recortar e montar a árvore filogenética.

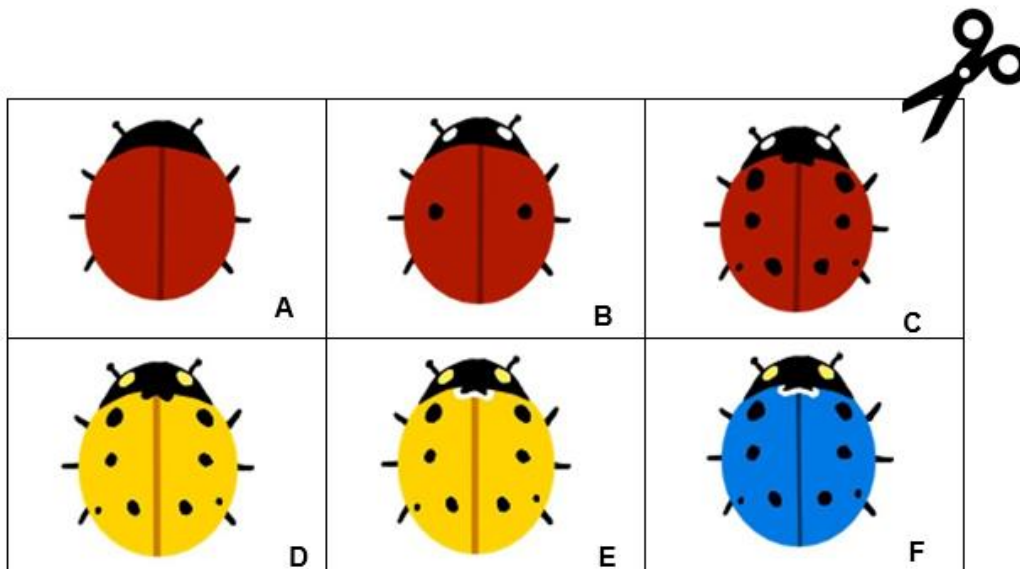


Figura 2 – Lista de Características

Lista de características

Asas Vermelhas	8 Pintas na asa
3 pares de patas	2 Manchas amarelas na cabeça
2 Pintas nas asas	Asas Amarelas
2 Manchas brancas na cabeça	Contorno branco na cabeça
1 par de antenas	Asas Azuis

Figura 3 – Estrutura da árvore filogenética para mostrar aos alunos

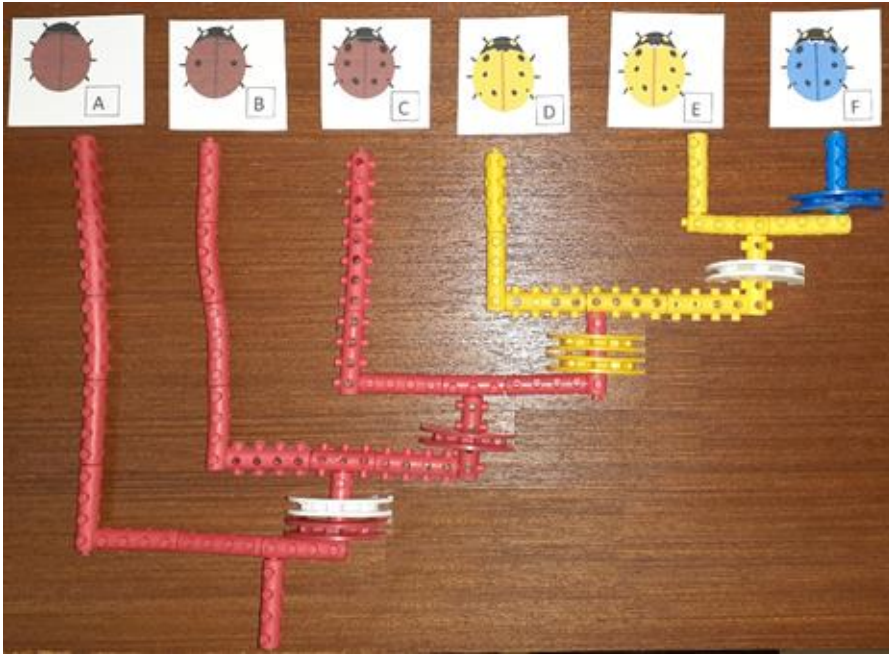
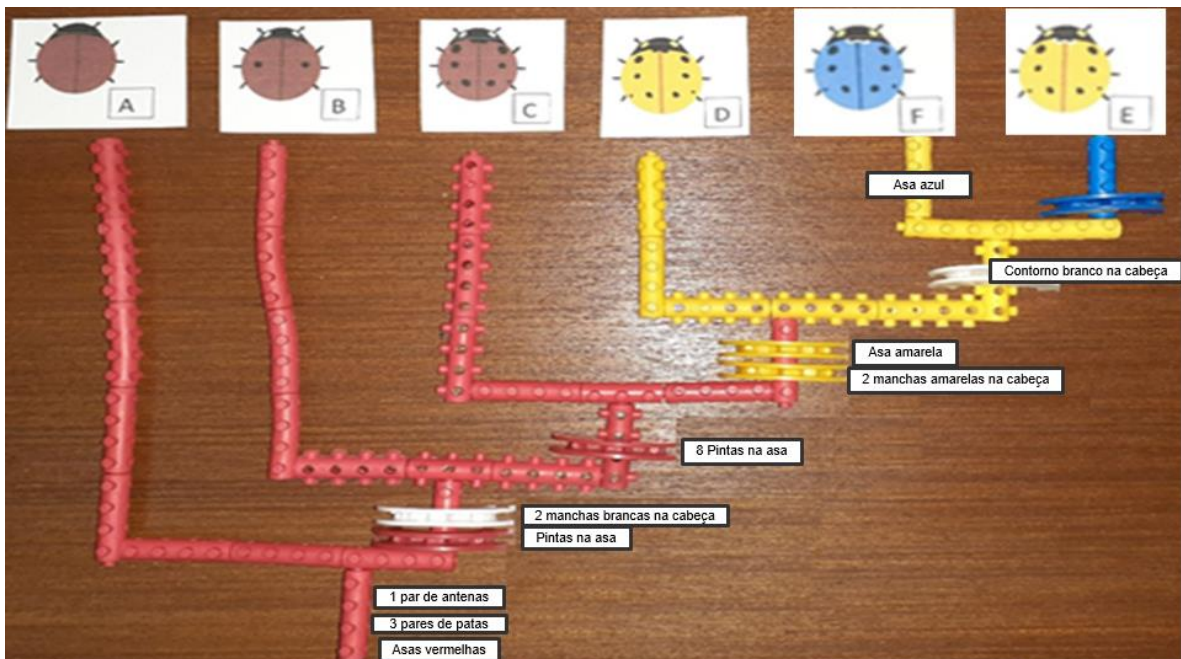


Figura 4 – Árvore filogenética completa



Resultados e Discussão

O professor começou a aula pedindo aos alunos que se dividissem em grupos de quatro a seis integrantes. Após a reconfiguração da sala de aula com os grupos, ele passou a utilizar o recurso visual do Datashow para dar as instruções da aula prática.

Na primeira parte da atividade, após fornecer o roteiro da prática, foi solicitado aos alunos que recortassem os diferentes modelos de joaninhas disponibilizados no roteiro, bem como os nomes das características que elas apresentam, de forma que as joaninhas ficassem individualizadas, assim como as características, para que pudessem ser manipuladas de forma independente durante a atividade.

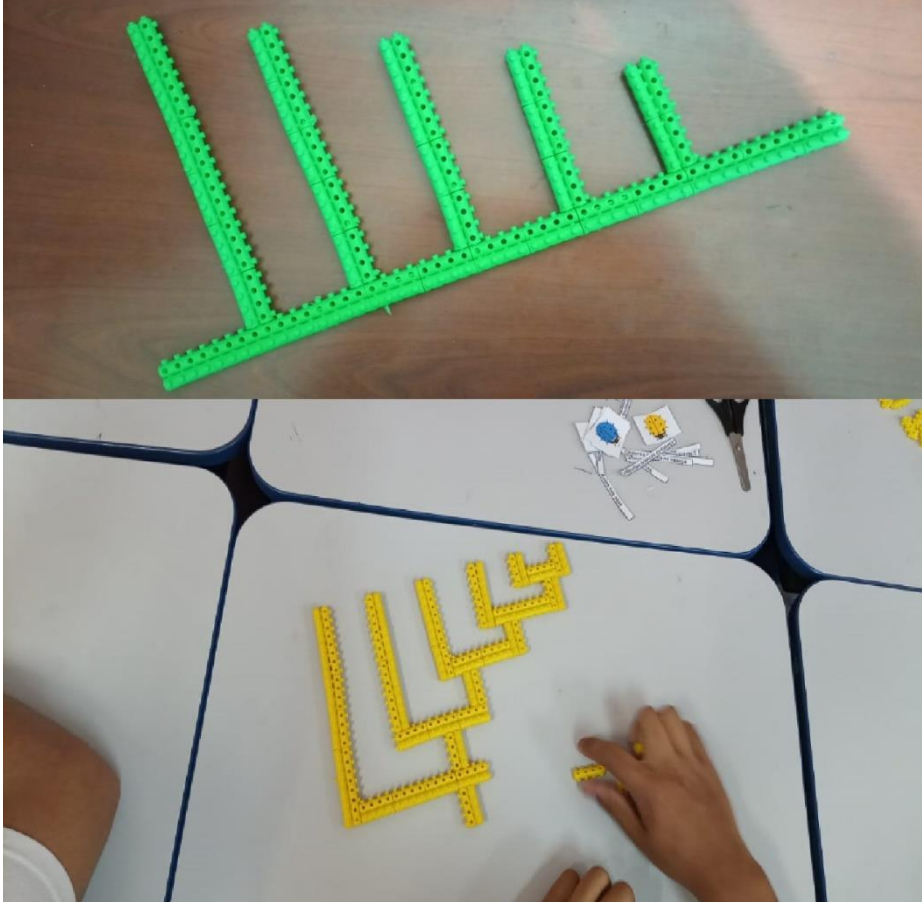
Figura 5 – Alunos montando a árvore filogenética



Nos grupos formados, enquanto alguns alunos executavam os recortes das joaninhas e das características, os demais começaram a trabalhar com os Pinos Mágicos (Elka©), montando pequenas estruturas formadas por dois pinos. Ao se usar como base, sempre dois pinos juntos, ao invés de um único, a estrutura montada ao final ficará mais firme e estável, gerando melhores resultados. Com os pinos montados dois a dois, os alunos então construíram os modelos de árvore filogenética apresentados a eles. O professor apresentou o modelo de árvore filogenética apenas com os nós e os seis ramos formados, sem qualquer outra

informação e sem colocar quais joaninhas estariam em cada um dos seis ramos da árvore (Figura 6). Não foi informada também a posição de nenhuma característica apresentada pelas joaninhas que já haviam sido recortadas.

Figura 6 - Modelo de árvore filogenética construído com os Pinos Mágicos (Elka©)



Depois de montado o diagrama da árvore filogenética, com os seis ramos e sem mais nenhuma outra informação, o docente apresentou uma imagem dela com as seis joaninhas posicionadas, para que os alunos as colocassem em suas respectivas árvores. É importante enfatizar que a prática desenvolvida tem como objetivo permitir aos alunos aprenderem a interpretar uma árvore filogenética e não a construir uma, por isso o professor fornece a imagem das joaninhas já posicionadas. Conforme relatado por Halverson (2011) em um estudo cujo objetivo era identificar as habilidades necessárias para que estudantes universitários pudessem superar desafios de construção e interpretação de árvores filogenéticas, as habilidades relativas à interpretação precederam às habilidades relativas à

construção da árvore filogenética, assim, é adequado que se foque primeiro na interpretação das árvores filogenéticas no ensino médio.

Figura 7 - Modelo de árvore filogenética construído com os Pinos Mágicos (Elka©) com as joaninhas para mostrar aos alunos.

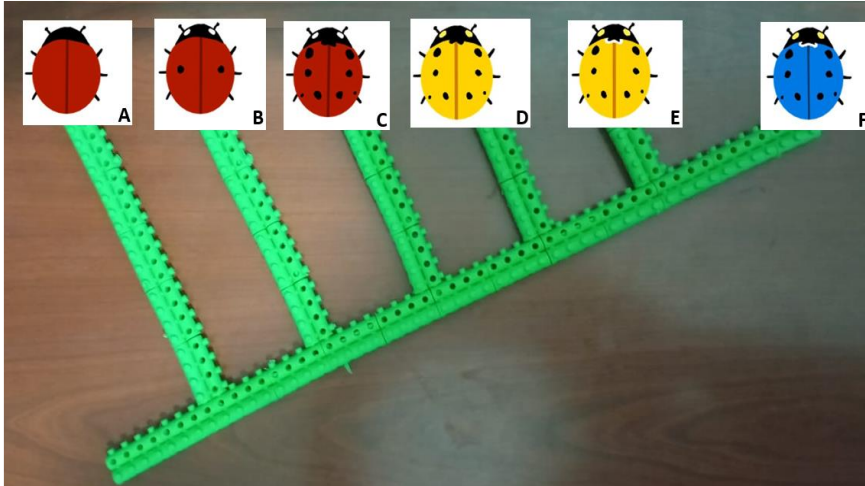
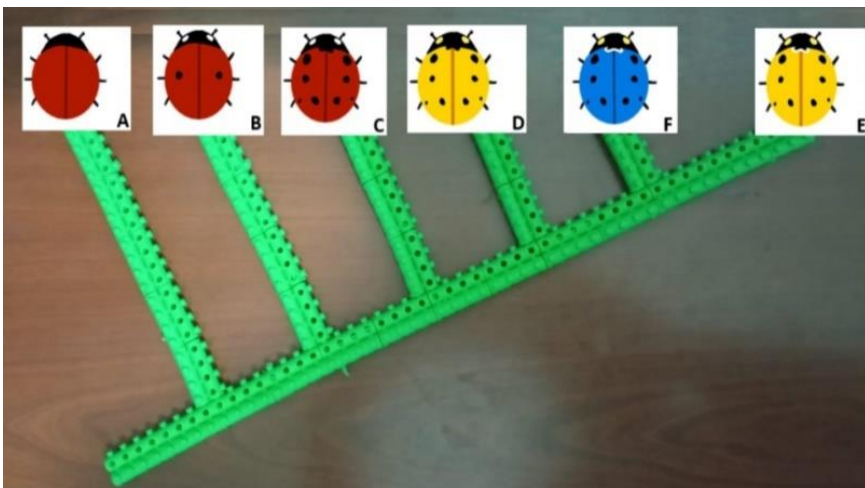


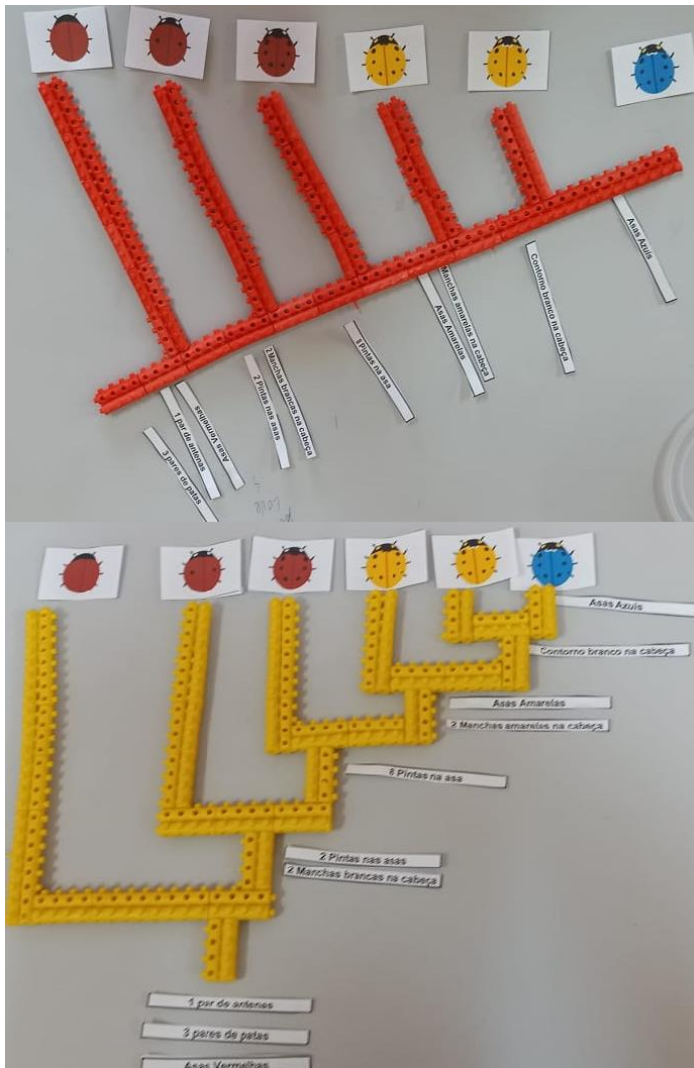
Figura 8 - Modelo de árvore filogenética construído com os Pinos Mágicos (Elka©), com as joaninhas “E” e “F” invertidas, para mostrar aos alunos.



Agora, com a árvore filogenética parcialmente montada, foi pedido aos alunos que observassem qual ou quais características eram compartilhadas por todas as joaninhas. Analisando a árvore filogenética eles observaram que todas as joaninhas compartilhavam três pares de patas e um par de antenas. Após essa constatação o professor indicou onde essas características deveriam ser posicionadas na árvore filogenética, pois a partir do ponto onde as características são inseridas, todos os grupos a apresentam. Sendo assim, o professor instigou os alunos a levantarem

hipóteses de onde essas características deveriam ser posicionadas. Os alunos começaram a discutir entre si as hipóteses até que chegaram ao consenso de que as características 3 pares de patas e um par de antenas deveriam ser posicionadas na base da árvore filogenética, pois todas as joaninhas as compartilhavam.

Figura 9 - Modelos de árvore filogenética construído com os Pinos Mágicos (Elka©) com as características alocadas pelos alunos



De acordo com Sasseron (2015), o ensino por investigação tem como protagonista o aluno, e as atividades propostas devem permitir que eles trabalhem de forma ativa e em conjunto para resolver problemas. Ao levantar a questão das características compartilhadas por todas as joaninhas, o professor instiga a formulação de hipóteses e discussões entre os alunos dentro dos grupos e entre os grupos, para que juntos cheguem a um consenso. Depois de posicionadas as duas primeiras características, foi pedido aos alunos que prestassem a atenção na

característica cor das asas. As três primeiras joaninhas da árvore apresentam a mesma cor de asas, asa vermelha, depois temos duas joaninhas com asas amarelas e por fim uma joaninha com as asas azuis. Em seguida o professor perguntou onde deveria ser posicionada a característica asas vermelhas. Então os alunos começaram a levantar novas hipóteses. Muitos observaram que se fosse colocada na base, isso significaria dizer que a partir daquele ponto todas as joaninhas teriam asas vermelhas. Mas existem três joaninhas (D, E e F) que possuem asas de outras cores.

A respeito dessas novas características, o professor fez uma intervenção e explicando que ao longo do processo evolutivo das espécies, algumas características pré-existentes podem ser modificadas pelo processo de mutação, e que ainda as mutações podem dar origem a novas características. Depois dessa explicação o professor novamente instigou os alunos a levantarem hipóteses de onde deveriam posicionar as características asas vermelhas, amarelas e azuis. Os grupos debateram novamente entre si e concordaram que a característica “asas vermelhas” deveria estar na base da árvore filogenética, junto com as características “três pares de patas” e “um par de antenas”; e que, além disso, em um ponto da árvore filogenética, antes do nó de onde partem os ramos para as joaninhas amarelas, deveriam posicionar a característica “asas amarelas”, demonstrando que naquele ancestral comum ocorreu uma mutação que mudou a cor das asas de vermelho para amarelo.

Por fim, posicionaram a característica “asas azuis” no ramo que chega até a joaninha com asas azuis, representando que a partir de um ancestral comum com uma das joaninhas com asas amarelas, ocorreu outra mutação, fazendo surgir essa nova característica. Vale ressaltar que, a partir desse momento da aula prática, muitos alunos das quatro turmas já haviam entendido o processo e terminaram de posicionar as demais características que tinham em mãos sem a necessidade de intervenção do professor, pois já haviam compreendido que havia uma lógica na posição onde a característica deveria entrar para fazer com que essa árvore filogenética ficasse correta. Ao observarem toda a árvore filogenética proposta e as características que ainda precisariam inserir, já se sentiram seguros para propor hipóteses de onde alocar as características faltantes, chamando o professor apenas para verificar se o que fizeram estaria correto.

Todos os grupos que tiveram esse comportamento acertaram as posições das características, ou seja, demonstraram que aprenderam a interpretar uma árvore filogenética, que é o objetivo maior dessa aula prática. Sendo assim, não foi necessário orientar os alunos a posicionar cada característica até todas estarem alocadas na árvore filogenética como havia sido planejado. Segundo Becker (2017), ao analisar a teoria e a prática educativa sob o ponto de vista das concepções de Jean Piaget e Paulo Freire, a construção do conhecimento se dá pela interação com progressiva complexidade do sujeito com o mundo, assim, o professor na presente prática vai apresentando as características a serem posicionadas na árvore filogenética de maneira gradual para que os alunos possam interagir e assim construir seu conhecimento a respeito do assunto.

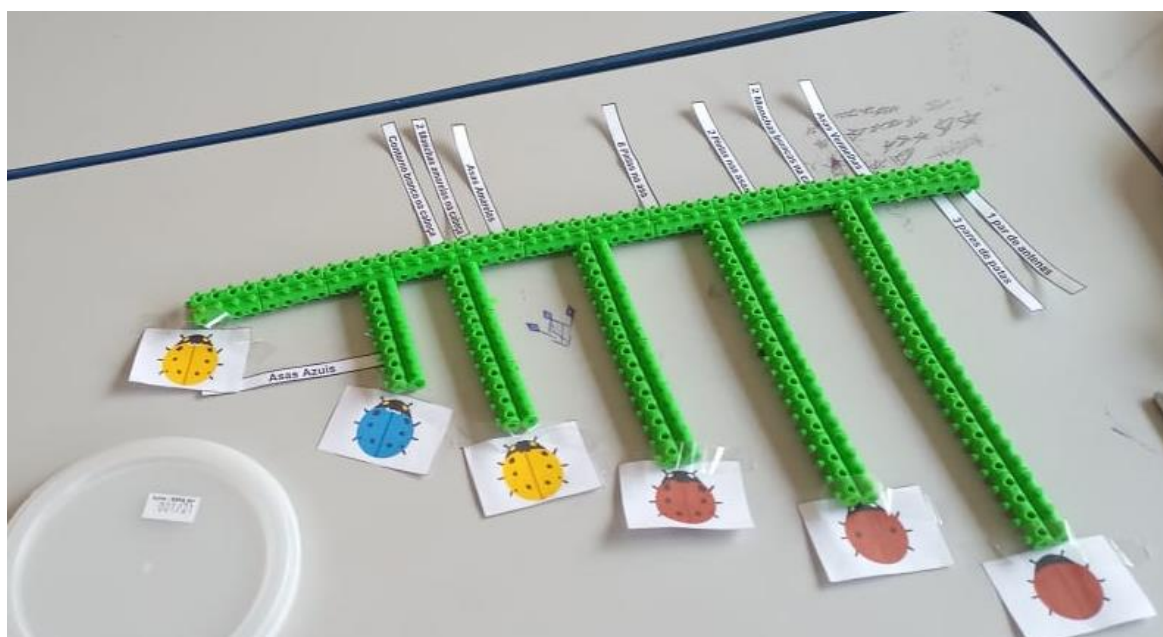
Depois de a árvore estar completamente montada, o professor então explicou os conceitos sobre árvores filogenéticas, como por exemplo: que as características compartilhadas por ancestrais comuns e que foram ou não modificadas nos grupos mais recentes de uma linhagem eram chamadas de plesiomorfias (AMORIM, 2002 e ARAÚJO-DE-ALMEIDA et al. 2007). Após essa fala foi perguntando aos alunos quais características de sua árvore filogenética se enquadravam neste conceito. Os discentes então concordaram prontamente que as características da base da árvore, três pares de patas, um par de antenas e asas vermelhas, seriam exemplos de plesiomorfias.

Foi também explicado que uma característica nova, derivada ou não de uma característica primitiva, seria uma apomorfia (AMORIM, 2002); e perguntado aos alunos quais das características de suas árvores filogenéticas se enquadravam nesse conceito. Os alunos debateram e foram apresentando suas conclusões informando as características “asas amarelas” e “asas azuis”, por exemplo.

O professor aproveitou esse momento então para reforçar os conhecimentos já estudados sobre árvores filogenéticas, como o conceito de nós, ramos e o nó terminal (AMORIM, 2002). Nesse ponto o professor pediu para que os alunos invertessem em suas árvores filogenéticas as joaninhas E e F (asa amarela e asa azul). Nesse momento foi perguntado se a árvore filogenética continuava ou não correta. Os alunos observaram toda a árvore e muitos disseram que não havia diferença, desde que a característica asa azul acompanhasse a mudança de ramo da joaninha F. Ao levantarem essa hipótese o professor confirmou que estava correta e explicou que quando se inverte o nó terminal de uma árvore filogenética,

ela ainda continua correta, ou seja, não importa a posição dos dois últimos grupos. Depois dessa fala do professor, foi instigado aos alunos que tentassem alterar a posição de outras joaninhas e verificarem o que aconteceria. Colocando as joaninhas em posições diferentes, os alunos perceberam que apenas no nó terminal não faz diferença essa mudança de posição, pois em outros pontos perde-se totalmente a lógica sobre o surgimento das características, tendo-se que reposicionar e até colocar que alguma característica surge, depois desaparece e depois surge novamente, ficando a árvore filogenética com uma interpretação diferente do original. Porém, quando se muda apenas os ramos do nó terminal, a interpretação de toda a árvore não sofre modificação, ou seja, na prática continua sendo a mesma árvore filogenética.

Figura 10 - Modelo de árvore filogenética construído com os Pinos Mágicos (Elka©), com as joaninhas “E” e “F” invertidas, e com características alocadas pelos alunos



Conclusão

A construção da árvore filogenética proposta na atividade foi essencial para a compreensão da estrutura e correta interpretação desse diagrama pelos alunos. O uso dos Pinos Mágicos (Elka©) para a construção do modelo tridimensional da árvore, associado aos desenhos das joaninhas com características de fácil percepção e definição pelos alunos contribuíram para que pudessem perceber o objetivo de se construir uma árvore filogenética e que as árvores filogenéticas demonstram hipóteses evolutivas com relação de parentesco entre os grupos de seres vivos. Além disso, usar a construção desse modelo didático tridimensional com protagonismo dos estudantes fez com que a aula ficasse mais agradável e melhorasse o ambiente para que o processo de ensino-aprendizagem pudesse ocorrer. A grande maioria dos estudantes que participaram da sequência didática (45 dos 57 participantes) informaram, de maneira espontânea, que a aula foi muito mais divertida ao utilizar os recursos propostos nessa sequência didática, esses relatos estão em conformidade com o encontrado por outros autores como Rezende e Gomes (2018), que obtiveram uma resposta positiva dos alunos e professores ao utilizarem modelos didáticos tridimensionais para o ensino de conceitos de genética para alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola em Grajaú, no Maranhão.

Em virtude dos fatos mencionados, ressaltamos que o uso do modelo didático tridimensional para construção de uma árvore filogenética é um recurso eficaz para contribuir com o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de filogenética no Ensino Médio e, dessa forma, acreditamos que mais sequências didáticas de fácil elaboração e aplicação devem ser concebidas para facilitar o trabalho do professor em sua tarefa cotidiana de lecionar.

Agradecimentos

Agradecemos à colaboração de Marina Silva Figueira de Paula, que elaborou as ilustrações das joaninhas e da tabela de lista de características, ambas fundamentais para a realização e aplicação dessa atividade prática com os alunos.

Referências

ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E.; AMORIM, D. S.; SANTOS, R. L.; CHRISTOFFERSEN, M. L. Sistemática filogenética para o ensino comparado de Zoologia. In: ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E. (org.). Ensino de Zoologia: ensaios didáticos. João Pessoa: EdUEPB, p. 85-94, 2007.

AMORIM, D.S. Fundamentos de sistemática filogenética. Holos Editora, Ribeirão Preto, 2002. 136p.

BECKER, F. Paulo Freire e Jean Piaget: teoria e prática. Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas, v. 9, número especial, 2017, p. 7-47.

HALVERSON, K. L. Improving Tree-Thinking One Learnable Skill at a Time. Evolution: Education and outreach, V. 4(1), p.95-106, 2011.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional comum curricular. Brasil, 2018.

MUNFORD, D.; CASTRO E LIMA, M.E.C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? Belo Horizonte, MG. v.09, p.89-111, 2007.

O'LEARY, ZINA. Como fazer seu projeto de pesquisa: guia prático. Tradução de Ricardo A. Rosenbush. Petrópolis, RJ: Vozes, 2019.

OLIVEIRA, D.M.; BELLINI, M.; ALMEIDA, H.A. Cladogramas: O que pensam alunos de ciências biológicas. Ensino, Saúde e Ambiente. Maringá, PR. v. 6, p. 44-52, 2013.

OLIVEIRA, J.C. Fundamentos de sistemática filogenética para professores de ciências e biologia. 2012. Disponível em:

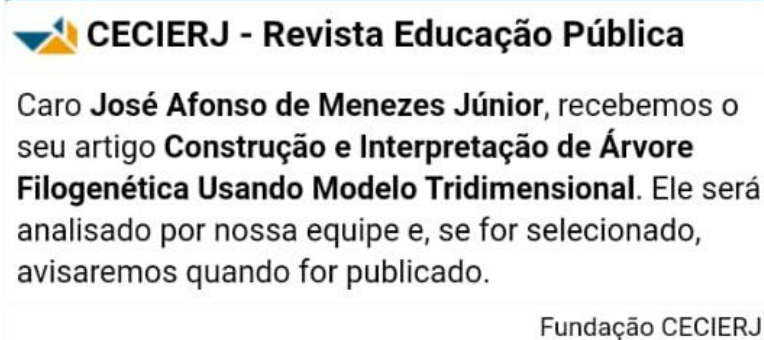
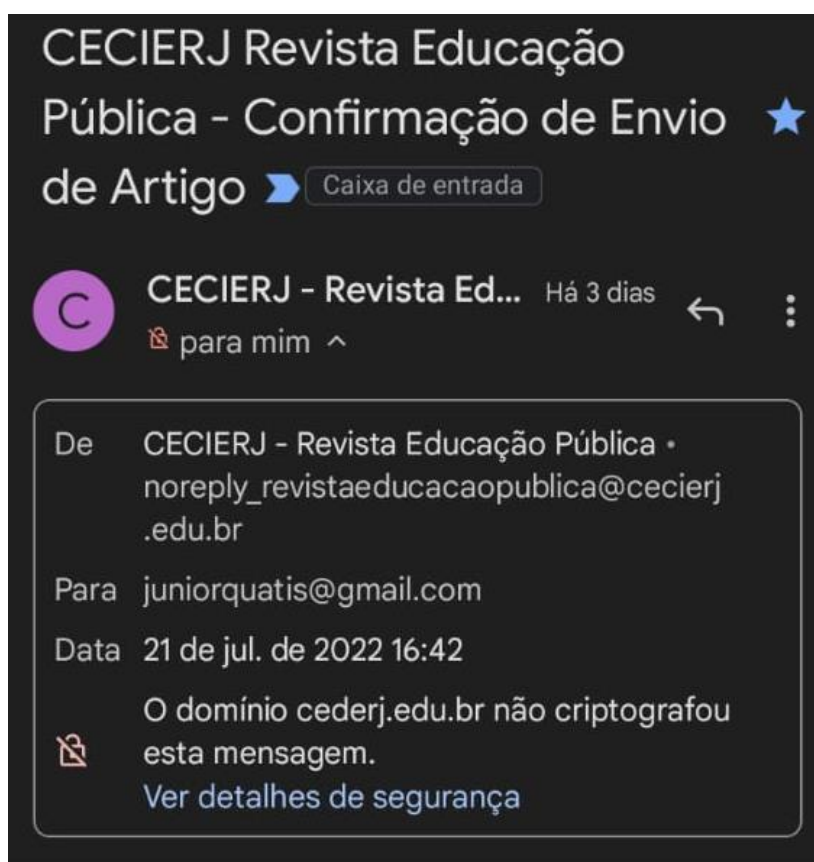
<https://professorfabiosilva.webnode.com.br/_files/200000024-36b3337acb/texto%203%20FUNDAMENTOS%20DE%20SISTEM%C3%81TICA%20FILOGEN%C3%89TICA%20PARA%20PROFESSORES%20DE.pdf>. Acessado em 23 de Fevereiro de 2015.

REZENDE, L. P.; GOMES, S. C. S. Uso de modelos didáticos no ensino de genética: estratégias metodológicas para o aprendizado. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, v. 8, n. 2, p. 107-124, 2018.

RODRIGUES, M.E.; DELLA JUSTINA, L.A.; MEGLJIORATTI, F.A. O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. Belo Horizonte, MG. v.13, p.65-84, 2011.

SASSERON, L. H. (2015). Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(no. Especial), p.49–67.

ANEXO G – Comprovação de submissão do artigo



ANEXO H – Guia didático produzido em função da pesquisa**GUIA DIDÁTICO****CONSTRUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE ÁRVORES FILOGENÉTICAS
UTILIZANDO MODELOS TRIDIMENSIONAIS NO ENSINO MÉDIO**

José Afonso de Menezes Júnior
Jaqueline Gusmão da Silva

Rio de Janeiro
2022

Apresentação

Prezados (as) professores,

Este guia didático foi produzido como resultado de uma pesquisa para elaboração de uma dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO-UERJ) cujo título foi: “Desenvolvimento de uma sequência didática de construção de árvores filogenéticas no ensino médio empregando modelos tridimensionais”.

O objetivo deste guia é incentivar o uso das atividades práticas e a aplicação dessa sequência didática para que os alunos do Ensino Médio tenham uma oportunidade de aprender a interpretar Árvores Filogenéticas de maneira investigativa e lúdica.

As atividades aqui sugeridas foram pensadas para que os alunos as executem de forma investigativa, sejam de fácil aplicação e que tenham praticidade, para que o professor possa utilizar em poucas aulas, já que os conteúdos da disciplina de Biologia no Ensino Médio são extensos e numerosos.

Desejamos um ótimo trabalho a todos e que essa sequência didática possa trazer muitos, e preciosos, momentos de construção do conhecimento para todos que participarem.

Os autores

AGRADECIMENTOS

Ao programa de mestrado PROFBIO - UERJ, que proporcionou a realização da pesquisa que deu origem a esse guia didático.

À Marina Silva Figueira de Paula, que elaborou as ilustrações das joaninhas e da tabela de lista de características, necessárias para a execução dessa sequência didática.

À direção e coordenação do Colégio Estadual Olavo Bilac – Resende/RJ, onde a pesquisa para elaboração dessa atividade ocorreu, por todo apoio dispensado para que todo o processo pudesse ocorrer da melhor forma possível.

Ao DESEA/UERJ pela disponibilização da questão 9 discursiva que foi utilizada na segunda fase do vestibular da UERJ 2019.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil, pelo apoio a esta pesquisa, a partir do Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

1	Introdução	4
2	Objetivo	6
3	Competências e Habilidades BNCC trabalhadas nessa Sequência Didática.....	6
4	Materiais necessários para o desenvolvimento da sequência didática	9
5	Desenvolvimento da sequência didática	9
5.1	Primeira etapa	10
5.2	Segunda etapa	10
5.3	Terceira etapa	20
5.4	Quarta etapa	21
	Referências	23
	APÊNDICE A – Material para impressão da Segunda Etapa da Sequência Didática	24

1 Introdução

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), organiza o Ensino Médio em quatro áreas do conhecimento. Uma dessas áreas é a de “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”. Cada área do conhecimento está dividida em itinerários formativos, sendo um deles a disciplina de Biologia. Dentro dessa disciplina, figuram os conteúdos de mecanismos de transmissão da vida e a evolução das espécies (BRASIL, 2018). Assim, o ensino dos conhecimentos de genética evolutiva é feito de forma fragmentada, quando lecionados os conteúdos como: estrutura do material genético e hereditariedade, bem como expressão gênica, sem que haja a correlação desses conteúdos com a evolução das espécies. Nesse contexto, é fundamental a correta interpretação de árvores filogenéticas, demonstrando as relações entre os seres vivos.

Até mesmo os livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, costumam trazer esses conhecimentos de forma fragmentada, principalmente quando se estuda os diferentes táxons de seres vivos. Os capítulos trazem alguns táxons de maneira isolada, e os estudantes acabam tendo que memorizar as características de cada um sem estabelecer uma correlação entre eles, conforme observado por Rodrigues, Justina e Meghioratti (2011). Ainda segundo os autores, abordar o estudo dos diferentes grupos de seres vivos sob a óptica da Sistemática Filogenética, oferece uma oportunidade para que esse estudo seja feito de maneira comparativa, estabelecendo uma relação entre os seres vivos que compõem toda essa diversidade, sendo uma maneira mais eficaz do que a memorização dos caracteres de cada grupo.

Para elaborar as atividades práticas desse guia, foram utilizados os conhecimentos que visam a uma estratégia de ensino por investigação, cujo modelo pressupõe que os alunos desenvolvam atividades interativas e dialógicas, para que não apenas recebam, passivamente, os conceitos

e explicações científicas como se fossem dogmas (MUNFORD e LIMA, 2007).

Além disso, levou-se em consideração, os diferentes estágios de desenvolvimento da inteligência humana que os discentes atravessam desde o nascimento até a vida adulta, propostos por Piaget. Segundo o autor, o ser humano passa por quatro estágios durante seu desenvolvimento, e somente no último estágio, que ocorre por volta dos 11 aos 14 anos, denominado operatório formal, que a pessoa consegue desenvolver uma lógica e aplicar a qualquer situação, mesmo às abstratas. Nos estágios anteriores, são necessários objetos e fatos concretos para que a criança consiga estabelecer a aplicar alguma lógica (CAETANO, 2010). Porém, as salas de aula são bastante heterogêneas, no que se refere a idade e desenvolvimento intelectual dos estudantes, conforme apontado por Cantelli, Borges e Assis (2005). Assim, é importante que se desenvolvam atividades concretas, a fim de propiciar àqueles alunos que não atingiram o último estágio de desenvolvimento para trabalhar com conceitos abstratos, a oportunidade de se desenvolver e alcançá-lo.

A presente sequência didática coloca o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem, instiga e estimula a pesquisa e experimentação, e coloca os alunos frente a resolução de problemas teóricos a partir da observação e interpretação de figuras, dados, tabelas e leitura de textos. Isso coloca a estrutura do projeto de acordo com a concepção do ensino por investigação proposta por Solino, Ferraz e Sasseron (2015), que defendem que o ensino por investigação deve ser uma abordagem didática vinculada a ações, práticas, regras e crenças que moldam o trabalho do professor e que se configuram em práticas vivenciadas pelos estudantes além de trabalhar com uma concepção mais concreta ao utilizar o brinquedo Pinos Mágicos (Elka©) para elaborar árvores filogenéticas, permitindo que alunos que ainda se encontrem no

estágio de desenvolvimento operatório concreto, ou em transição para o operatório formal, tenham melhor desempenho em sua aprendizagem e que possam continuar seu desenvolvimento.

2 Objetivo

O Objetivo desse guia didático é de orientar o professor a propor e aplicar atividades de pesquisa e atividades práticas para que os alunos do Ensino Médio tenham uma oportunidade de aprender a interpretar Árvores Filogenéticas de maneira investigativa e lúdica.

3 Competências e Habilidades da BNCC trabalhadas nessa Sequência Didática

A BNCC possui dez competências gerais para a Educação Básica. Dentre essas competências gerais, as seis que se relacionam diretamente com as atividades dessa sequência didática são:

Competência 2- Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

Competência 4 - Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.

Competência 5 - Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

Competência 7 - Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.

Competência 9 - Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.

Competência 10 - Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

Além das dez competências gerais, a BNCC traz três competências específicas para a área do conhecimento das Ciências da Natureza e suas tecnologias. Para cada competência específica, a BNCC elenca habilidades a serem desenvolvidas ao longo dessa etapa. Sendo assim, as competências específicas e habilidades que as atividades dessa Sequência Didática se relacionam estão dispostas nas Tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 1 – Competência Específica 2 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Habilidades relacionadas à sequência didática

Competência Específica 2
Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.
Habilidades
EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.
(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.
(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

Tabela 2 – Competência Específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Habilidades relacionadas à sequência didática

Competência Específica 3
Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).
Habilidades
EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.

4 Materiais Necessários para o desenvolvimento da sequência didática

Para a total execução dessa sequência didática, serão necessários alguns materiais como:

- Aparelho eletrônico com acesso à internet para execução de pesquisas;
- *Data show* para projetar as imagens e instruções da aula prática;
- Impressão colorida das joaninhas disponibilizadas nesse guia didático no roteiro da aula prática;
- Tesoura (preferencialmente sem ponta);
- Cerca de 70 peças do brinquedo Pinos Mágicos (Elka©) para cada grupo de seis alunos;

5 Desenvolvimento da sequência didática

Essa sequência didática foi elaborada para ser executada em 4 etapas, totalizando noventa minutos de aula.

5.1 Primeira etapa

A primeira etapa que deve ocorrer em um dia separado, o professor deve pedir aos alunos que formem grupos de cerca de seis integrantes e que cada grupo faça uma pesquisa, em casa, de uma árvore filogenética. Após escolherem uma árvore filogenética, devem também pesquisar algumas das características particulares e compartilhadas entre os táxons da árvore filogenética escolhida pelo grupo. Anotar e trazer todas essas informações para execução da terceira etapa no próximo dia de aula com os alunos.

5.2 Segunda etapa

A segunda etapa é a construção de uma árvore filogenética tridimensional, utilizando o brinquedo Pinos Mágicos (Elka©) e com figuras de seres vivos fictícios. Essa aula prática foi elaborada pela professora doutora Jaqueline Gusmão da Silva para aplicar em um curso de extensão da UERJ o qual coordena direcionado ao treinamento de Professores de Biologia para a aplicação de práticas em genética, e adaptada pelo professor José Afonso de Menezes Júnior para aplicação como parte integrante da sequência didática elaborada para turmas do Ensino Médio.

Para execução dessa etapa, foi elaborado um roteiro para auxiliar o professor. Ele deve desenvolver e mostrar uma apresentação com as imagens disponibilizadas a seguir, para facilitar o desenvolvimento por parte dos estudantes.

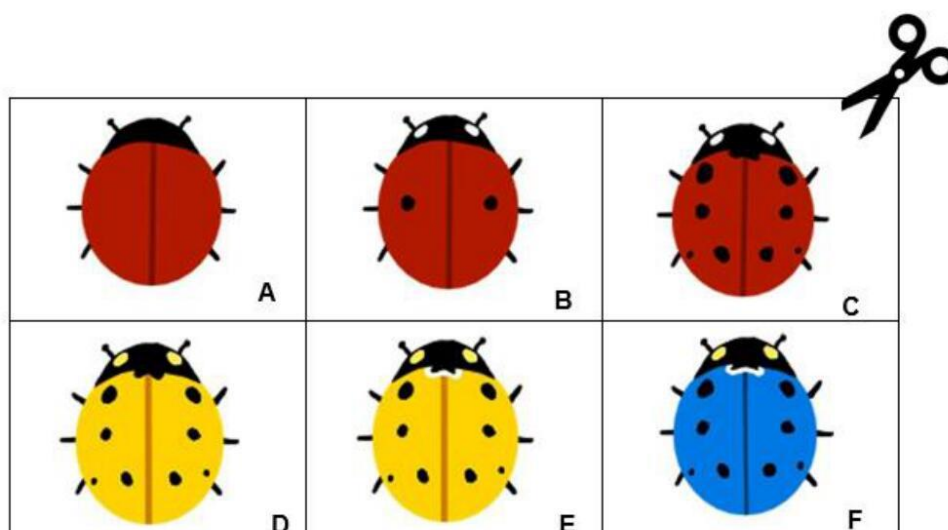
4.2.1 Roteiro da aula prática com árvore filogenética de seres fictícios

11

Foi elaborado e seguido o seguinte roteiro para aplicação dessa sequência didática:

- a) Dividir os alunos da sala de aula em grupos de cerca de 6 integrantes, cada um;
- b) Entregar uma cópia das figuras de joaninhas (Figura 1) e um cópia com a lista de características (Figura 2) para cada grupo de alunos recortar;

Figura 1 – Desenhos para recortar e montar a árvore filogenética



Fonte: os autores.

Figura 2 – Lista de características para recortar e montar a árvore filogenética

12



Asas Vermelhas	8 Pintas na asa
3 pares de patas	2 Manchas amarelas na cabeça
2 Pintas nas asas	Asas Amarelas
2 Manchas brancas na cabeça	Contorno branco na cabeça
1 par de antenas	Asas Azuis

Fonte: os autores.

c) Mostrar a árvore filogenética pronta, conforme a figura 3 e figura 4 para que cada grupo escolha e construa uma das duas estruturas para montar;

Figura 3 – Modelo de Árvore Filogenética pronta para mostrar aos alunos

Fonte: os autores.

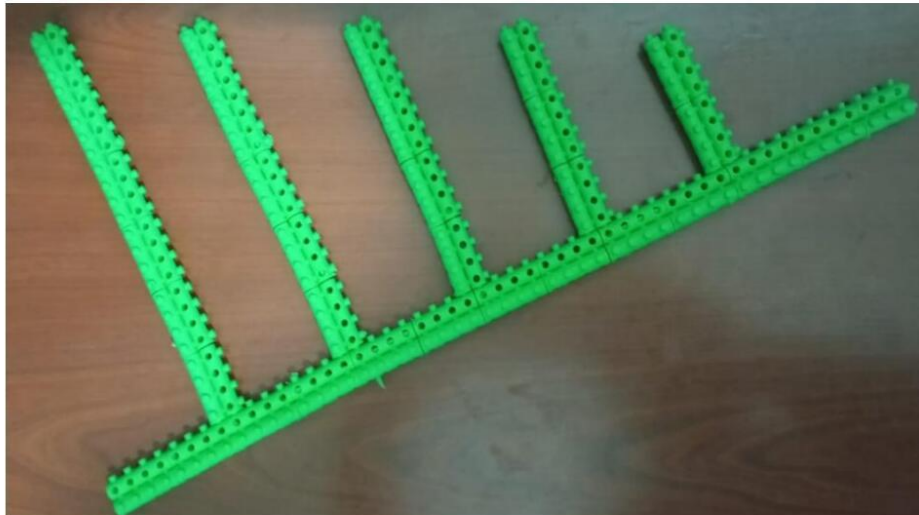


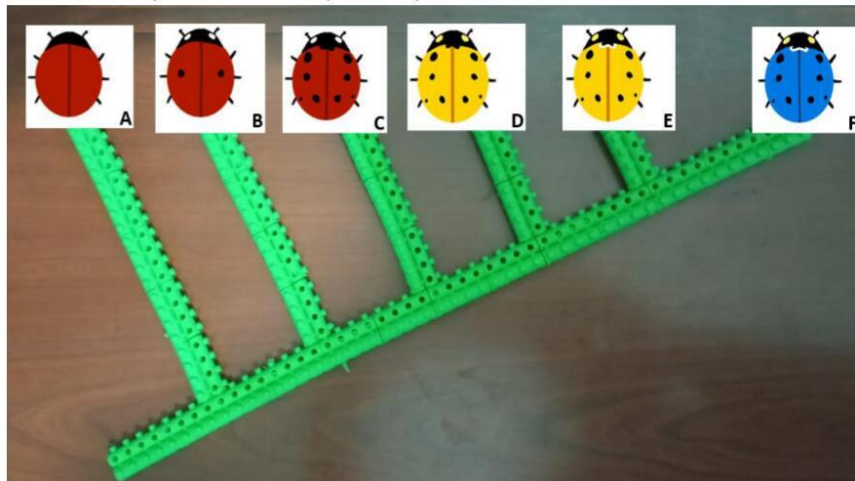
Figura 4 – Modelo de Árvore Filogenética pronta para mostrar aos alunos



Fonte: os autores.

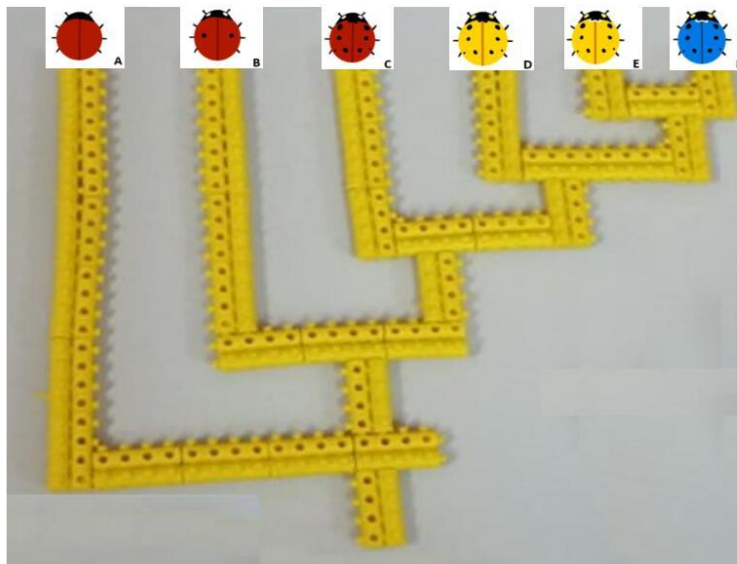
d) Após cada grupo montar sua estrutura da árvore filogenética, orientar para que cada grupo posicione as joaninhas na árvore conforme as figuras 5 e 6.

Figura 5 – Modelo de Árvore Filogenética com as joaninhas posicionadas pronta para mostrar aos alunos



Fonte: os autores.

Figura 6 – Modelo de Árvore Filogenética com as joaninhas posicionadas pronta para mostrar aos alunos



Fonte: os autores.

e) Orientar cada grupo a observar as características listadas (Figura 2) e comparar com as figuras das joaninhas na árvore filogenética e assim determinarem quais características são compartilhadas por todas as joaninhas. Deixar que os integrantes do grupo conversem entre si, e com os outros grupos para chegarem às suas conclusões. Sendo que as características que todas as joaninhas compartilham são:

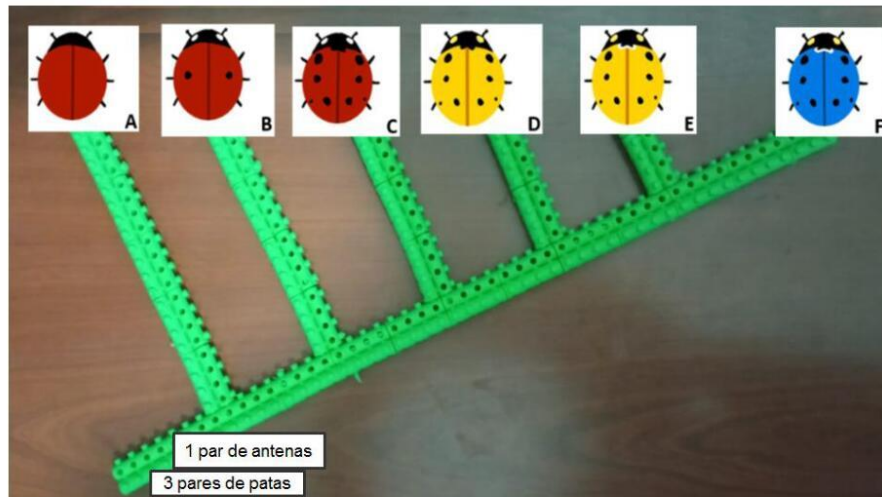
1 par de antenas;

3 pares de patas.

f) Pedir aos alunos para alocarem na árvore filogenética as características que identificaram ser comuns a todas as joaninhas (1 par de antenas, 3 pares de patas), mas informar que quando se aloca uma característica em uma árvore filogenética, isso significa que daquele ponto em diante, todos os grupos também possuem essas características. Observar o debate entre os integrantes de cada grupo até que proponham a hipótese

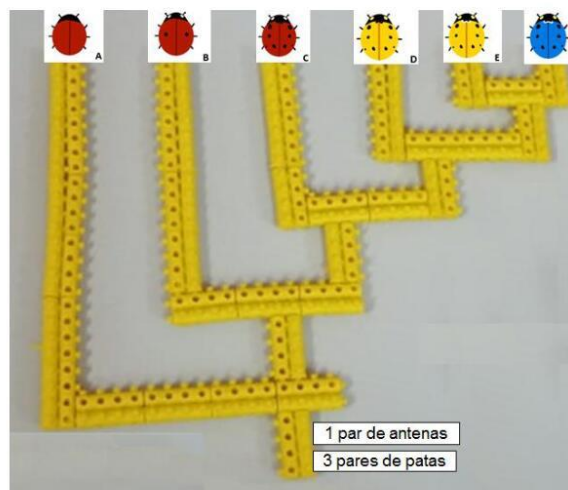
de que essas características devem ficar na base das respectivas árvores filogenéticas, conforme as figuras 7 e 8.

Figura 7 – Modelo de Árvore Filogenética com as 2 características alocadas



Fonte: os autores.

Figura 8 – Modelo de Árvore Filogenética com as 2 características alocadas



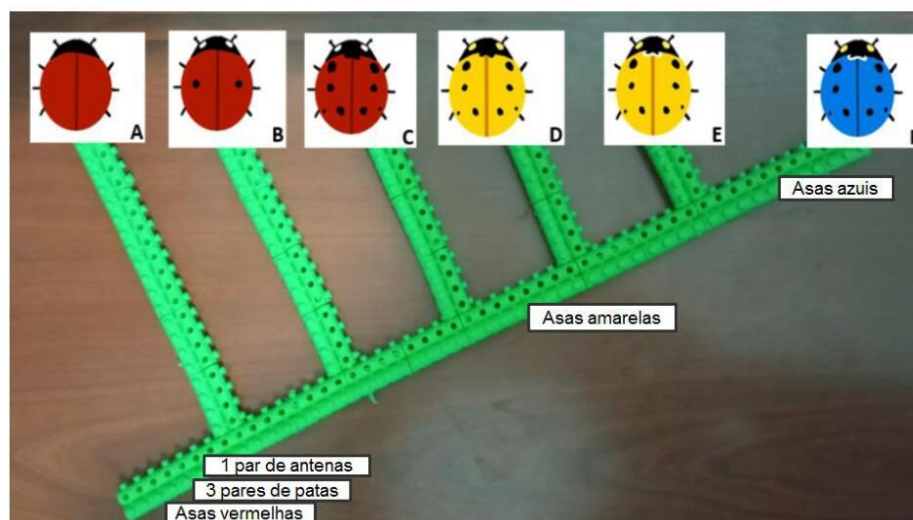
Fonte: os autores.

16

g) Depois que os grupos chegarem até essa conclusão, chamar a atenção para a característica cor das asas. Esperar que os grupos relatem que devem alocar 3 cores de asas diferentes e perguntar a eles onde cada uma dessas características deve ser alocada. Esperar pelas hipóteses levantadas pelos grupos. As características devem ser alocadas de acordo com as figuras 9 e 10. Porém, caso nenhum grupo levante essa questão, chamar a atenção de que se a característica “Asas vermelhas” também ficar na base, isso significa dizer que todas as outras joaninhas também possuem essa cor de asa, o que não é verdade.

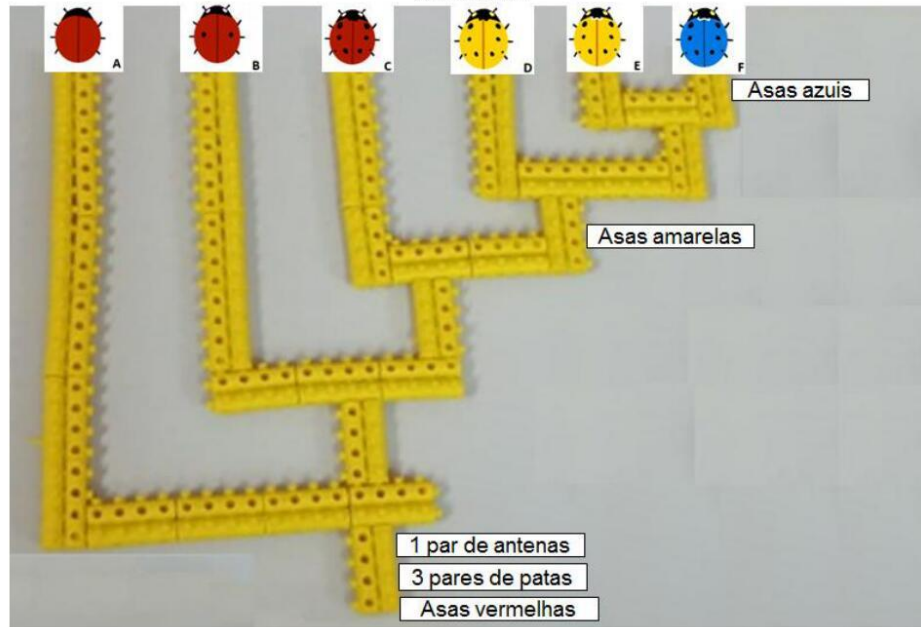
Nesse momento aproveitar para acrescentar a informação de que, durante o processo evolutivo, podem ocorrer mutações no material genético e isso pode levar à mudança de uma característica existente ou o aparecimento de uma nova característica. E, caso isso ocorra, a nova característica deve ser colocada na árvore filogenética, mostrando que daquele ponto em diante, ocorreu uma mutação e ela ficou diferente, ou que apareceu naquele ramo evolutivo e dali seguiu em diante.

Figura 9 – Modelo de Árvore Filogenética com as cores das asas alocadas



Fonte: os autores.

Figura 10 – Modelo de Árvore Filogenética com as cores das asas alocadas

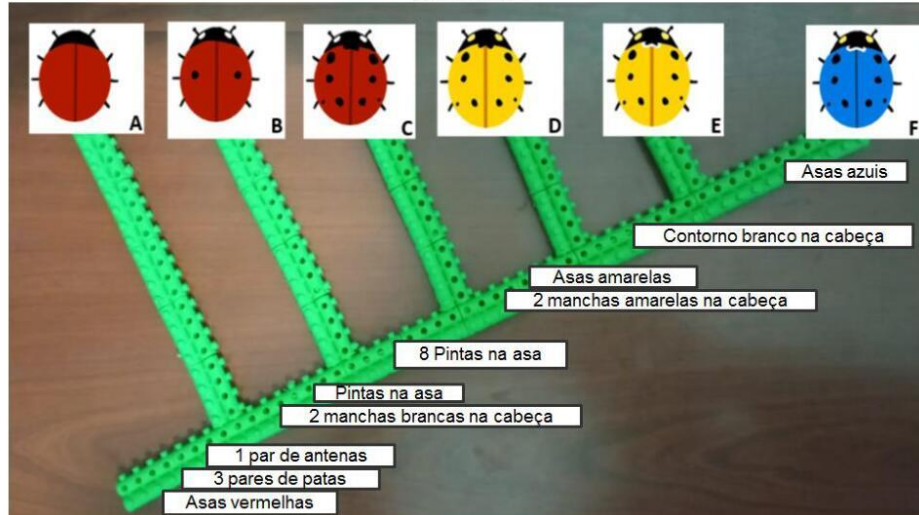


Fonte: os autores.

h) Agora os alunos já possuem todas as informações que precisam para terminar de alocar as demais características na árvore filogenética. Deixe que discutam e proponham suas hipóteses de como e onde as demais características devem ser inseridas. Faça intervenções para validar ou rejeitar as hipóteses propostas pelos alunos, corrigindo os erros que estiverem cometendo, até que as árvores fiquem dispostas conforme as figuras 11 e 12.

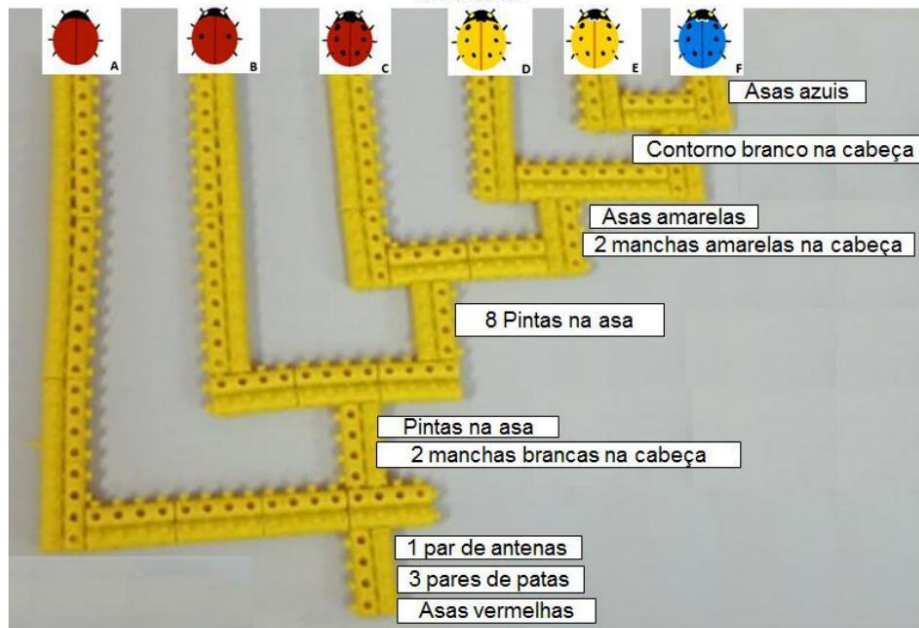
18

Figura 11 – Modelo de Árvore Filogenética com todas as características alocadas



Fonte: os autores.

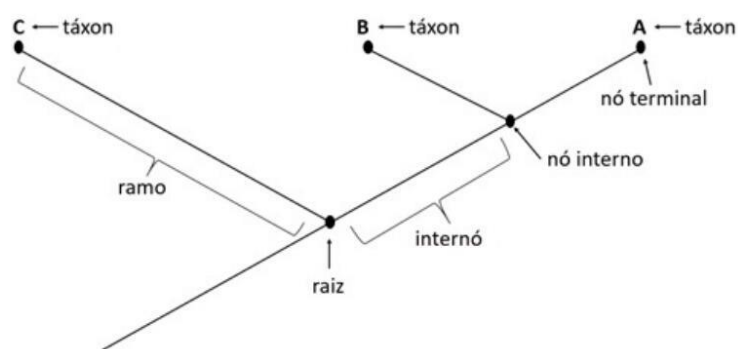
Figura 12 – Modelo de Árvore Filogenética com todas as características alocadas



Fonte: os autores.

i) Depois que as árvores estiverem completas, mostrar aos alunos as estruturas de uma árvore filogenética, como os ramos, nós internos e terminais (AMORIM, 2002), explicando que os internos representam o ancestral compartilhado entre os táxons, conforme a figura 13.

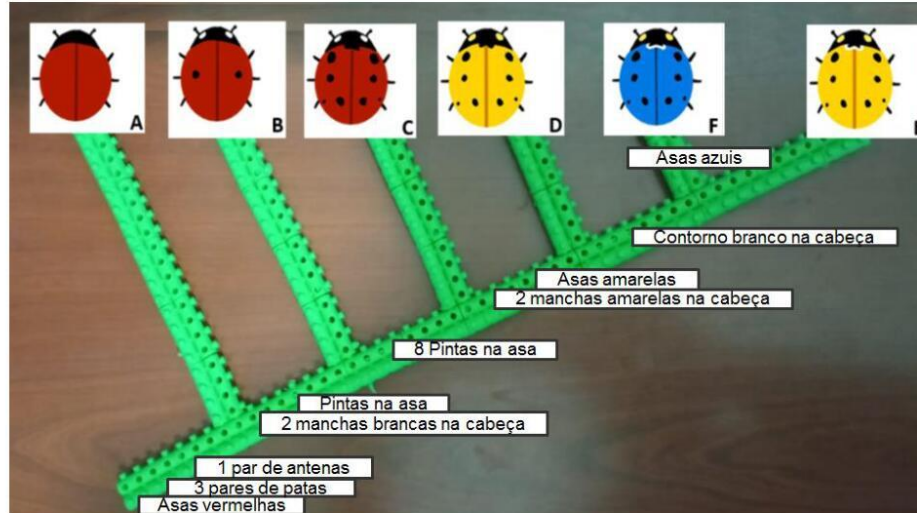
Figura 13 – Estruturas de uma Árvore Filogenética



Fonte: os autores.

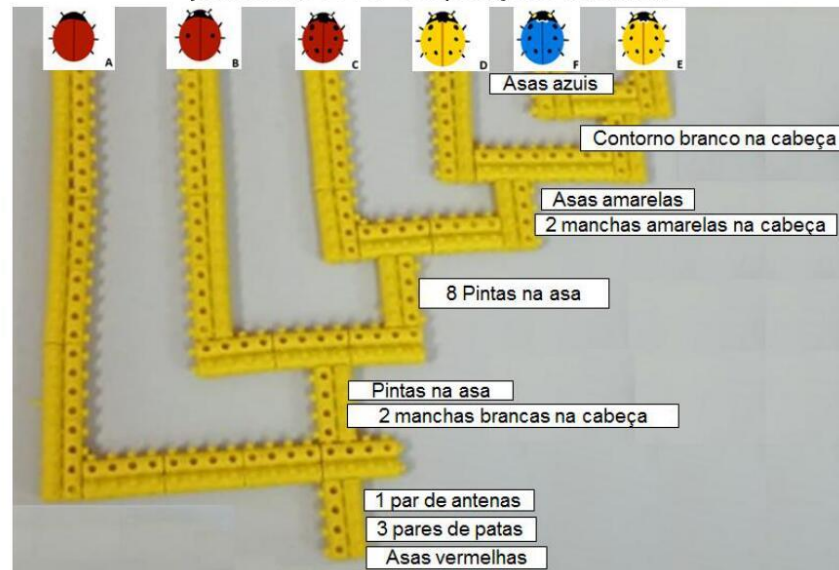
j) Depois que explicar os termos e definições das estruturas de uma árvore filogenética, pedir para que os alunos invertam de posição, as joaninhas E e F (Figuras 14 e 15), e perguntar se a árvore filogenética ficou descaracterizada ou não. Espera-se que os alunos levantem a hipótese de que não há nenhum problema em fazer essa troca, desde que a característica “Asas azuis” mude para o ramo da joaninha com asa azul. Assim, demonstrar que os ramos de táxons irmãos (que partem do mesmo nó) podem ser “girados” ou invertidos, sem que as relações evolutivas sejam modificadas. Mas se trocar qualquer outra joaninha de posição, sem respeitar essa premissa, a árvore filogenética fica completamente descaracterizada e a lógica da posição das características compartilhadas se perde. Peça que tentem fazer alguma outra troca, entre as joaninhas, e verificarem se as posições das características poderiam ser mantidas. Espera-se que os alunos levantem hipóteses de que não fará muito sentido, pois assim a árvore filogenética ficará completamente descaracterizada.

Figura 14 – Modelo de Árvore Filogenética completa, mas com as joaninhas E e F em posições trocadas



Fonte: os autores.

Figura 15 – Modelo de Árvore Filogenética completa, mas com as joaninhas E e F em posições trocadas



Fonte: os autores.

l) Retirar alguma dúvida que possa permanecer e encerrar essa etapa da sequência didática.

5.3 Terceira etapa

A terceira etapa será a construção da Árvore Filogenética que cada grupo de alunos pesquisou e trouxe, conforme orientado na primeira etapa.

Peça que cada grupo monte a estrutura da árvore que escolheu, escreva os nomes das características pesquisadas e aloquem conforme a pesquisa que fizeram. Espera-se que agora os alunos relacionem a lógica da posição de características reais com as fictícias que foram feitas na etapa anterior, entendendo que os grupos de seres vivos de suas árvores filogenéticas compartilham características entre si e que novas características podem surgir, por mutações por exemplo, o que pode dar origem a novos grupos.

Retirar alguma dúvida que ainda possa permanecer e encerrar essa etapa da sequência didática.

5.4 Quarta etapa

A quarta etapa é a avaliação dos conhecimentos sobre estrutura e interpretação de árvores filogenéticas utilizando uma questão discursiva que foi utilizada na segunda fase do vestibular da UERJ 2019.

Entregue uma folha para cada aluno contendo a questão discursiva que está na figura 16 e peça para que os alunos respondam.

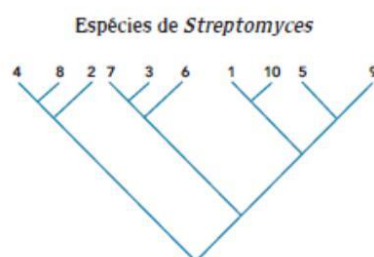
Espera-se que agora já sejam capazes de inferir que no cladograma proposto da questão, as espécies mais semelhantes à espécie 3 seriam as espécies 6 e 7, pois estão mais próximas e compartilham um ancestral em comum, que está no nó que liga o ramo da espécie 6 ao ramo que vai em direção às espécies 7 e 3. Além disso, as espécies 7 e 3 são ainda mais semelhantes, pois possuem um ancestral comum direto entre as

duas. A vantagem de usar o cladograma é de evitar a busca do referido medicamento da questão em um número maior de espécies de fungos.

Figura 16 —Página da Questão 9 do Exame Discursivo da Segunda Fase do Vestibular UERJ 2019

Questão
09

Pesquisas identificaram um potente antibiótico produzido pelo fungo *Streptomyces* sp. 3, mas que possui elevado custo de comercialização. A partir de sequências genéticas de espécies de *Streptomyces* relacionadas à produção de antibióticos, foi elaborado o cladograma abaixo.



Com base no cladograma, identifique as duas outras espécies de fungos que devem ser priorizadas nos estudos para a produção desse antibiótico.

Aponte, ainda, a vantagem da utilização do cladograma na busca de espécies para a produção do medicamento.

Referências

AMORIM, D. S. Fundamentos de sistemática filogenética. Holos Editora, Ribeirão Preto, 2002. 136p.

CAETANO, L. M. A Epistemologia genética de Jean Piaget. *Revista ComCiencia*. Campinas, SP. No. 120/2010.

CANTELLI, V. C. B; BORGES, R. R.; ASSIS, M. O. Z. Avaliação do desenvolvimento intelectual de alunos da educação de jovens e adultos brasileiros numa perspectiva piagetiana. Campinas: UNICAMP, Faculdade de Educação, Laboratório de Psicologia Genética, 2005. Disponível em: Acesso em: 30 de abril de 2021.

DALDEGAN, G. L. A Epistemologia genética de Jean Piaget. *Revista Face VV* – 2009, n. 2, p. 22-35.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional comum curricular. Brasil, 2018.

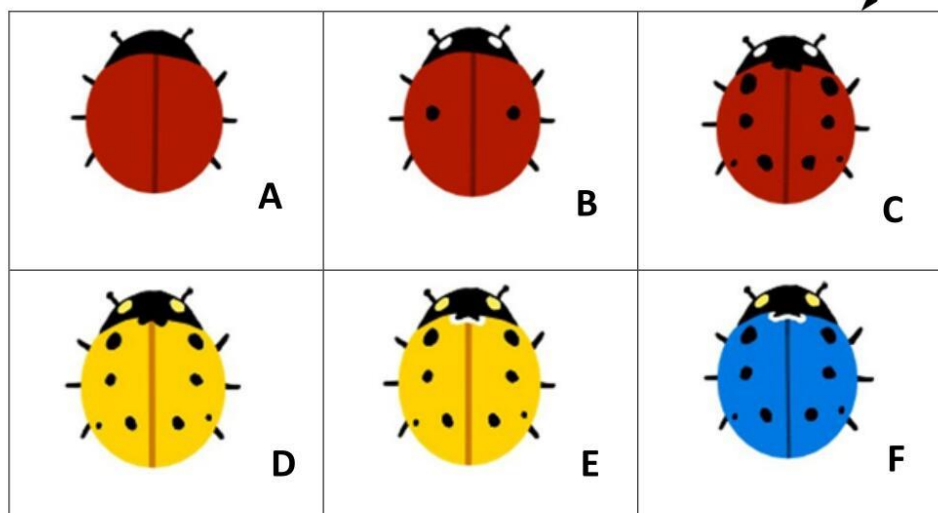
RODRIGUES, M. E.; DELLA JUSTINA, L. A.; MEGLJIORATTI, F.A. O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. Belo Horizonte, MG. v.13, p.65-84, 2011.

SECRETARIA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO RIO DE JANEIRO. Currículo Mínimo 2012 Ciências e Biologia. Rio de Janeiro, RJ. 2012.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2015. Uberlândia/MG.

APÊNDICE A – Material para impressão da Segunda Etapa da Sequência Didática

Materiais



Joaninhas para recortar

Lista de características



Asas Vermelhas	8 Pintas na asa
3 pares de patas	2 Manchas amarelas na cabeça
2 Pintas nas asas	Asas Amarelas
2 Manchas brancas na cabeça	Contorno branco na cabeça
1 par de antenas	Asas Azuis