

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - IB
Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO

David Duarte França

PRÁTICA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA POR ABORDAGEM
INVESTIGATIVA: mudanças climáticas, vicariância e evolução das espécies

Brasília - DF
2026

DAVID DUARTE FRANÇA

Trabalho de conclusão de Mestrado

**PRÁTICA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA POR ABORDAGEM
INVESTIGATIVA: mudanças climáticas, vicariância e evolução das espécies**

Dissertação de Mestrado submetido ao curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), vinculado a Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Área de concentração: Origem da Vida, Evolução, Ecologia e Biodiversidade

Orientadora: Profa. Dra. Nilda Maria Diniz

**Brasília - DF
2026**

Universidade de Brasília - UnB

David Duarte França

**PRÁTICA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA POR ABORDAGEM INVESTIGATIVA:
mudanças climáticas, vicariância e evolução das espécies**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília (UnB), como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia a ser avaliado pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

Profa. Dra. Nilda Maria Diniz
ProfBio Universidade de Brasília - UNB
(Orientadora)

Profa. Dra. Maura Helena Manfrin
FFCLRP - USP
(Avaliadora externa)

Profa. Dra. Alice Ribeiro Melo / ProfBio
Universidade de Brasília - UNB
(Avaliadora interna)

Brasília - DF
2026

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA
EM REDE NACIONAL (PROFISSIONAL)

Ata Nº: 018

Aos doze dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e seis, instalou-se a banca examinadora de Dissertação de Mestrado do aluno David Duarte França, matrícula 241104162. A banca examinadora foi composta pelos professores Dra. Alice Melo Ribeiro/Membra Examinadora Interna/UnB, Dra. Maura Helena Manfrin/Membra Examinadora Externa/FFCLRP, Dra. Silviene Fabiana de Oliveira/Suplente/UnB e Dra. Nilda Maria Diniz/ Presidente/UnB. O discente apresentou o trabalho intitulado "PRÁTICA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA POR ABORDAGEM INVESTIGATIVA: mudanças climáticas, vicariância e evolução das espécies".

Concluída a exposição, procedeu-se a arguição do(a) candidato(a), e após as considerações dos examinadores o resultado da avaliação do trabalho foi:

() Pela aprovação do trabalho;

() Pela aprovação do trabalho, com revisão de forma, indicando o prazo de até 30 (trinta) dias para apresentação definitiva do trabalho revisado;

() Pela reformulação do trabalho, indicando o prazo de (Nº DE MESES) para nova versão;

() Pela reprovação do trabalho, conforme as normas vigentes na Universidade de Brasília.

Conforme os Artigos 34, 39 e 40 da Resolução 0080/2021 - CEPE, o(a) candidato(a) não terá o título se não cumprir as exigências acima.

Dra. Alice Melo Ribeiro, UnB
Membra Examinadora Interna

Dra. Maura Helena Manfrin, FFCLRP
Membra Examinadora Externa

Dra. Silviene Fabiana de Oliveira, UnB
Suplente

Dra. Nilda Maria Diniz, UnB
Presidente

David Duarte França
Mestrando



Documento assinado eletronicamente por **Alice Melo Ribeiro, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Ciências Biológicas**, em 12/02/2026, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Silviene Fabiana de Oliveira, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Ciências Biológicas**, em 13/02/2026, às 09:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Nilda Maria Diniz, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Ciências Biológicas**, em 13/02/2026, às 10:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Jose Eduardo Baroneza, Coordenador(a) Substituto(a) de Curso de Pós-Graduação do Instituto de Ciências Biológicas**, em 13/02/2026, às 12:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Maura Helena Manfrin, Usuário Externo**, em 19/02/2026, às 08:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **DAVID DUARTE FRANÇA, Usuário Externo**, em 24/02/2026, às 07:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **13771150** e o código CRC **C8BA2FD8**.

Fp

Franca, David
PRÁTICA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA POR ABORDAGEM
INVESTIGATIVA: mudanças climáticas, vicariância e evolução
das espécies / David Franca; orientador Nilda Diniz.
Brasília, 2026.
91 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia)
Universidade de Brasília, 2026.

1. evolução biológica. 2. sequência didática. 3. ensino
por investigação. 4. vicariância. 5. especiação. I. Diniz,
Nilda, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento vai a minha família, minha mãe Valéria e ao meu pai Ildeu, pois sempre pude contar com o apoio e incentivo deles para meus estudos e trabalho. Nossa família é o nosso bem mais precioso, o nosso tesouro maior neste mundo. Cuidar dela e fazer com que este relacionamento seja nutrido é de extrema importância.

Quero registrar também, meu imenso agradecimento a minha Noiva, Aimée Natalia. Muito obrigado pela paciência, pelo carinho, pelo incentivo e pelo amor, pois isso sempre foi combustível para me esforçar cada vez mais. P.S: ela ajuda muito a corrigir meu português!

Agradecer a Dra. Nilda Maria Diniz, por aceitar a orientação, pelos ensinamentos e por mostrar as várias faces que a Evolução Biológica vem se desenrolando a cada dia que estudo mais. Recado: professora, eu aprendi que, não é sobre ter as respostas, mas sobre saber fazer as perguntas certas para encontrar o nosso caminhar junto. Muito obrigado!

Agradecer meus amigos de vida, que sempre se preocupam comigo e me incentivam a buscar mais e mais. Essas pessoas são minha segunda família! Não interessa se é a família de sangue ou a que te acolheu na vida: ser de uma família é pertencer a algo maior. É saber que não está sozinho. É sentir-se amado, abraçado e acolhido.

Agradecer aos colegas de mestrado, pois nós nos ajudamos durante todo esse novo caminhar. Obrigado pelos ensinamentos, as alegrias, as tristezas, os almoços e as festinhas.

Meus agradecimentos aos professores que contribuíram imensamente com a formação do professor que me tornei. Pois, um professor afeta a eternidade; ele nunca sabe onde sua influência termina.

Ao João Pedro Salles, estudante de Engenharia Mecatrônica, que colaborou na elaboração e impressão do modelo 3D utilizado neste trabalho.

Agradecer a dádiva da vida, pois sem ela nada disso existiria!

PRÁTICA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA POR ABORDAGEM INVESTIGATIVA: mudanças climáticas, vicariância e evolução das espécies

RESUMO

O ensino de Evolução Biológica no Ensino Médio brasileiro enfrenta dificuldades recorrentes, como a fragmentação conceitual, a dissociação entre conteúdos de genética, de ecologia e de ambiente, bem como a predominância de abordagens tradicionais. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi de desenvolver, aplicar e avaliar uma Sequência Didática (SD) com metodologia de ensino por investigação para melhorar o ensino de Biologia Evolutiva na escola pública. Nessa SD foram articulados conteúdos de mudanças climáticas, de genética de populações, de vicariância e de especiação, utilizando-se uma maquete tridimensional como recurso didático para simulação de alterações ambientais, como a elevação do nível da água “mar” decorrente de degelo. A SD foi aplicada a 59 alunos de Ensino Médio participantes de pesquisa (distribuídos em três grupos), os quais expressaram suas impressões sobre a prática em questionário semiestruturado (análise quantitativa); um diário de campo do professor-pesquisador (análise qualitativa) foi utilizado para avaliar a SD, que fez também a correção das atividades de SD (análise qualitativa). Foram verificados elevados níveis (71,21%) de avaliação positiva em relação à SD, em todas as questões os alunos escolheram “concordo totalmente”, indicando alto nível de concordância. A partir dos dados qualitativos podemos evidenciar uma progressão de entendimento de conceitos básicos, de engajamento, da participação, e da substituição de explicações finalistas por interpretações baseadas em aspectos de variabilidade genética, pressões ambientais e isolamento geográfico. A análise quali-quantitativa dos dados permite afirmar que a SD propiciou uma melhor compreensão da Evolução Biológica como um processo histórico, que pode ser resultante de mudanças ambientais e da dinâmica das frequências alélicas populacionais, além de promover a aproximação dos estudantes às práticas da metodologia científica. Conclui-se que a abordagem investigativa mediada por modelos didáticos tridimensionais e simulações de processos constitui uma estratégia promissora para o ensino de Biologia Evolutiva, especialmente ao integrar genética de populações, alterações ambientais como as mudanças climáticas e o processo de especiação por vicariância, em nível de Ensino Médio.

Palavras-chave: ensino por investigação, especiação, evolução biológica, mudanças climáticas, sequência didática, vicariância.

EVOLUTIONARY BIOLOGY PRACTICE THROUGH AN INVESTIGATIVE APPROACH: Climate Change, Vicariance, and Species Evolution

ABSTRACT

The teaching of Biological Evolution in Brazilian high schools faces recurring difficulties, such as conceptual fragmentation, dissociation between genetics, ecology, and environmental content, as well as the predominance of traditional approaches. In this context, the objective of this work was to develop, apply, and evaluate a Didactic Sequence (DS) with an inquiry-based teaching methodology to improve the teaching of Evolutionary Biology in public schools. This sequence articulated content on climate change, population genetics, vicariance, and speciation, using a three-dimensional model as a didactic resource to simulate environmental changes, such as the rise in sea level due to ice melt. The DS was applied to 59 high school students participating in the research (distributed into three groups), who expressed their impressions about the practice in a semi-structured questionnaire (quantitative analysis); a field diary of the teacher-researcher (qualitative analysis) was used to evaluate the DS, who also corrected the DS activities (qualitative analysis). High levels (71.21%) of positive evaluation regarding the SD were observed; in all questions, students chose "strongly agree," indicating a high level of agreement. From the qualitative data, we can highlight a progression in understanding basic concepts, engagement, participation, and the replacement of finalistic explanations with interpretations based on aspects of genetic variability, environmental pressures, and geographic isolation. The qualitative-quantitative analysis of the data allows us to affirm that the SD provided a better understanding of Biological Evolution as a historical process, which can result from environmental changes and the dynamics of population allele frequencies, in addition to promoting students' approach to the practices of scientific methodology. It is concluded that the investigative approach mediated by three-dimensional didactic models and process simulations constitutes a promising strategy for teaching Evolutionary Biology, especially when integrating population genetics, environmental changes such as climate change, and the process of speciation by vicariance, at high school level.

Keywords: biological evolution, climate change, didactic sequence, inquiry-based learning, speciation, vicariance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Avatar de Charles Darwin	30
Figura 2 – Modelagem da maquete 3D feita no software <i>Bambulab</i> – Bambu Estúdio	32
Figura 3 – Foto da maquete geográfica utilizada no experimento já enumerada com caneta permanente	33
Figura 4 – Fotografia da maquete 3D já enumerada e com o gelo	35
Figura 5 – Fotografia da maquete após degelo, demonstrando números submersos	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Habilidades relativas à Evolução Biológica descritas na BNCC de 2018	20
Quadro 2 – Print (Captura de tela) do quadro da Matriz de Habilidades Essenciais para o Goiás	21
Quadro 3 - Comparativo de Metodologias Ativas para o Ensino de Evolução	22

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Questão 1 - A sequência didática ajudou-me a entender os conceitos básicos da Evolução Biológica.	39
Gráfico 2 – Questão 2 - A atividade possibilitou que eu compreendesse como as mudanças climáticas podem influenciar o processo evolutivo.	40
Gráfico 3 – Questão 3 - Após a atividade, me sinto mais confiante em explicar o que é vicariância e como ela pode impactar a formação de novas espécies.	42
Gráfico 4 - Questão 4 - A atividade prática me ajudou a entender como a interdisciplinaridade (Biologia, Geografia, Climatologia) contribui para o estudo da Evolução.	42
Gráfico 5 - Questão 5 - A sequência didática me motivou a explorar e experimentar diferentes aspectos dos processos evolutivos em cenários simulados.	43
Gráfico 6 - Questão 6 - A atividade permitiu que eu desenvolvesse hipóteses baseadas em observações dos cenários fictícios apresentados.	44
Gráfico 7 - Questão 7 - Após a atividade, sinto-me mais preparado para argumentar e defender, com base em evidências, previsões e conclusões sobre a evolução das espécies em resposta a mudanças ambientais.	44
Gráfico 8 - Questão 8 - A atividade me ajudou a compreender como as pressões ambientais podem afetar a sobrevivência e a reprodução das espécies.	46
Gráfico 9 - Questão 9 - Compreendi melhor como os indivíduos se adaptam a diferentes ambientes e como essas adaptações podem influenciar as populações ao longo do tempo.	46
Gráfico 10 - Questão 10 - A simulação do aquecimento global e da separação dos continentes ajudou-me a visualizar como as mudanças climáticas impactam a biodiversidade e a adaptação das espécies.	47
Gráfico 11 - Questão 11 - A maquete e o modelo experimental esclareceram o papel da vicariância na formação de novas espécies.	48

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- BNCC** - Base Nacional Comum Curricular
- BE** - Biologia Evolutiva
- DCGO** - Documento Curricular Orientador para Estado de Goiás
- DCGO-EM** - Documento Curricular Orientador para Estado de Goiás do Ensino médio
- EM** - Ensino Médio
- DNA** - Ácido Desoxirribonucleico
- 3D** - Tridimensional
- SEDUC-GO** - Secretaria de Estado da Educação – Goiás
- HQs** - História em Quadrinhos
- RPG** - Role-Playing Game ou Jogo de Interpretação de Papéis
- 3MP** - Três Momentos Pedagógicos
- SD** - Sequência Didáticas
- CEPFS/UnB** - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília
- PLA** - Ácido Polilático
- CAAE** - Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
- TCLE** - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
- TALE** - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- GO** - Goiás
- Chat GPT** - Chat Generative Pre-trained Transformer" (Transformador Generativo Pré-treinado em português)
- QR Code** - Quick Response Code ou “Código de Resposta Rápida”
- LANAVE** - Laboratório de Comunicação Não Verbal do Instit. de Psicologia UnB

SUMÁRIO

1. Introdução	15
2. Objetivos	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3. Referencial teórico	19
3.1 Conteúdo de Biologia Evolutiva no Ensino Médio	19
3.2 Diversidade de metodologias usadas no ensino de Biologia Evolutiva	21
3.3 Metodologias ativas com abordagem investigativa	25
4. Metodologia	28
4.1 Aspectos Éticos da Pesquisa	28
4.2 Local de realização da pesquisa	29
4.3 Participantes da pesquisa	29
4.4 Sequência Didática (SD) com abordagem investigativa	29
4.5 Construção da maquete geográfica	31
4.6 Simulação de degelo	33
4.7 Instrumento de pesquisa	36
5. Resultados e discussões	38
5.1 Questionário semiestruturado	38
5.1.1 Bloco A - Compreensão conceitual	39
5.1.2 Bloco B - Experimentação e Interdisciplinaridade	42
5.1.3 Bloco C - Habilidades de Argumentação e Formulação de Hipóteses	44
5.1.4 Bloco D - Pressões Ambientais e Adaptação	45
5.1.5 Bloco E - Mudanças Climáticas e Formação de Novas Espécies	47
5.2 Diário de campo	48
5.3 Sequência Didática impressa e corrigida	50
5.4 Diário de campo versus questionário	51
6. Conclusão	53
7. Referências	55
8. Anexos.....	62
8.1 Anexo I	62
8.2 Anexo II	64
8.3 Anexo III	66
8.4 Anexo IV	68
8.5 Anexo V	80
8.6 Anexo VI	81
8.7 Anexo VII	84
8.8 Anexo VIII	86

1- INTRODUÇÃO

A Evolução Biológica é o processo de mudança da dinâmica das populações ao longo do tempo, segundo Futuyma (2009). A Evolução Biológica é considerada um eixo estruturante para o ensino de Ciências/Biologia por diversos autores, como demonstrado por Araújo e Reis (2021) e Dalapicolla *et al.* (2015). Além disso, documentos de referência que foram utilizados para o alinhamento da Educação Básica no Brasil, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2000), e a última formulação educacional, a Base Nacional Comum Curricular - BNCC - (Brasil, 2018), também apresentam o conteúdo como parte da construção do conhecimento, ajudando a corroborar a relevância desse tema, bem como a importância da sua compreensão para a Biologia (Meyer; El-Hani, 2005).

Em um olhar para esfera estadual - pois a pesquisa será feita no estado do Goiás - a Biologia Evolutiva (BE) é apresentada de maneira simplificada no Documento Curricular Orientador para Estado de Goiás - DCGO (Goiás, 2021), com um foco no contexto histórico e na exposição das ideias evolucionistas de Lamarck e de Darwin, conforme observado por Moraes (2016). Entretanto, sabe-se que diversos outros mecanismos, além da seleção natural, podem resultar em evolução das espécies, como deriva genética, mutações, recombinações gênicas e cromossômicas, fluxo gênico, mecanismos ecológicos, ontogênicos, entre outros, reforçando o pluralismo evolutivo destacado por Araújo e Reis (2021). Segundo Barbosa *et al.* (2025), que realizou um estudo da BNCC e do DCGO em relação ao conteúdo de evolução, fala-se que:

[...] o DCGO-EM, ao pautar-se na BNCC, apresenta fragilidades semelhantes no que diz respeito à especificidade do conhecimento biológico. Primeiramente, do ponto de vista conceitual, percebemos que o DCGO-EM estabelece enquanto conteúdo de ensino a Teoria Sintética da Evolução. Porém, as habilidades, objetivos e objetos de conhecimento não sustentam conceitualmente o ensino desta teoria. Além disso, a natureza gradual e contingente do processo

evolutivo não são contempladas. (Barbosa *et al.*, 2025, p -23).

Contudo, se considerarmos a problemática do ensino-aprendizagem da BE, a dificuldade dos alunos do Ensino Médio (EM) em compreender esse conteúdo pode ser atribuída a diversos fatores. Entre esses fatores, um dos principais é a complexidade do tema, que envolve conceitos abstratos e processos que podem ocorrer durante milhares de anos (Lima, Araújo e Lima, 2021). Além disso, Bizzo e Araújo (2021) ressaltam que a aceitação e compreensão da temática depende de um cenário interpretativo mais realista, além de outros fatores, como: religiosidade, valores políticos, fatores socioculturais, conhecimentos prévios da evolução biológica e compreensão da natureza da Ciência. No entanto, ainda podemos acrescentar que a dificuldade também está associada às distorções conceituais por polissemia, isso segundo (Ceschim *et al.*, 2020), referentes aos termos usados no ensino de BE. Visto que, as palavras adaptação e evolução podem possuir significados diferentes em campos diferentes, o que leva os alunos a interpretarem as explicações de formas errôneas.

Nesse sentido, a delimitação de qual conceito de espécie será utilizado é relevante para o entendimento deste trabalho. De acordo com Kischlat (2005), pode-se enumerar seis diferentes tipos básicos de conceito existentes na literatura: o Conceito Tipológico, o Conceito Biológico, o Conceito Isolacionista, o Conceito Evolutivo, o Conceito Autapomórfico e o Conceito Filogenético. Mas para o desenvolvimento desta dissertação, utilizaremos o Conceito Biológico, descrito por Mayr (1942), no qual define espécie biológica como “grupos de populações naturais inter cruzantes que são reprodutivamente isoladas de outros grupos”.

As mudanças climáticas ao longo da história do planeta desempenharam um papel crucial na evolução das espécies. Flutuações de temperatura, variações no nível do mar e mudanças na composição da atmosfera influenciaram diretamente os habitats e os recursos disponíveis, levando os organismos a se adaptarem ou enfrentarem a extinção (Eerola, 2003). Essas pressões ambientais intensificam os mecanismos de seleção natural, deriva genética e vicariância, podendo ou não favorecer características que aumentam as chances de sobrevivência e reprodução em condições específicas (Joly, 2007). Por isso, compreender a relação entre mudanças climáticas e evolução é fundamental para entender como a vida na Terra se diversificou e evoluiu ao longo do tempo. Contudo, é fundamental destacar que tentar

correlacionar vários mecanismos em uma prática didática para os estudantes é ainda mais desafiador.

Ademais, a falta de recursos didáticos adequados e a abordagem tradicional de ensino também poderiam contribuir para a dificuldade de compreensão dos alunos. Para superar esses desafios, é importante utilizar metodologias ativas, como aulas práticas e debates, e buscar formas de tornar o conteúdo mais acessível e interessante para os alunos (Tidon e Lewontin, 2004; Oleques, 2011), fazendo com que eles se tornem protagonistas de sua aprendizagem. Também é necessário aprimorar a formação de professores e promover a atualização daqueles que já estão há anos em atividade, pois, segundo Araújo (2020), Angeloni-Duarte (2022) e Tidon e Lewontin (2004), é preocupante os equívocos conceituais entre futuros professores/estudantes de Ciências Biológicas e antigos professores acerca do tema. Pois, muitos confundem seleção natural, adaptação e evolução, e ainda acreditam que a evolução é sinônimo de melhoria da espécie.

O ensino por meio de metodologias ativas, como a abordagem investigativa, as aulas práticas, as sequências didáticas e os jogos pedagógicos podem ser extremamente eficazes no ensino da BE, pois oferecem uma abordagem mais concreta e visual para entender conceitos que muitas vezes são abstratos e complexos (Moraes e Soares, 2022; Sousa, 2016). Modelos físicos ou digitais permitem que os alunos visualizem estruturas biológicas, como DNA, células e organismos, além de processos evolutivos como a seleção natural, mutação e deriva genética (Nobre e Farias, 2016). Ao observar essas representações, os alunos podem ter uma compreensão mais clara de como esses elementos interagem e mudam ao longo do tempo (Moraes, 2015) no ensino de evolução.

A BNCC (2018) destaca que uma das competências gerais da Educação Básica é estimular a curiosidade intelectual dos estudantes e envolvê-los em processos próprios das ciências, como a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade. Isso significa promover experiências que os levem a explorar causas, levantar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e desenvolver soluções, inclusive tecnológicas, com base em conhecimentos de diferentes áreas do saber (Brasil, 2018). Nesse sentido, ela valoriza práticas pedagógicas que diversifiquem as metodologias no Ensino de Ciências — o que inclui o ensino da BE, que é um dos objetos de conhecimento da Biologia. Assim, ao adotar abordagens investigativas, o professor não apenas cumpre as diretrizes curriculares, mas também estimula

o protagonismo dos alunos e favorece aprendizagens mais significativas e contextualizadas (Carvalho, 2013).

Esse trabalho tem, portanto, a intenção de implementar metodologias ativas, por meio de uma sequência didática investigativa que ilustra a vicariância resultante da simulação dos efeitos das mudanças climáticas sobre os níveis das águas oceânicas, como forma de aprimorar os níveis de compreensão dos alunos acerca dos conceitos e dos demais mecanismos de evolução biológica. Levantando assim, a hipótese de que a metodologia ativa estimula um aprendizado mais efetivo, refletindo no desempenho dos alunos, com uma melhora que pode ser evidenciada por respostas mais precisas e articuladas desse conhecimento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar e avaliar a eficácia de uma sequência didática com ensino por investigação, de simulação do processo de Evolução Biológica devido ao aumento do nível da água nas mudanças climáticas.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a compreensão dos alunos sobre o processo de evolução biológica, e a dinâmica de populações, resultante de vicariância em decorrência da simulação do efeito de mudanças climáticas;
- Apresentar conceitos aprofundados de Biologia Evolutiva, além dos conceitos históricos do Lamarckismo e de Darwinismo;
- Desenvolver um modelo em impressão 3D para o experimento de vicariância;
- Propor o ensino do processo de evolução biológica com simulação de mudanças climáticas em modelo 3D experimental;
- Realizar a transposição de conteúdos de nível de ensino superior para o nível de ensino médio através de metodologias ativas;
- Possibilitar práticas que permitam oferecer aos alunos conhecimentos mais elaborados em relação à Biologia Evolutiva.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Conteúdo de Biologia Evolutiva no Ensino Médio

A BNCC é um documento que orienta toda a Educação Básica no Brasil. Ela estabelece aprendizagens essenciais que devem ser garantidas a todos os estudantes, em conformidade com o Plano Nacional de Educação e com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. O documento organiza-se em três etapas: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. No Ensino Médio, os conhecimentos são estruturados em cinco áreas: Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Ensino Religioso. Na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, o ensino deve articular Biologia, Física e Química. A proposta vai além da memorização de conteúdos, incentivando a compreensão dos fenômenos naturais em seus contextos sociais, ambientais, históricos e culturais, bem como o desenvolvimento de práticas investigativas (Brasil, 2018).

Na área de Ciências da Natureza, a sua organização é em unidades temáticas, que aprofundam os conhecimentos do Ensino Fundamental. Entre elas, destaca-se “Vida, Terra e Cosmos”, resultante da articulação das unidades “Vida e Evolução” e “Terra e Universo” do Ensino Fundamental. Nela, os alunos são convidados a analisar a origem e evolução da vida, a formação do planeta e do Cosmos, além da diversidade dos seres vivos e suas interações com o ambiente (Brasil, 2018).

No Ensino Médio, as competências específicas de Ciências da Natureza estão associadas a habilidades que reforçam a continuidade da formação científica e estão inseridas dentro das unidades temáticas. Para a Biologia, ganha destaque a teoria da evolução como eixo unificador da disciplina (Brasil, 2018). Porém, nesse contexto, Barbosa *et al.* (2025) alega que essa forma articulada da BNCC, que não cita conteúdos específicos de Biologia, dá margem para um apagamento da Teoria da Evolução. E ainda reforçam, mesmo que o conteúdo apareça em uma das três competências específicas de Ciências da Natureza na BNCC, e somente em duas de nove habilidades (EM13CNT201 e EM13CNT208 - Quadro 1), na qual, estão descritas de maneira ampla não demarcando conceitos específicos relacionados à evolução biológica.

Quadro 1- Recorte das habilidades descritas na BNCC de 2018. Fonte: Brasil, 2018.

HABILIDADES
(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

Já no DCGO-EM (Goiás, 2021), que traduz as habilidades da BNCC em objetivos de aprendizagem e objetos de conhecimento, apenas nove objetivos — em um total de 145 — que se aproximam ou se adequam ao conteúdo de EB (Barbosa *et al.*, 2025). Os autores ainda relatam falam que:

[...]contudo, nota-se uma ausência de elementos epistemológicos mais específicos da Teoria da Evolução. Nenhum dos objetivos aborda os métodos, as técnicas e os instrumentos pelos quais este conhecimento é produzido e validado. Esta ausência resulta em um ensino limitado aos produtos do conhecimento evolutivo sem se debruçar em seus processos, suas formas de produção e validação. Um exemplo do desconhecimento destes aspectos é o famoso e errôneo argumento utilizado para invalidar a teoria evolutiva: “é só uma teoria” (Barbosa *et al.*, 2025).

Para acrescentar, além desses documentos de referência - BNCC e DCGO - bimestralmente são enviados aos professores da rede pública uma Matriz de Habilidades Essenciais (Goiás, 2025) como referência a ser seguida e duas apostilas (Revisa Goiás e Goiás Tec) para serem usadas como material de apoio, sendo elaborado e enviado pela Secretaria de Estado da Educação - Goiás (SEDUC-GO). Na Matriz de Habilidades Essenciais consta que o

ensino de BE deve ser lecionado na 1ª série do EM no 2º bimestre do ano letivo (Quadro 2 - Print da Matriz de Habilidades Essenciais).

Quadro 2 - Quadro da Matriz de Habilidades Essenciais para o Goiás. Fonte: Goiás, 2025.

Biologia - 2º Bimestre - 1ª Série
Matriz de Habilidades Essenciais
<p>(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar os diferentes grupos de vivos, considerando os conhecimentos atuais da sistemática e taxonomia para estabelecer suas relações evolutivas. ▪ Compreender as contribuições dos naturalistas J. B. Lamarck (lamarckismo) e Charles Darwin (darwinismo) para a construção da teoria evolucionista atual ▪ Relacionar os ecossistemas as intervenções antrópicas que interferem na adaptação e sobrevivência dos seres vivos. ▪ Analisar os fatores abióticos (climáticos e edáficos) como fatores limitantes dos ecossistemas.

No quadro 2, destaca-se o uso da habilidade EM13CNT202 (BNCC), cuja escolha não se harmoniza nem com as habilidades efetivamente relacionadas ao ensino de Biologia Evolutiva apontadas por Barbosa *et al.* (2025), nem com os conteúdos conceituais necessários à área. Observa-se, ainda, na orientação “compreender as contribuições dos naturalistas J. B. Lamarck e Charles Darwin para a construção da teoria evolucionista atual”, o que resulta em uma ideia predominantemente histórica e superficial do conteúdo. Em síntese, há desalinhamento entre a habilidade selecionada e os objetos de conhecimento requeridos para o ensino de BE, comprometendo a coerência do documento.

Por fim, é importante salientar, que em nenhuma outra Matriz de Habilidades Essenciais, sejam de outras séries do EM ou outros bimestres, abordam outros conteúdos relacionados ao ensino de BE. Mesmo que o DCGO (2021) aponte os objetos de conhecimento - teorias sobre a origem da vida; teorias da evolução; Lamarckismo e Darwinismo; Teoria Sintética da Evolução; Seleção natural; Mecanismos de adaptação; Evolução; Especiação; Adaptação; Extinção e Evolução humana - nem todos aparecem nas Matrizes. O que respalda mais ainda a necessidade de dinâmicas e metodologias ativas para o ensino de BE com conceitos mais aprofundados.

3.2 Diversidade de Metodologias usadas no ensino de Biologia Evolutiva

A trajetória educacional mostra que as práticas de ensino evoluem conforme os contextos sociais, culturais e tecnológicos, deixando evidente que não existe um único caminho

eficaz para todos os alunos. Nesse sentido, as metodologias de ensino representam diferentes modos de organizar a aprendizagem, variando desde modelos tradicionais, centrados na transmissão de conteúdos, até propostas mais contemporâneas e ativas, que incentivam o protagonismo discente e a construção coletiva do conhecimento (Augusto *et al.*, 2025).

A diversidade metodológica, portanto, é fundamental para atender aos múltiplos ritmos, estilos e necessidades de aprendizagem presentes em sala de aula. Ao articular distintas abordagens — como aulas expositivas, projetos investigativos, sequências didáticas, ensino híbrido e sala de aula invertida — o professor amplia as possibilidades de participação e engajamento, tornando o processo educativo mais inclusivo, dinâmico e significativo para os estudantes (Bacich e Moran, 2018; Marques *et al.*, 2021).

Nesse sentido, ao realizar buscas por quais metodologias têm sido usadas e publicadas no ensino de BE, encontramos uma diversidade de métodos ativos, sendo a sua grande maioria jogos e simulações (Quadro 3). Porém, sabe-se, como um axioma - ou seja, uma proposição que não precisa de demonstração ou provas, sendo aceita como princípio inicial ou uma verdade constatada por observação - que a imensa maioria dos professores de Biologia usa o método tradicional de ensino.

Quadro 3 - Comparativo de Metodologias Ativas para o Ensino de Evolução

Referência	Metodologias			
	Simulações	Jogos	Gamificações	Outros
Cruz <i>et al.</i>, 2022.			X	Apoio: - Quiz; - Mapas mentais; - SD;
Diniz <i>et al.</i>, 2010.	X			Apoio: - Maquete;
Fontes <i>et al.</i>, 2021.			X	

Klautau-Guimarães et al., 2008.	X			
Lima et al., 2021.	X	X		
Lobo e Viana, 2020.		X		
Mejia e Collevatti, 2016.	X			
Mello, 2020.	X			
Moraes e Soares, 2022.		X		Apoio: - SD.
Moreira e Figueirôa, 2021.		X		
Mori et al., 2009.		X		
Nobre e Farias, 2016.		X		
Vieira-Júnior e De Almeida, 2021.				HQs
Pereira et al., 2008.				Teatro de fantoches

Silva et al., 2021.				Seminário em LIVE
Wanderley et al., 2023.		X		Apoio: - Quizes

A análise dos artigos no quadro 3, dentre os 16 artigos e a diversidade de metodologias utilizadas, evidenciam que as mais utilizadas foram jogos com sete (Lima *et al.*, 2021; Lobo e Viana, 2020; Moraes e Soares, 2022; Moreira e Figueirôa, 2021; Mori *et al.*, 2009; Nobre e Farias, 2016; Wanderley *et al.*, 2023) e simulações com cinco (Diniz *et al.*, 2010; Klautau-Guimarães *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2021;; Mello, 2020; Mejia e Collevatti, 2016), sendo que Lima *et al.* (2021) utilizou ambas. Logo em seguida, temos a gamificação com duas (Cruz *et al.*, 2022; Fontes *et al.*, 2021), a utilização de HQ (História em Quadrinhos) (Vieira-Junior e De Oliveira, 2021), de fantoches (Pereira *et al.*, 2008) e seminários (Silva, et al., 2021), sendo todos como recurso central para o ensino de Evolução.

Entretanto, o que se destaca é que por vezes essas metodologias não são aplicadas isoladamente, mas associadas a outras abordagens ativas, o que amplia seu potencial pedagógico. Exemplos claros são as sequências didáticas que integram jogos e/ou simulações, como no caso do “Vida na Lagoa” de Pereira *et al.* (2008) e da maquete de aquecimento global e vicariância por Diniz *et al.* (2010), ou ainda a gamificação articulada a quizzes e construção de mapas mentais (Cruz *et al.*, 2022; Wanderley *et al.*, 2023), mostrando a preocupação em diversificar estratégias e favorecer diferentes estilos de aprendizagem. Também aparecem práticas como seminários em formato de live (Silva *et al.*, 2021), teatro científico (Pereira *et al.*, 2008) e HQs (Fontes *et al.*, 2021; Vieira-Júnior e De Almeida, 2021), que quando inseridos em sequências ou articulados a discussões investigativas, reforçam o protagonismo discente e a construção coletiva do conhecimento. Assim, de acordo com os trabalhos supracitados, percebe-se que a combinação de metodologias — em vez do uso isolado — potencializa a compreensão de conceitos abstratos e complexos da BE, promovendo maior engajamento, criticidade e aprendizagem significativa.

3.3 Metodologias ativas com abordagem investigativa

No anseio por práticas pedagógicas que dialoguem com as demandas da nova geração, pesquisadores da Educação têm defendido o uso das metodologias ativas como alternativa para promover uma aprendizagem transformadora, crítica e reflexiva (BACICH; MORAN, 2018; SOARES, 2021). Embora a centralidade no estudante não seja novidade — já defendida por teóricos como Dewey, Montessori, Freinet, Vygotsky e Piaget — hoje ela ganha novos contornos diante do contexto digital e hiperconectado. Assim, mais do que a simples inserção de tecnologias, o desafio do ensino está em compreender os processos cognitivos e sociais que sustentam a construção do conhecimento, valorizando a participação ativa do aluno e o papel mediador do professor (Cunha *et al.*, 2024).

No contexto brasileiro atual, de métodos ativos, diversos autores têm contribuído para o aprofundamento dessa discussão, entre eles, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), Carvalho (2013), Giordan *et al.* (2011), Sasseron (2015; 2017) e Zabala (1998), os quais problematizam as interfaces entre ensino de Ciências, abordagem investigativa e sequências didáticas. Observa-se, que no ensino de Ciências, o ensino por investigação e as sequências didáticas apresentam uma relação de complementaridade que se revela fundamental no processo educativo. A adoção dessa perspectiva no ensino de BE se justifica pela urgência em promover aprendizagens ativas e significativas, capazes de formar cidadãos críticos e cientificamente alfabetizados, como defendem Carvalho (2013) e Sasseron (2015; 2017). Nesse sentido, a investigação não se limita a um recurso metodológico, mas assume um papel transformador, permitindo ao estudante compreender a ciência como prática social e dinâmica, essencial para interpretar e intervir nos desafios do mundo contemporâneo.

Partindo da relação entre os desafios do mundo contemporâneo e a necessidade de consolidar os conhecimentos, faremos uma breve explicação sobre cada uma dessas ideias pedagógicas, com o intuito de buscar o que há de mais interessante e oportuno, pois foi através dessas observações que construímos nossa sequência didática associada ao ensino por investigação e soma de uma simulação.

Começando pela alfabetização científica, conforme Sasseron (2015), que envolve não apenas a compreensão dos conceitos científicos, mas também a capacidade de os aplicar em contextos cotidianos e sociais, o que é crucial para este trabalho, pois, precisamos ensinar a BE

frente às mudanças climáticas e à vicariância na biogeografia. Sasseron (2015) e Carvalho (2013) complementam essa perspectiva ao ressaltar que a investigação científica em sala de aula permite que os alunos se apropriem dos conceitos de forma ativa, por meio de perguntas e experimentações que conduzem à construção do conhecimento. Segundo a Sasseron (2015), essa abordagem estimula os alunos a participarem ativamente do processo de alfabetização científica, tornando-os protagonistas na descoberta e aplicação dos conceitos científicos, o que é fundamental para compreender os impactos das mudanças climáticas sobre a evolução das espécies.

A próxima abordagem trata sobre a proposta dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), apresentada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018). Ela valoriza a integração entre problematização, organização do conhecimento e aplicação prática como etapas essenciais no processo de ensino-aprendizagem. Essa metodologia tem inspiração nas obras de Paulo Freire, em que o ponto de partida das aulas é a realidade vivida pelos estudantes, buscando aproximar o conhecimento científico das experiências cotidianas. No caso do ensino de Evolução, observa-se um desafio: ainda que esse processo esteja presente em todos os aspectos da vida, os alunos geralmente não o percebem de forma clara, dada a pouca familiaridade prévia com o tema. Mesmo assim, os 3MP se configuram como uma metodologia ativa e investigativa, que possibilita ao estudante explorar fenômenos biológicos complexos de modo reflexivo e interativo, contribuindo diretamente para a construção crítica do conhecimento. Nesse sentido, essa abordagem também fundamenta e influencia o trabalho desenvolvido na presente dissertação, visto que, a sua organização em etapas e alinhadas ao conteúdo busca promover aprendizagens significativas.

Deste modo, agregar os métodos ativos, até agora apresentados, a uma sequência didática é fundamental para o desenvolvimento de habilidades investigativas e para a promoção de um aprendizado significativo em Ciências, especialmente em temas complexos como Biologia Evolutiva (Zabala, 1998). Giordan *et al.* (2011), reforça a importância do planejamento estruturado de atividades educativas, que permite a construção do conhecimento de forma sequencial e progressiva. Além de, enfatizar que uma sequência didática eficaz deve incluir diagnósticos iniciais, definição clara de objetivos de aprendizagem e atividades investigativas que fomentem a curiosidade e a reflexão crítica dos alunos.

A partir da perspectiva construtivista, defendida por Zabala (1998), que entende as sequências didáticas como um conjunto articulado de atividades voltadas à construção ativa do conhecimento, fica evidente que ela pode ser moldada para diferentes tipos de conteúdos, ou até mesmo associada a outras metodologias (ex. simulações). Isso a torna uma ferramenta pedagógica muito interessante para associar conteúdos da complexidade do ensino de BE. Dado que, o ensino por investigação pode incorporar simulações que possibilitem aos estudantes observarem de forma direta processos biológicos (Scarpa e Silva, 2013), como as populações que se modificam ao longo das gerações.

Essas simulações — realizadas por meio de softwares educacionais, experimentos laboratoriais com organismos de ciclo de vida curto ou mesmo modelagens físicas simples — favorecem a formulação e o teste de hipóteses, permitindo que os alunos relacionem variações genéticas e ambientais aos processos de sobrevivência e reprodução. Dessa forma, a sequência didática deixa de ser apenas uma organização linear de conteúdos e passa a constituir um ambiente investigativo, no qual os conhecimentos são construídos progressivamente a partir da problematização e da análise de evidências (Zabala, 1998).

A fundamentação teórica que levou à escolha desses recursos educacionais, portanto, está enraizada na necessidade de alinhar o ensino de Biologia Evolutiva às metodologias ativas, que promovam a construção do conhecimento de forma participativa e engajadora. Uma vez que, o ensino e Evolução tem sido apontado por vários autores com um desafio para os alunos e para os professores (Araújo, 2020; Angeloni-Duarte *et al.*, 2022; Lima, Araújo e Lima, 2021; Oliveira, 2016; Tidon e Lewontin, 2004).

A utilização de projetos investigativos e estudos de caso, conforme proposto por Carvalho (2013) e Sasseron (2017), possibilita uma aprendizagem mais aprofundada e contextualizada, permitindo que os alunos desenvolvam uma compreensão integral das interações entre mudanças climáticas, vicariância e evolução das espécies. Em formato de Sequência Didática (SD) como sugere Giordan (2011) e Zabala (1998) coloca essa abordagem em consonância com as tendências contemporâneas do ensino de Ciências no Brasil, que exigem práticas pedagógicas inovadoras e centradas no estudante, capazes de responder às complexas demandas ambientais e sociais atuais.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para alcançarmos os objetivos, baseou-se na elaboração e aplicação de uma SD por ensino investigativo de acordo com Zabala (1998), Giordan (2011), Carvalho (2013) e Sasseron (2015; 2017) para alunos da 3ª série do Ensino Médio de Escola Pública. Nessa SD foi acrescida uma simulação de vicariância modificada de Diniz *et al.* (2010).

4.1 Aspectos Éticos da Pesquisa

O presente projeto foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília (CEP FS/UnB), conforme o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE nº 90682925.6.0000.0030), tendo sido encaminhado para avaliação no mês de julho de 2025. Após análise inicial, o comitê solicitou ajustes pontuais no texto do projeto e nos documentos de consentimento, os quais foram prontamente atendidos e reapresentados. A proposta foi aprovada em outubro de 2025, estando, portanto, autorizada a ser executada conforme as normas éticas vigentes.

A pesquisa foi desenvolvida em conformidade com os princípios estabelecidos na Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, que regem os estudos com seres humanos. Para garantir a participação voluntária e consciente dos estudantes, foram elaborados três documentos éticos: o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) destinado aos responsáveis legais dos alunos menores de idade (Anexo I); o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) voltado diretamente aos alunos participantes (Anexo II); e um TCLE específico para menores, adaptado às necessidades de linguagem e compreensão desse público (Anexo III). Todos os termos apresentam informações claras sobre os objetivos da pesquisa, etapas de participação, possíveis riscos e benefícios, além de assegurar sigilo, confidencialidade e liberdade de desistência a qualquer momento, sem prejuízo aos envolvidos.

Ademais, buscou-se minimizar potenciais conflitos de interesse, com a aplicação da sequência didática em turmas em que o pesquisador/mestrando não atuava como professor regente, de forma a garantir que não haja conflito de interesse e evitar relações hierárquicas diretas durante a coleta de dados.

4.2 Local de realização da pesquisa

A pesquisa foi realizada no Colégio Estadual Cora Coralina, localizado em Águas Lindas de Goiás (GO), município do entorno do Distrito Federal. A cidade é populosa caracterizada por intenso crescimento urbano desordenado e por condições estruturais básicas ainda precárias e periféricas. Grande parte da população é composta por famílias de baixa renda, que vivem em áreas com infraestrutura limitada e acesso restrito a serviços públicos de qualidade. O contexto social é marcado por trabalhadores que, em sua maioria, atuam como mão de obra assalariada em funções de baixa remuneração no comércio, construção civil e serviços gerais. Esse cenário reflete desafios típicos de regiões periféricas, como desigualdade social, carência de recursos educacionais e vulnerabilidades socioeconômicas que impactam diretamente o ambiente escolar (IBGE, 2022). O colégio, situado no bairro Mansões Village, tem 1.185 estudantes, distribuídos em 29 turmas de Ensino Fundamental II e de Ensino Médio, sendo 3 dessas turmas pertencem à 3ª Série do Ensino Médio Regular.

4.3 Participantes da pesquisa

Os participantes desta pesquisa foram os(as) estudantes da 3ª Série do Ensino Médio Regular. A amostra total foi de 65 estudantes, pertencentes a 3 turmas diferentes, com idades entre 16 e 18 anos.

Todos os estudantes da 3ª Série do Ensino Médio Regular foram convidados presencialmente pelo pesquisador/professor, em sala de aula, a participarem da pesquisa logo após a aprovação do CEP FS/UnB. Nesse momento, foram informados sobre o desenvolvimento da pesquisa e sobre a SD de ensino por abordagem investigativa. Também apresentamos o TCLE, que foi encaminhado aos pais ou responsáveis, e o TALE, que após ser assinado pelos estudantes anuentes, serão arquivados em sigilo pelo pesquisador/professor.

4.4 Sequência Didática (SD) com abordagem investigativa

A SD com abordagem investigativa, aplicada aos estudantes e apresentada no Anexo IV, foi estruturada a partir de conteúdos de Evolução Biológica e envolveu a simulação de mudanças climáticas intensificadas pela ação antrópica por meio de uma maquete tridimensional (3D). A proposta partiu de uma situação-problema relacionada às serpentes da

Ilha da Queimada Grande, especificamente à jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*), a partir da qual os estudantes foram convidados a formular hipóteses, definir estratégias para testá-las, revisá-las à luz dos resultados obtidos e realizar modelagens matemáticas.

Para potencializar a mediação e tornar o processo mais atrativo, foi incorporado na SD um avatar de Charles Darwin (**Figura 1**) - criado por Inteligência Artificial, ChatGPT – para e melhorar a interação e comunicação com os estudantes ao longo da sequência, apresentando instruções, explicações e orientações passo a passo para realização da atividade. A inclusão do avatar é devido a termos avaliado que esse recurso poderia favorecer maior dinamismo da SD, e poderia aproximar os alunos de uma narrativa científica mais lúdica e investigativa.



Figura 1- Avatar de Charles Darwin

Para a formação de grupos, foi solicitado que os alunos montassem os grupos de acordo com suas afinidades, porém poderiam variá-lo, em torno de 3 a 5 pessoas. A SD foi organizada em quatro aulas consecutivas de 50 minutos, cada uma com objetivos e atividades específicas:

- **Aula 1:** Apresentação da situação-problema e levantamento de hipóteses e dos conhecimentos prévios dos alunos.
- **Aula 2:** Levantamento de novos conhecimentos necessários para o teste das hipóteses, incluindo a introdução ao ensino de cálculo de frequências alélicas.
- **Aula 3:** Continuação da verificação das hipóteses por meio da simulação de elevação do nível das águas, devido ao degelo decorrente de mudança no clima, com a maquete 3D, seguida da observação da nova topografia das massas de terra, ocorrência de vicariância e de novo cálculo das frequências gênicas considerando os indivíduos que sobreviveram.

- **Aula 4:** Consolidação dos conteúdos e finalização da sequência, com a sistematização coletiva dos resultados por escrito. Nessa etapa, os alunos também acessaram um **QR Code** para responder a um formulário avaliativo, que possibilitou mensurar o aprendizado construído ao longo da experiência.

Dessa forma, a proposta buscou promover uma construção de conhecimentos mais conclusivos e baseados em evidências, alinhando-se ao ensino de Ciências por investigação. Para cada grupo foi entregue uma SD impressa (Anexo IV) e ao final de cada aula ela será recolhida.

4.5 Construção da maquete geográfica

Para a implementação da SD, foi necessária a construção prévia de uma maquete de relevo topográfico em impressão 3D, que serviu como recurso central para a simulação das mudanças climáticas e do processo de vicariância. Inicialmente, a maquete das massas de terra foi confeccionada em plastilina, estrutura proposta por Diniz *et al.* (2010), mas neste trabalho optamos pela impressão 3D, que permite um aprimoramento topográfico e um formato mais realista, podendo ser mais atrativa para os alunos.

O molde das porções terrestres das ilhas foi obtido no site TouchTerrain (<https://touchterrain.geol.iastate.edu/>), uma plataforma especializada em modelos digitais de terreno. Para a edição e preparação do arquivo para impressão, utilizou-se o software *Bambulab* – Bambu Estúdio (**Figura 2**), que permitiu ajustar a modelagem tridimensional da maquete no tamanho de 21 x 24 cm.

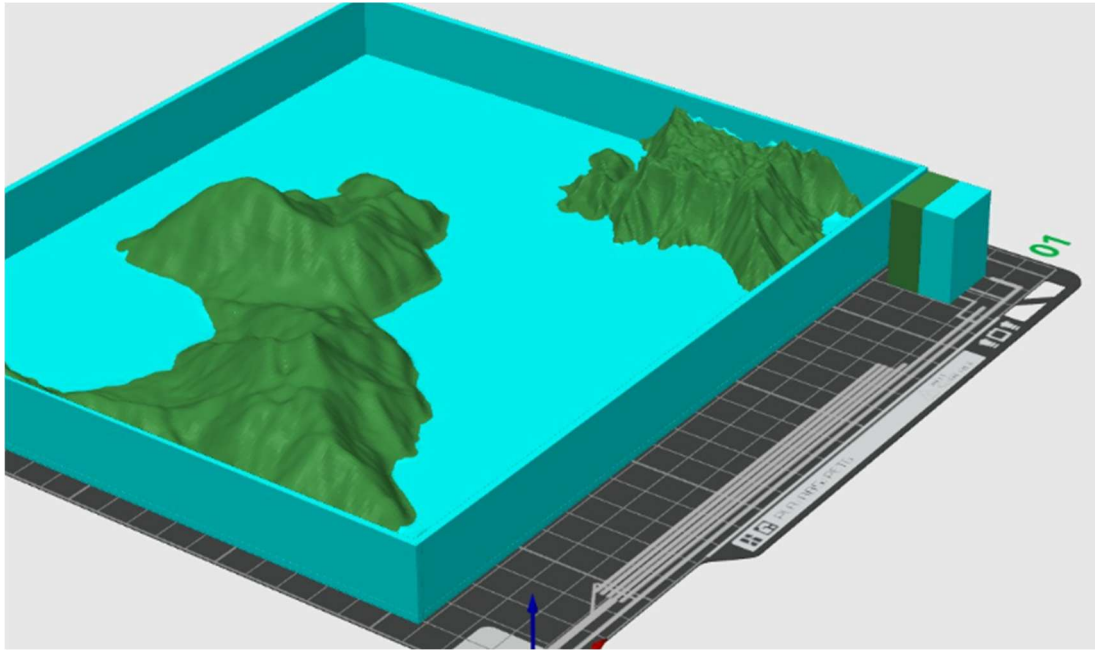


Figura 2 - Modelagem da maquete 3D feita no software *Bambulab* – Bambu Estúdio.

A impressão em 3D (**Figura 3**) foi realizada por meio da impressora Bambu Lab X1E 3D Printer, no Lanave – Laboratório de Comunicação Não Verbal, dentro do Departamento de Processos Psicológicos Básicos - PPB, vinculado ao Instituto de Psicologia da Universidade de Brasília. Esse processo contou com o auxílio do estudante de Engenharia Mecatrônica João Pedro Salles, integrante do grupo *Homo Ludens de Ensino para o terceiro milênio*, responsável pelo suporte técnico na etapa de impressão. O material usado na impressão foi o PLA (Ácido Polilático), onde cada maquete usou cerca de 353 miligramas (mg) de PLA, sendo 250 mg da cor azul clara, que serviu de base da maquete, e 103 (mg) da cor verde usada para representar a porção de terra.

Após a impressão da maquete, a grande porção central foi numerada aleatoriamente com números de 1 a 60, representando os indivíduos da população estudada. Para essa numeração usamos caneta permanente, ou também conhecida com caneta de retroprojeter, na cor preta (**Figura 3**).

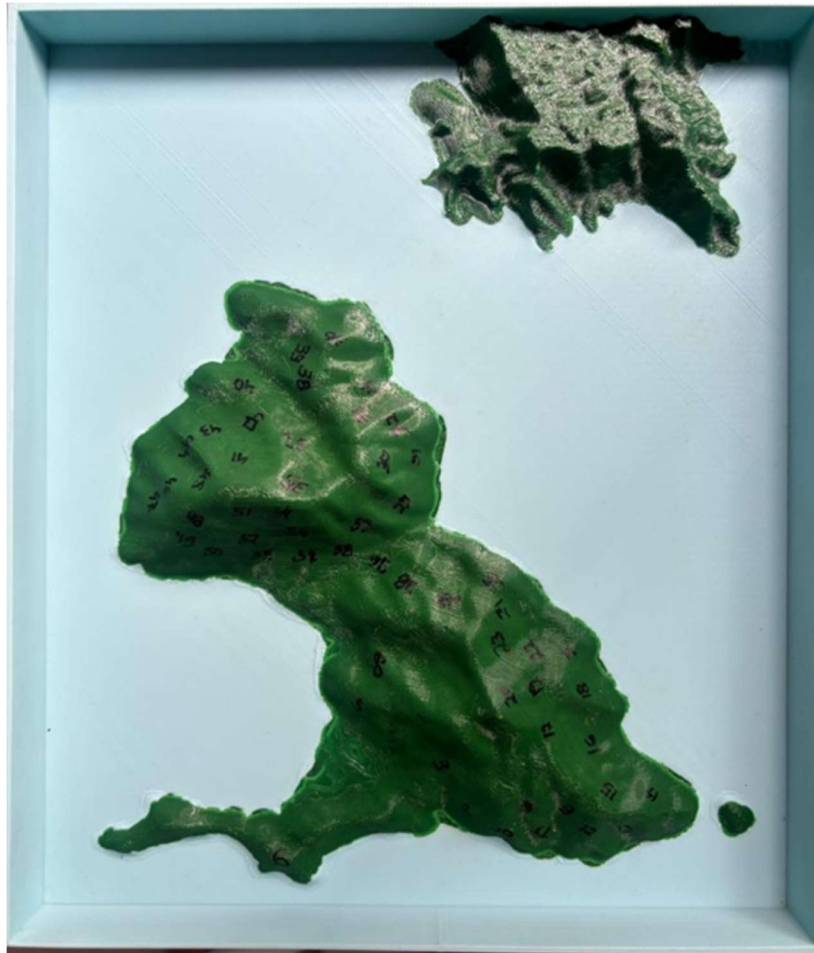


Figura 3 - Fotografia da maquete geográfica utilizada no experimento, numerada de 1 a 60 com caneta permanente

Outro aspecto relevante é que, pretende-se publicar o trabalho e disponibilizar o arquivo digital do modelo 3D, por meio de um link de acesso aberto (Anexo V), possibilitando que outros docentes e interessados apliquem a técnica e utilizem a maquete geográfica em seus próprios contextos de ensino. E se, caso a opção de impressão não seja viável para escolas ou professores que não disponham de impressora 3D ou condições financeiras para arcar com os custos de impressão, há uma forma alternativa. Essa forma seria a utilização de argila fria para moldar a maquete, pois assim visa garantir acessibilidade e baixo custo, sem comprometer a essência pedagógica da atividade.

4.6 Simulação de degelo

Conforme pode ser visualizado na Figura 3, a maquete geográfica utilizada na aplicação da SD apresenta duas porções de terra representadas na cor verde. A menor, posicionada à esquerda, representa um continente situado na região polar da Terra (tal como a Groenlândia); a maior, ao centro, representa o continente habitado pela **espécie X** (*Bothrops insularis*), foco da simulação. A área em azul ao redor dessas massas de terra simboliza o oceano, que foi preenchida com água misturada a corante azul durante a simulação de elevação do nível da água.

A grande porção central, já numerada aleatoriamente, pelo aplicador, de 1 a 60, representou os indivíduos da população estudada. Cada número/indivíduo recebeu previamente um par de alelos, sendo “A” destinado a uma característica dominante e o alelo “a” a uma característica recessiva, isso ocorreu em forma de sorteio feita pelos participantes de cada grupo da atividade. A partir dessa distribuição, foi possível realizar o cálculo inicial da frequência alélica da população como demonstrado na SD em Anexo VI. Outro fato importante, anteriormente ao início das aplicações do trabalho, é que os alunos já haviam apreendido os conteúdos de genética Mendeliana e as teorias de Lamarck, Darwin, além da teoria sintética da evolução.

Ressalta-se que, para a correta representação da dinâmica de elevação do nível do mar na maquete, um bloco de gelo foi posicionado sobre a massa continental, acima da linha de maré (**Figura 4**). Essa disposição se justifica pelo fato de que apenas o derretimento do gelo situado sobre o continente resulta em aumento efetivo do nível oceânico. À medida que ocorre o derretimento desse gelo, observa-se a elevação do nível da água, promovendo a fragmentação da massa continental central em duas ilhas, uma de maior e outra de menor extensão (**Figura 5**).

Assim, a análise das frequências alélicas deve ocorrer em dois momentos: antes do degelo e após o degelo. No segundo momento, os indivíduos que ficarem submersos em razão da elevação do nível da água serão desconsiderados do cálculo, pois serão considerados extintos. Essa recontagem possibilitará observar como o isolamento geográfico e a perda de indivíduos afetam a diversidade genética da população.

Em suma, as comparações entre os resultados obtidos antes e depois do degelo forneceu subsídios para discutir alguns mecanismos-chave da Biologia Evolutiva, como vicariância,

deriva gênica e especiação alopátrica, permitindo que os estudantes relacionem os mecanismos de especiação a processos tanto naturais, quanto intensificados pela ação antrópica.



Figura 4 – Fotografia da maquete 3D, numerada e com o gelo.



Figura 5 – Fotografia da maquete após degelo, demonstrando números submersos.

4.7 Instrumento de pesquisa

Para avaliar os impactos da SD com abordagem investigativa, foi aplicado, ao final de sua implementação, um questionário semiestruturado (Anexo IV), com o objetivo de obter dados qualitativos acerca da percepção de aprendizagem dos estudantes sobre o processo

investigativo. Assim, as perguntas do questionário foram divididas em cinco blocos para avaliar compreensões distintas, sendo esses blocos: **a-** Compreensão conceitual; **b-** Experimentação e interdisciplinaridade; **c-** Habilidades de argumentação e hipóteses; **d-** Pressões ambientais e adaptação; **e-** Impacto das mudanças climáticas e formação de novas espécies. As possíveis respostas foram distribuídas em uma escala quantitativa de concordância (1 - Discordo totalmente; 2 - Discordo parcialmente; 3 - Nem concordo nem discordo; 4 - Concordo parcialmente; 5 - Concordo totalmente), considerando aspectos de autoavaliação e engajamento dos estudantes, por meio de uma escala Likert, seguindo os parâmetros de análise propostos por Joshi et al. (2015).

Um diário de campo também foi utilizado, como instrumento complementar de coleta e triangulação de dados, permitindo ampliar a compreensão sobre o desenvolvimento da sequência e os fenômenos observados em sala de aula. O diário de campo, elaborado pelo pesquisador, com registros sistemáticos tanto de caráter descritivo, relacionados às ações, falas e interações dos alunos, quanto reflexivo, resultantes da análise e interpretação crítica dessas observações. Essa prática, conforme defendem Domingos *et al.* (2021), possibilita “captar uma fatia da vida” escolar, exercitando a sensibilidade, a escuta e a análise investigativa do pesquisador. O uso do diário de campo demonstra assim um cuidado ético e metodológico, pois relativiza o universo estudado a partir da problematização e da comparação entre diferentes modos de aprender, além de aprofundar as análises qualitativas e fortalecer a validade dos achados (Domingos *et al.*, 2021).

O diário de campo foi idealizado da seguinte maneira (Anexo VIII):

- 1º- Uma para cada turmas, as quais foram aplicados os trabalhos;
- 2º- As turmas foram divididas nas aulas da sequência didática;
- 3º- Dentro de cada aula foi subdividido em: **a-** Comentários (conversar que o professor observou quando circulava pela sala); **b-** Perguntas (falas direcionadas para o professor); e **c-** Percepção do professor ao observar os grupos de longe.

Um outro instrumento, as SD impressas e preenchidas pelos alunos ao longo das quatro aulas, também são utilizadas como instrumento complementar de coleta de dados. Todas as SD, que continham registros escritos de hipóteses, cálculos de frequências alélicas, interpretações

da simulação e respostas às questões propostas, foram recolhidas ao final de cada etapa da atividade. Esses materiais posteriormente analisados e corrigidos pelo pesquisador, permitindo identificar padrões de compreensão, dificuldades conceituais e avanços no entendimento dos estudantes sobre os processos de evolução biológica, vicariância e mudanças climáticas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente tópico apresenta e discute os resultados obtidos a partir da aplicação da SD com abordagem investigativa, articulando dados quantitativos e qualitativos provenientes de diferentes instrumentos de pesquisa. A análise integra os resultados do questionário, as produções escritas dos estudantes ao longo da SD e os registros do diário de campo do professor-pesquisador, buscando compreender não apenas os níveis de concordância dos estudantes, mas também os processos de aprendizagem e as práticas epistêmicas mobilizadas durante a investigação. A opção por apresentar resultados e discussões de forma integrada visa favorecer uma interpretação mais consistente dos dados, estabelecendo diálogo direto com o referencial teórico adotado e com estudos da área de ensino de Biologia Evolutiva e ensino por investigação.

5.1 Questionário semiestruturado

O questionário semiestruturado foi respondido por 59/65 estudantes que participaram da SD, lembrando, a participação era voluntária, isso demonstra um alto índice de engajamento na atividade. De modo geral, os resultados evidenciaram elevados níveis de satisfação dos estudantes, com percentuais de aceitação, por pergunta, variando entre 50,8% e 81,4%, havendo apenas uma pergunta com resposta de valor inferior a 50% (45,8%), ainda assim com predominância da alternativa “concordo totalmente”.

As médias obtidas mantiveram-se elevadas, situando-se entre 4,66 e 4,81, e as medianas foram iguais a 5 em praticamente todos os itens, indicando alto grau de concordância e baixa dispersão das respostas. Ressalta-se que essas métricas foram calculadas a partir da atribuição de valores numéricos de 1 a 5 às alternativas da escala Likert, correspondentes aos níveis de discordância e concordância dos estudantes. Esse padrão aponta para uma percepção amplamente positiva dos estudantes em relação aos efeitos da SD investigativa.

A seguir, são discutidos os resultados correspondentes a cada bloco do questionário. O quadro com os resultados gerais do questionário semiestruturado encontra-se apresentado no Anexo VII, a partir do qual foram obtidos os valores e elaborados os gráficos apresentados adiante.

5.1.1 Bloco A — Compreensão Conceitual

Este bloco teve como objetivo avaliar se a SD contribuiu para a compreensão dos conceitos fundamentais da Biologia Evolutiva e de sua relação com as mudanças climáticas. Os resultados das questões Q1, Q2 e Q3 — correspondentes, respectivamente, à compreensão dos conceitos básicos da evolução biológica, à influência das mudanças climáticas sobre o processo evolutivo e à segurança dos estudantes em explicar o conceito de vicariância e sua relação com a formação de novas espécies (Gráficos 1, 2 e 3) — evidenciaram níveis elevados de concordância, com médias próximas ao valor máximo da escala. Esses resultados indicam que a maioria dos estudantes percebeu avanços significativos na compreensão dos conceitos centrais abordados na SD.

Gráfico 1 – Questão 1 - A sequência didática ajudou-me a entender os conceitos básicos da Evolução Biológica.

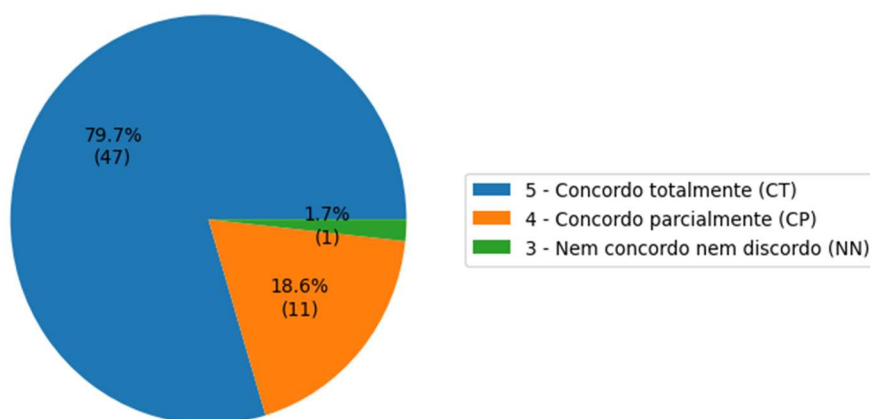


Gráfico 2 - Questão 2 - A atividade possibilitou que eu compreendesse como as mudanças climáticas podem influenciar o processo evolutivo.

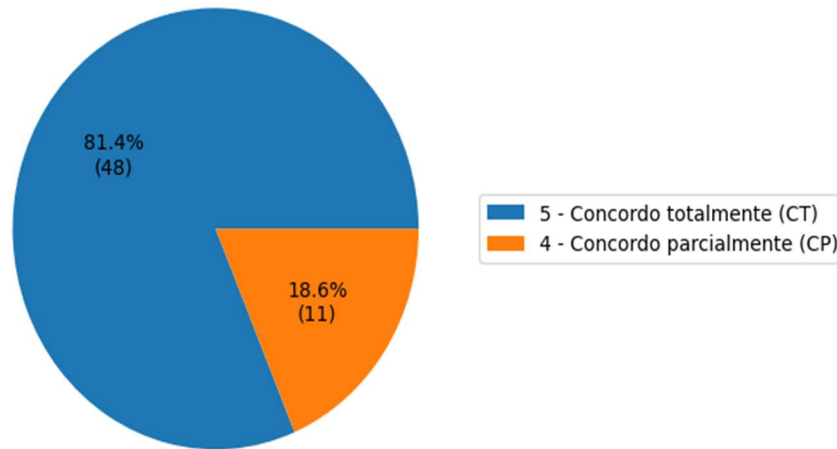
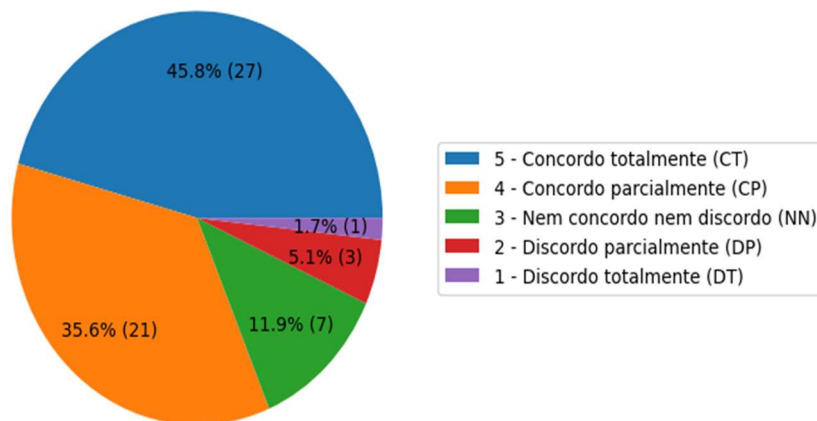


Gráfico 3 - Questão 3 - Após a atividade, me sinto mais confiante em explicar o que é vicariância e como ela pode impactar a formação de novas espécies.



Mais de 80% dos respondentes marcaram “concordo totalmente” ou “concordo parcialmente” para os itens que avaliaram a compreensão dos conceitos básicos de evolução biológica, do papel das mudanças climáticas no processo evolutivo e da vicariância na formação de novas espécies. A partir da avaliação dos dados, podemos afirmar que a SD promoveu uma compreensão integrada entre genética, ambiente e dinâmica populacional, superando a fragmentação conceitual frequentemente observada no ensino de evolução no Ensino Médio por Azevedo e Alle (2022).

Embora, a Questão 3 tenha apresentado a menor taxa global de concordância (45,8%), a alternativa “concordo totalmente” foi a mais assinalada, indicando que parte significativa dos estudantes percebeu compreender o fenômeno investigado. Esse resultado sugere que a menor concordância não está relacionada à dificuldade do conceito em si — uma vez que os estudantes demonstraram reconhecer o isolamento genético decorrente da fragmentação ambiental —, mas à menor familiaridade com o termo “vicariância” e à exigência de explicitação conceitual sistematizada. Além disso, de acordo com Carvalho et al. (2014) e Zabala (1998), explicar um conceito de forma articulada e consciente demanda níveis mais elevados de organização conceitual, que tendem a se consolidar após a compreensão da complexidade do processo e dos termos no contexto do fenômeno, especialmente em abordagens investigativas.

Essa compreensão conceitual também encontra respaldo nos modelos da genética da conservação, segundo os quais alterações ambientais modificam as frequências alélicas e a capacidade adaptativa das populações, podendo conduzir tanto à adaptação quanto à extinção (Mejia e Collevatti, 2016; Mello, 2020). Ao operacionalizar esses princípios por meio da simulação do degelo e do recálculo das frequências gênicas, a SD permitiu que os estudantes visualizassem, de forma concreta, como mudanças climáticas podem atuar como forças evolutivas, favorecendo processos de isolamento, deriva genética e divergência populacional.

Do ponto de vista didático, os resultados obtidos dialogam com estudos que demonstram que sequências didáticas investigativas favorecem a aprendizagem de conceitos evolutivos ao promoverem a vinculação entre problemas reais, dados e explicações científicas (Basílio, 2022; Lima *et al.*, 2021). O diário de campo (Anexo VIII) corrobora essa interpretação ao registrar que, durante a simulação do degelo, os estudantes passaram a discutir porque determinados genótipos se tornaram mais frequentes, indicando a substituição de explicações vagas ou finalistas por raciocínios baseados em processos e frequências alélicas.

À luz dos pressupostos do ensino por investigação, esse tipo de aprendizagem ocorre quando os estudantes são colocados diante de situações-problema autênticas e precisam produzir explicações fundamentadas em evidências (Carvalho *et al.*, 2014). Assim, os dados do Bloco A indicam que a SD cumpriu seu papel ao promover uma compreensão conceitual sobre os termos da evolução.

5.1.2 Bloco B — Experimentação e Interdisciplinaridade

Neste bloco, investigou-se a percepção dos estudantes acerca do uso da experimentação, da maquete tridimensional e da interdisciplinaridade entre Biologia, Geografia, Física e Matemática no processo de aprendizagem. Os resultados das questões Q4 e Q5 — que avaliaram, respectivamente, a contribuição da interdisciplinaridade para o estudo da Evolução e o potencial motivador da SD em cenários simulados (Gráficos 4 e 5) — indicaram níveis muito elevados de concordância, com médias superiores a 4,3. Esses dados evidenciam que a maioria dos estudantes reconheceu esses elementos como centrais para a compreensão dos processos evolutivos abordados.

Mais de 90% dos respondentes marcaram “5 - concordo totalmente” ou “4 - concordo parcialmente” para os itens que avaliaram a contribuição da maquete, da simulação do degelo e da integração entre diferentes áreas do conhecimento para a compreensão dos processos evolutivos. Esses dados indicam que os recursos físicos e interdisciplinares foram eficazes para aproximar os conceitos científicos da experiência concreta dos estudantes, favorecendo a construção de significados mais estáveis e articulados.

Gráfico 4 - Questão 4 - A atividade prática me ajudou a entender como a interdisciplinaridade (Biologia, Geografia, Climatologia) contribui para o estudo da Evolução

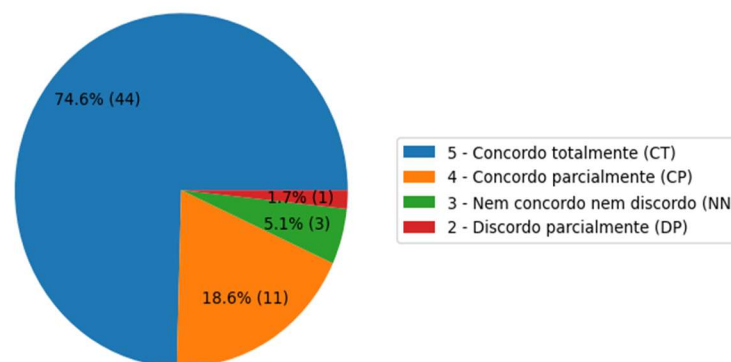
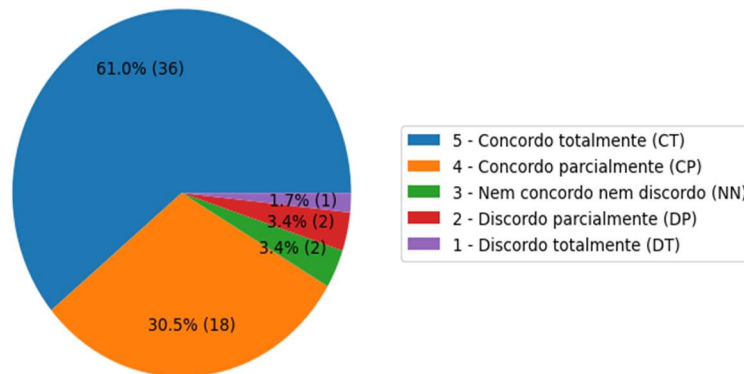


Gráfico 5 - Questão 5 - A sequência didática me motivou a explorar e experimentar diferentes aspectos dos processos evolutivos em cenários simulados.



Esse resultado está em consonância com Zabala (1998) e Simão, Silva e Oliveira (2025), que demonstram que modelos físicos e atividades experimentais favorecem a aprendizagem significativa ao tornar visíveis fenômenos que, em geral, são abstratos. Na presente SD, a maquete permitiu visualizar a fragmentação do território e o isolamento populacional, enquanto os cálculos de frequências gênicas traduziram essas transformações ambientais em dados quantitativos, aproximando os estudantes do modo como a ciência analisa sistemas naturais.

Do ponto de vista epistemológico, essa articulação entre observação, modelagem e cálculo expressa o princípio do ensino por investigação, segundo o qual a aprendizagem científica envolve a transição da manipulação dos materiais para a construção de explicações fundamentadas em evidências (Carvalho *et al.*, 2014). O diário de campo registra que, ao observar a elevação do nível do mar, os estudantes passaram a antecipar quais grupos seriam mais afetados, mobilizando hipóteses e previsões, comportamento característico de práticas científicas.

Além disso, a utilização da maquete como modelo espacial e histórico aproxima-se do que Moreira e Figueirôa (2021) descrevem em propostas baseadas em jogos e narrativas evolutivas, nas quais a representação concreta de cenários favorece a compreensão de processos de longa duração, como o isolamento geográfico e a diversificação das espécies.

5.1.3 Bloco C — Habilidades de Argumentação e Formulação de Hipóteses

No Bloco C, investigou-se o desenvolvimento de habilidades investigativas relacionadas à formulação de hipóteses, à interpretação de dados e à argumentação baseada em evidências. Os resultados das questões Q6 e Q7 (Gráficos 6 e 7) indicaram concordância majoritária dos estudantes quanto a esses aspectos, embora com distribuição mais heterogênea das respostas quando comparadas a outros blocos do questionário.

Gráfico 6 - Questão 6 - A atividade permitiu que eu desenvolvesse hipóteses baseadas em observações dos cenários fictícios apresentados.

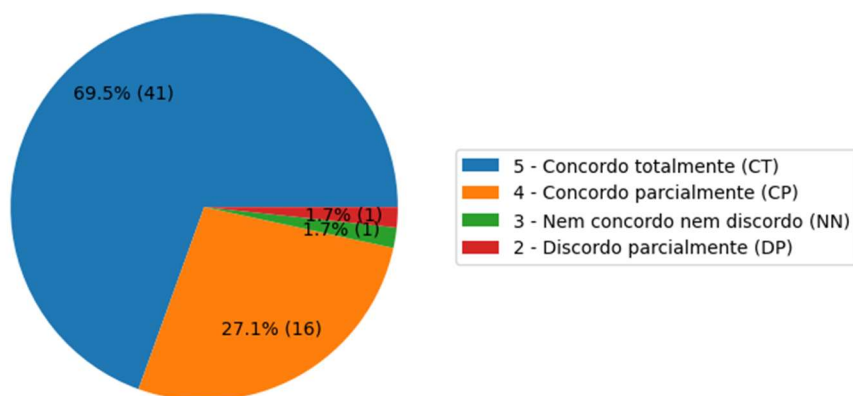
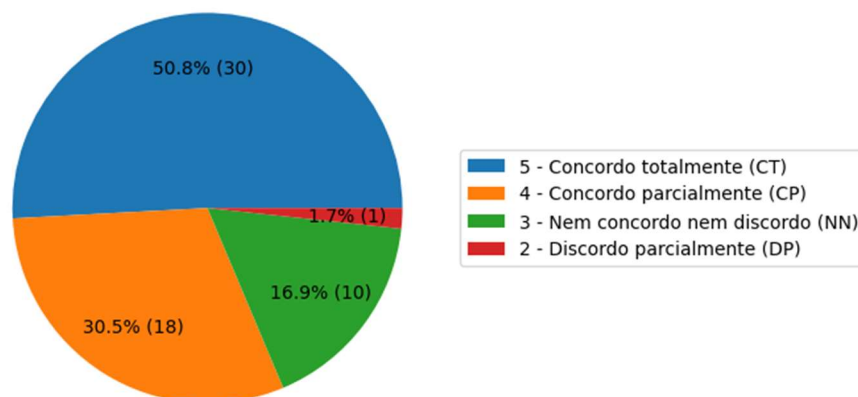


Gráfico 7 - Questão 7 - Após a atividade, sinto-me mais preparado para argumentar e defender, com base em evidências, previsões e conclusões sobre a evolução das espécies em resposta a mudanças ambientais.



Na Q6, referente à elaboração de hipóteses a partir de cenários simulados, observou-se predominância das alternativas de concordância, indicando que os estudantes se sentiram capazes de levantar hipóteses com base nas situações investigadas. Já na Q7, que avaliou a segurança para argumentar e defender previsões e conclusões fundamentadas em evidências, embora a maioria tenha assinalado alternativas de concordância, houve maior dispersão das respostas, com presença de posições neutras e, em menor grau, discordantes. Esse padrão sugere que os estudantes avançaram no desenvolvimento dessas competências, mas ainda se encontravam em processo de consolidação da argumentação científica.

Essa diferença é coerente com os pressupostos do ensino por investigação, segundo os quais a formulação de hipóteses tende a emergir antes da capacidade de explicitar e defender argumentos de forma estruturada, especialmente quando se exige o uso consciente de evidências (Carvalho *et al.*, 2014; Zabala, 1998).

Além disso, ao trabalhar com cenários simulados de mudanças climáticas e isolamento populacional, os estudantes passaram a realizar previsões sobre a dinâmica dos genótipos, mobilizando um raciocínio próximo ao utilizado na genética de populações e na biologia da conservação, em que hipóteses são formuladas a partir de modelos e dados ambientais (Mejia e Collevatti, 2016; Mello, 2020).

5.1.4 Bloco D — Pressões Ambientais e Adaptação

No Bloco D, avaliou-se a compreensão dos estudantes acerca das pressões ambientais, da sobrevivência diferencial e dos processos de adaptação, respectivamente. Os resultados das questões Q8 e Q9 (Gráficos 8 e 9) evidenciaram os mais elevados níveis de concordância entre todos os blocos do questionário. Na Q8, 84,7% dos estudantes assinalaram a alternativa “concordo totalmente”, e na Q9 esse percentual foi de 79,7%, resultando em mais de 94% de concordância em ambas as questões.

Gráfico 8 - Questão 8 - A atividade me ajudou a compreender como as pressões ambientais podem afetar a sobrevivência e a reprodução das espécies.

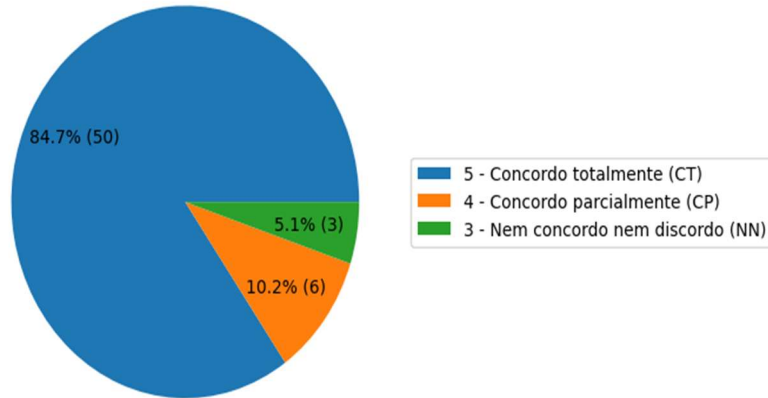
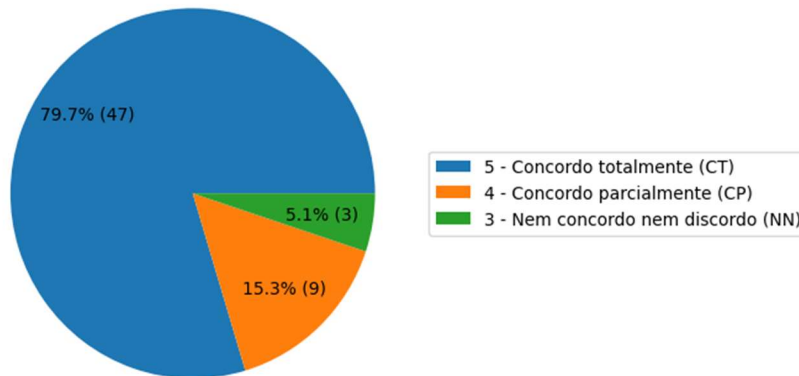


Gráfico 9 - Questão 9 - Compreendi melhor como os indivíduos se adaptam a diferentes ambientes e como essas adaptações podem influenciar as populações ao longo do tempo.



Esses dados indicam que os estudantes compreenderam de forma consistente que a adaptação não é um processo intencional, mas resulta da interação entre variabilidade genética e pressões ambientais, princípio central da teoria evolutiva. A forte concentração das respostas nas categorias de concordância, aliada à baixa dispersão, pode ser interpretada como a consolidação desses conteúdos ao final da SD. Essa compreensão está alinhada aos modelos da genética da conservação, que demonstram que mudanças ambientais, como as alterações climáticas, afetam diretamente as frequências alélicas e a capacidade adaptativa das populações, podendo conduzir tanto à adaptação quanto à extinção (Mejia e Collevatti, 2016). Já Mello (2020), simulou aulas com populações fictícias de répteis em ambientes fragmentados, usando

a redução do tamanho populacional e demonstrando que isso intensifica a deriva genética e a perda de alelos, comprometendo a resposta adaptativa, relata grande sucesso na compreensão dos discentes.

A simulação realizada na SD reproduziu esses mesmos mecanismos em escala didática, permitindo que os estudantes visualizassem como a mortalidade diferencial e o isolamento geográfico alteram a estrutura genética das populações ao longo do tempo.

5.1.5 Bloco E — Mudanças Climáticas e Formação de Novas Espécies

No último bloco, avaliou-se a compreensão dos estudantes acerca da relação entre mudanças climáticas, isolamento geográfico (vicariância) e formação de novas espécies. Os resultados das questões Q10 e Q11 (Gráficos 10 e 11) indicaram níveis muito elevados de concordância, com mediana igual a 5 e predominância da alternativa “concordo totalmente”, evidenciando que os estudantes reconheceram que a elevação do nível do mar promoveu a separação populacional e criou condições para a especiação.

Gráfico 10 – Questão 10 - A simulação do aquecimento global e da separação dos continentes ajudou-me a visualizar como as mudanças climáticas impactam a biodiversidade e a adaptação das espécies.

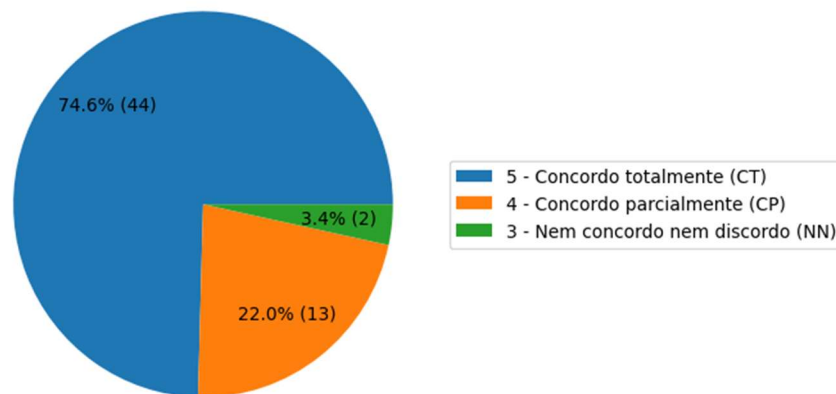
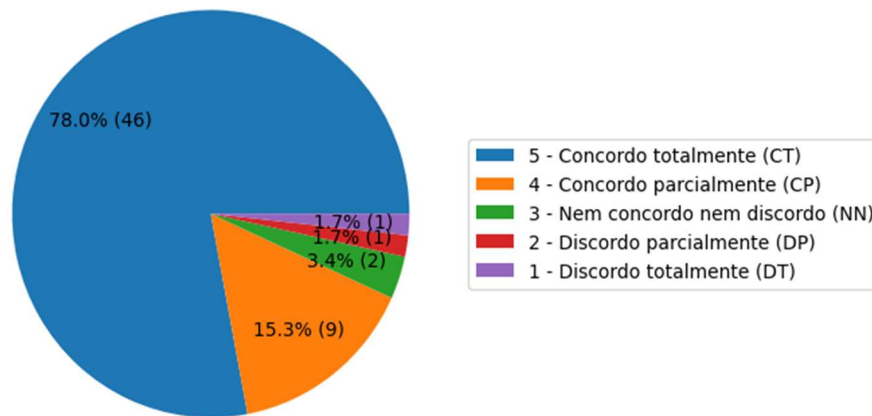


Gráfico 11 - Questão 11 - A maquete e o modelo experimental esclareceram o papel da vicariância na formação de novas espécies.



Ao simular o isolamento geográfico e recalculando as frequências gênicas em subpopulações, os estudantes observaram de forma concreta como a interrupção do fluxo gênico pode resultar em diferenciação genética progressiva.

Sob a perspectiva didática, estudos sobre sequências didáticas investigativas no ensino de evolução indicam que o uso de modelos e situações-problema favorece a compreensão da especiação como um processo histórico, não intencional e dependente do ambiente (Basílio, 2022; Lima *et al.*, 2021). O diário de campo corrobora essa interpretação ao registrar que os estudantes passaram a explicar o surgimento de novas espécies com base no isolamento geográfico e na alteração das frequências alélicas, substituindo explicações finalistas ou essencialistas.

5.2 Diário de campo

A análise do diário de campo, registrado ao longo de todas as etapas de aplicação da Sequência Didática (SD) nas três turmas participantes, permitiu compreender, de forma processual e qualitativa, como os estudantes construíram hipóteses, enfrentaram dificuldades e avançaram na compreensão de conceitos relacionados à genética de populações, às mudanças climáticas, à vicariância e à especiação. O diário completo encontra-se apresentado no Anexo VIII.

Desde o início da SD, os registros indicam elevado engajamento dos estudantes, especialmente após a apresentação do vídeo introdutório e da situação-problema. Nesse

momento, os alunos passaram a levantar hipóteses espontâneas sobre a origem das serpentes e sobre os efeitos do ambiente, mobilizando ideias relacionadas à mutação, à adaptação e à seleção natural. Esse movimento inicial de problematização é coerente com os pressupostos do ensino por investigação, no qual o conhecimento se organiza a partir de questões formuladas pelos próprios estudantes (CARVALHO et al., 2014).

Durante as aulas dedicadas à simulação do degelo e ao cálculo das frequências alélicas, o diário de campo registrou dificuldades recorrentes, sobretudo associadas ao raciocínio quantitativo e à interpretação dos dados genéticos. Muitos estudantes solicitaram validação dos cálculos e demonstraram insegurança quanto aos resultados obtidos, configurando um momento de conflito cognitivo produtivo, no qual hipóteses iniciais passaram a ser confrontadas com evidências empíricas (LOBO; VIANA, 2020). Esse processo também pode ser compreendido como avaliação enquanto prática epistêmica, uma vez que os alunos revisaram, justificaram e compararam seus resultados à luz dos dados gerados na própria atividade (FRANCO; SOUZA, 2024).

Um aspecto relevante registrado no diário de campo refere-se à terceira aula da SD, quando os estudantes passaram a perceber que pequenas diferenças numéricas nos cálculos das frequências gênicas representavam, conceitualmente, o processo de evolução. Nesse momento, os registros indicam surpresa, entusiasmo e fascínio por parte dos alunos, que passaram a reconhecer que a alteração quantitativa dos alelos ao longo do tempo constituía evidência de mudança evolutiva. Essa compreensão marcou uma inflexão importante no processo de aprendizagem, ao aproximar os estudantes de uma visão populacional e não essencialista da evolução.

Na aula seguinte, dedicada à sistematização dos conteúdos por meio de uma exposição dialogada, o diário de campo registra novo aumento do engajamento. A partir da comparação dos resultados obtidos por diferentes grupos, foi possível demonstrar, de forma explícita, os processos de vicariância e deriva genética como mecanismos evolutivos decorrentes do isolamento geográfico e da alteração das frequências alélicas. Nesse momento, os estudantes demonstraram empolgação ao reconhecer que os resultados produzidos por eles próprios constituíam exemplos concretos de processos evolutivos discutidos teoricamente, reforçando a integração entre investigação, modelagem e explicação científica.

Apesar das dificuldades iniciais, os registros evidenciam progressão conceitual ao longo da SD. Após a simulação do degelo e a recontagem das frequências gênicas, os estudantes

passaram a reconhecer que a eliminação de indivíduos e o isolamento geográfico alteravam a composição genética da população, estabelecendo relações entre variabilidade genética, pressões ambientais e divergência evolutiva.

O diário de campo também revelou desafios relacionados ao tempo didático. Em algumas turmas, especialmente na Turma A, foi necessária a ampliação do número de aulas previstas para a conclusão dos cálculos e das análises, indicando que propostas investigativas demandam maior flexibilidade temporal, uma vez que envolvem discussão, tomada de decisão e revisão de hipóteses. Na Turma C (período noturno), o cansaço e o tempo reduzido de aula dificultaram a execução das atividades, embora, ao final da SD, os estudantes tenham conseguido estabelecer relações consistentes entre a simulação realizada e os conceitos evolutivos trabalhados.

De forma integrada, o diário de campo evidencia que a SD promoveu não apenas engajamento, mas também momentos-chave de compreensão conceitual, nos quais os estudantes passaram a reconhecer os cálculos, as simulações e os modelos como representações legítimas de processos evolutivos. Esses resultados qualitativos corroboram os dados do questionário e das produções escritas, reforçando o potencial da abordagem investigativa para favorecer a aprendizagem significativa da Biologia Evolutiva no Ensino Médio.

5.3 Sequência Didática impressas e corrigidas

A análise das Sequências Didáticas impressas e corrigidas permitiu uma avaliação complementar dos resultados obtidos por meio do questionário e do diário de campo, oferecendo evidências diretas do desempenho dos estudantes nas atividades investigativas propostas. De modo geral, observou-se elevado nível de participação, uma vez que apenas um grupo, composto por três estudantes, não concluiu integralmente o preenchimento das atividades. Todos os demais grupos realizaram as tarefas propostas, ainda que com diferentes níveis de aprofundamento conceitual.

Durante a correção, verificaram-se algumas incoerências conceituais pontuais e poucos registros de respostas prontas obtidas a partir de fontes externas, contudo, a maioria das produções apresentou encadeamento lógico e esforço evidente na construção das respostas. Destaca-se que a correção priorizou a análise conceitual e o raciocínio científico mobilizado pelos estudantes, não se restringindo a aspectos gramaticais ou formais.

Em relação às atividades que envolveram cálculos de frequências gênicas e análise de dados, observou-se que todos os grupos que concluíram a sequência apresentaram resultados matematicamente coerentes, indicando empenho na execução das tarefas e compreensão operacional dos procedimentos, mesmo quando acompanhados de dificuldades iniciais. Esses achados sugerem que os estudantes se engajaram efetivamente nas práticas investigativas propostas, buscando responder às situações-problema de forma consistente com os dados gerados durante a simulação.

Assim, a análise das Sequências Didáticas corrigidas reforça os resultados obtidos pelos demais instrumentos de pesquisa, evidenciando que a proposta favoreceu não apenas a participação dos estudantes, mas também o desenvolvimento de raciocínio lógico, procedimentos científicos e compreensão conceitual, ainda que em diferentes estágios de consolidação.

5.4 Diário de campo em comparação com questionário semiestruturado

Os resultados obtidos por meio do questionário, aliados aos registros do diário de campo indicam que a SD investigativa proposta promoveu impactos significativos na aprendizagem conceitual, procedimental e atitudinal (classificação construída por Zabala, 1998) dos alunos em relação à Biologia Evolutiva, à genética de populações e às mudanças climáticas. A elevada concordância observada nos itens do questionário — com médias superiores a 4,6 em todos os blocos — revela que os estudantes perceberam avanços tanto na compreensão dos conceitos quanto na forma de aprender Ciências.

Esse resultado encontra respaldo na literatura sobre ensino por investigação, que defende que a aprendizagem científica ocorre quando os estudantes são colocados diante de problemas autênticos, formulam hipóteses, analisam dados e constroem explicações mediadas pelo professor (Carvalho *et al.*, 2014). Na presente pesquisa, a situação-problema envolvendo o aumento do nível do mar e a sobrevivência de uma população de serpentes funcionou como elemento desencadeador da investigação, mobilizando os estudantes desde o primeiro momento, como registrado no diário de campo e refletido nos altos índices de engajamento identificados no questionário.

A forte percepção dos estudantes quanto à compreensão da relação entre mudanças climáticas e evolução biológica, evidenciada no Bloco E do questionário (Gráficos 10 e 11),

também dialoga diretamente com a literatura feita pelo professor/pesquisador na escrita do diário de campo, pois no momento de fechamento da SD a aceitação os estudantes e a discussões por eles abordados demonstram o entendimento do conteúdo.

O diário de campo evidenciou que, embora os estudantes tenham apresentado dificuldades iniciais, especialmente relacionadas aos cálculos e à interpretação dos dados genéticos, houve progressão clara ao longo das aulas. Esse padrão é compatível com o que Franco e Souza (2024) descrevem como avaliação enquanto prática epistêmica, na qual o erro, a testagem, a comparação de resultados e a revisão de hipóteses constituem elementos centrais do processo de aprendizagem científica. Essa interpretação é corroborada pelos resultados dos Gráficos 6 e 7, nos quais se observa concordância majoritária dos estudantes quanto à percepção de estarem mais preparados para formular hipóteses e para argumentar e defender, com base em evidências.

Conflitos iniciais, também são observados em propostas baseadas em jogos e simulações evolutivas, nas quais os estudantes precisam confrontar suas ideias iniciais com os dados produzidos (Lobo e Viana, 2020). Essa dinâmica também está alinhada aos achados de Pimenta, Ribeiro e Vilas-Boas (2024), que demonstraram que sequências didáticas investigativas em genética favorecem o desenvolvimento dos domínios conceitual, epistêmico e social da aprendizagem científica. Na presente SD, esses três domínios puderam ser observados: os estudantes aprenderam conceitos (alelos, frequências gênicas, seleção), realizaram práticas epistêmicas (levantamento de hipóteses, análise de dados, discussão de resultados) e interagiram socialmente nos grupos, conforme registrado no diário de campo.

Do ponto de vista curricular, os resultados desta pesquisa também evidenciam a superação de uma lacuna estrutural apontada por Azevedo e Alle (2022), que demonstram que os livros didáticos pós-BNCC abordam a evolução de forma fragmentada e desconectada da genética e da ecologia. Ao articular mudanças climáticas, genética de populações, vicariância e especiação em uma única sequência, a SD proposta concretizou aquilo que a BNCC preconiza, mas que raramente se materializa nas práticas escolares.

A revisão sistemática de Dall'Acqua e Mano (2024) reforça que o uso de sequências didáticas é uma das estratégias mais promissoras para enfrentar os desafios do ensino de evolução. Os dados do diário de campo mostram que os estudantes inicialmente apresentavam concepções essencialistas e finalistas em suas hipóteses, mas passaram a reconhecer a evolução como um processo não direcionado, dependente de variabilidade genética e pressões

ambientais, o que evidenciado pelo alto índice de concordância no questionário. Estudos baseados em jogos e narrativas evolutivas mostram que esse tipo de mudança conceitual ocorre quando os alunos precisam reconstruir explicações a partir de evidências (Moreira e Figueirôa, 2021; Moraes e Soares, 2022).

Além disso, o elevado nível de concordância dos estudantes quanto à clareza proporcionada pela maquete e pela simulação reforça o papel dos modelos físicos no ensino de Ciências. Simão, Silva e Oliveira (2025) demonstraram que a experimentação e a materialização de fenômenos invisíveis favorecem a aprendizagem significativa. De modo semelhante, a maquete tridimensional e o avatar Darwin funcionaram como mediadores cognitivos, permitindo que conceitos abstratos fossem visualizados, discutidos e reinterpretados à luz dos dados produzidos pelos próprios alunos.

Assim, a convergência entre os resultados quantitativos do questionário Likert, os registros qualitativos do diário de campo e as evidências da literatura científica indica que a SD investigativa proposta não apenas aumentou o engajamento dos estudantes, mas também promoveu uma compreensão mais profunda e integrada da Biologia Evolutiva. Ao colocar os alunos no papel de investigadores de um sistema biológico submetido a mudanças climáticas, a pesquisa contribuiu para o desenvolvimento da alfabetização científica, conforme defendido por Carvalho et al. (2014) e Franco e Souza (2024), consolidando a genética de populações como eixo estruturante para o ensino de evolução no Ensino Médio.

6. CONCLUSÃO

Em suma, presente trabalho que teve como objetivo desenvolver uma SD com abordagem investigativa e avaliar seus impactos na aprendizagem de estudantes do Ensino Médio acerca da Evolução Biológica, da vicariância e da especiação, tendo a genética de populações como eixo estruturante e as mudanças climáticas como contexto problematizador. A integração entre simulações, maquete tridimensional, atividades investigativas e instrumentos de avaliação qualitativos, e quantitativos, possibilitou analisar não apenas o desempenho dos estudantes, mas também os processos envolvidos na construção do conhecimento científico.

Os resultados obtidos por meio do questionário semiestruturado em escala Likert, aliados às produções escritas dos estudantes e aos registros do diário de campo, indicaram que

a SD promoveu avanços significativos nos domínios conceitual, procedimental e atitudinal da aprendizagem. A elevada concordância observada nos diferentes blocos do questionário evidencia que os estudantes reconheceram a articulação entre mudanças climáticas, genética de populações e evolução biológica, superando concepções fragmentadas e explicações finalistas frequentemente associadas ao ensino tradicional da Biologia Evolutiva.

Do ponto de vista conceitual, os estudantes passaram a compreender a evolução como um processo histórico e contingente, resultante da interação entre variabilidade genética, pressões ambientais e isolamento geográfico. A simulação do degelo e a fragmentação da massa continental possibilitaram a visualização concreta de como alterações ambientais podem modificar as frequências alélicas de uma população, intensificar a deriva genética e, ao longo do tempo, conduzir à divergência evolutiva, evidenciando o potencial de modelos didáticos concretos para a compreensão de conceitos evolutivos complexos.

No âmbito procedimental, a pesquisa revelou o desenvolvimento progressivo de habilidades associadas às práticas científicas, como a formulação de hipóteses, a análise de dados, a argumentação e a validação de resultados. Embora tenham sido observadas dificuldades iniciais, especialmente relacionadas aos cálculos e à interpretação das frequências gênicas, os registros do diário de campo indicam avanços ao longo da sequência didática, reforçando a compreensão da avaliação como parte constitutiva do processo investigativo.

Do ponto de vista atitudinal, observou-se elevado engajamento, curiosidade e envolvimento dos estudantes, impulsionados pela situação-problema proposta, pelo uso da maquete tridimensional e pelo avatar de Charles Darwin como mediadores didáticos. Esses recursos favoreceram a participação ativa, o trabalho colaborativo e a construção coletiva de explicações, aspectos fundamentais para o desenvolvimento da alfabetização científica.

Além disso, a pesquisa evidencia a potencialidade da SD como resposta a lacunas curriculares apontadas na literatura, especialmente no que se refere à abordagem fragmentada da evolução nos livros didáticos e nas práticas escolares. Ao articular genética, ecologia, mudanças climáticas e especiação em uma única proposta didática, o trabalho contribui para a consolidação da evolução como eixo integrador da Biologia, em consonância com as orientações da BNCC.

Como perspectiva de aprimoramento da proposta, destaca-se a possibilidade de ampliar os instrumentos de avaliação, incorporando itens específicos que permitam analisar de forma mais sistemática a percepção dos estudantes sobre o uso de recursos mediadores, como o avatar, bem como a inclusão de questões abertas destinadas à coleta de críticas, sugestões e apontamentos dos próprios alunos. Esse tipo de devolutiva qualitativa pode contribuir para o refinamento contínuo da Sequência Didática e para o fortalecimento do protagonismo discente no processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, esta dissertação demonstra que o ensino de Evolução Biológica pode ser significativamente aprimorado quando fundamentado em situações-problema, práticas investigativas e modelos didáticos que aproximem os estudantes da dinâmica real dos sistemas biológicos. A Sequência Didática desenvolvida constitui não apenas um produto educacional, mas também uma proposta metodológica replicável, com potencial para contribuir para a formação de estudantes mais críticos, cientificamente alfabetizados e aptos a compreender os desafios impostos pelas mudanças climáticas à biodiversidade.

7. REFERÊNCIAS

ANGELONI-DUARTE, M.; ROSA, M. D.; SANTOS-ALFAYA, J. V. Análise das concepções de futuros professores de Ciências Biológicas sobre conceitos da Teoria Evolutiva. **Proposições**, v. 33, p. e20200020, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pp/a/5L8LyCPhR59Wm48ZfYfjZZp/?format=html&lang=pt#>. Acesso em: 22 de ago. 2025.

ARAÚJO, L. A. L.; REIS, C. R. M. Pluralismo evolutivo e o ideal de unificação da biologia. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.28, n.2, abr.-jun. 2021, p.393-411. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/SdDfJRrdNQHQ7wPk8GTLSns/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 23 de ago. 2025.

ARAÚJO, L. A. L. Concepções equivocadas sobre evolução biológica: um estudo comparativo entre graduandos em ciências biológicas e pós-graduandos. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 332–346, 2020. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p332. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1837>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AUGUSTO, E. A.; GUERRA, A. L.; RODRIGUES, R.; LEÃO, U. D. F.; SANTINI, R. V. G.. **METODOLOGIAS DE ENSINO: REVISÃO INTEGRATIVA**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro - REMUNOM, Brasil (ou local específico), v. 9, n. 1, 2025. DOI:

10.61164/rmm.v9i1.3991.

Disponível:

<https://remunom.ojsbr.com/multidisciplinar/article/view/3991/3911> . Acesso em: 19 set. 2025.

AZEVEDO, Alexandre Luiz Korte de; ALLE, Lupe Furtado. Avaliação do conteúdo de evolução biológica em coleções didáticas brasileiras pós-BNCC. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 1-23, jan./abr. 2022.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BALLESTEROS-MEJIA, Liliana; COLLEVATTI, Rosane Garcia. Seleção e efeito das mudanças climáticas na diversidade genética. **Genética na Escola**, v. 11, n. 1, p. 54–58, 2016.

BARBOSA, Gabriel da Rocha; DUARTE, Mel de Oliveira e GUIMARAES, Simone Sendin Moreira. A Teoria da Evolução na BNCC e no Documento Curricular para Goiás. **e-Curriculum**, São Paulo, v.23, n.1, e64871, 2025. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1809-38762025000100218&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 18 set. 2025.

BASÍLIO, Vânia Aparecida Pereira. *Evolução dos seres vivos: metodologias ativas e a construção do conhecimento científico*. 2022. 100 f. **Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO)** – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

BIZZO, N.; ARAÚJO, L. A. L.. Ensino de Evolução: o que dizem as pesquisas? **Genética na Escola**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 440–449, 2021. DOI: 10.55838/1980-3540.ge.2021.401. Disponível em: <https://geneticanaescola.com.br/revista/article/view/401>. Acesso em: 17 set. 2025.

BRASIL. **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio/itinerarios-formativos-do-novo-ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>. Acesso em: 08 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos>. Acesso em: 8 set. 2025.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais** (Ensino Médio). Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 8 set. 2024.

CARVALHO, A. M. P.. **Ensino de Ciências por Investigação: Condições de implementação em sala de aula**. São Paulo, 2013 : Cengage Learning.

CESCHIM, Beatriz; GANIKO-DUTRA, Matheus; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Relação Pensamento-Linguagem e as Distorções Conceituais no Ensino de Biologia. **Ciência educ.**, Bauru, v. 26, e20068, 2020 . Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151673132020000100265&lng=pt&nrm=iso. acessos em 26 set. 2025.

CRUZ, Israel Silva; ANJOS, Bruno Gomes dos; DUARTE, Ana Cristina Santos. Sequência didática: Gamificação como estratégia para o ensino de Evolução Humana no âmbito do PIBID. **Diversitas Journal**, [S. l.], v. 7, n. 3, 2022. DOI: 10.48017/dj.v7i3.2213. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2213. Acesso em: 3 out. 2025.

CUNHA, et al. METODOLOGIAS ATIVAS: EM BUSCA DE UMA CARACTERIZAÇÃO E DEFINIÇÃO. **Educação em Revista**, [S. l.], v. 40, n. 40, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/edrevista/article/view/39442>. Acesso em: 3 out. 2025.

DALAPICOLLA, J.; SILVA, V. DE A.; GARCIA, J. F. M. Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, n. 1, p. 150–173, jan. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/KQhMDn46GrJbL9F9jtYztRM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 ago. 2025.

DALL'ACQUA, Paulo Eduardo; MANO, Amanda de Mattos Pereira. O ensino de Evolução Biológica por meio de sequências didáticas: uma revisão sistemática de literatura. **Ensino e Tecnologia em Revista**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 30-40, jan./jun. 2024.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 5ª Edição. São Paulo: Cortez, 2018.

DINIZ, N. M. et al. Aquecimento Global e a Evolução das Espécies: Modelo Demonstrativo de Degelo e Vicariância. **Revista da SBEnBio**. n. 3, p. 2197-2206, 2010. Disponível em: https://www.sbenbio.org.br/publicacoes/anais/III_Enebio/C014.pdf. Acesso em: 03 out 2025.

EEROLA, Toni Tapani. Mudanças climáticas globais: passado, presente e futuro. In: **Fórum de Ecologia; Mudanças Climáticas: passado, presente e futuro** [Anais]. Florianópolis: UDESC, 2003. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/eerola_mcl.pdf. Acesso em: 30 ago. 2024.

FONTES, Leonardo Santos; LIMA, Maynne Freire; SOBRAL, Anderson da Conceição Santos. Estudo sobre o uso de metodologia ativa no ensino de biologia, um estudo de caso sobre a temática evolução. **Educação, Ciência e Saúde** (ISSN 2358-7504), Cuité, Paraíba, Brasil, v. 8, n. 2, 2022. DOI: [10.20438/ecs.v8i2.402](https://doi.org/10.20438/ecs.v8i2.402). Disponível em: <https://periodicos.ces.ufcg.edu.br/periodicos/index.php/99cienciaeducacaosaude25/article/view/402>. Acesso em: 21 set. 2025.

FRANCO, Marília Zandonadi; SOUZA, Cintia Maria Felício. Avaliação da aprendizagem no ensino de Ciências: o que evidenciam as pesquisas sobre alfabetização científica e ensino por investigação. **Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 26, e47513, 2024. DOI: 10.1590/1983-21172024240124.

FUTUYMA, Douglas J. **Biologia Evolutiva**. 3ª edição. São Paulo: FUNPEC, 2009.

GIORDAN, M. GUIMARÃES, Y.A.F. MASSI, L. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequência didática: tendências no ensino de Ciências. **ANAIS VIII ENPEC**,

2011. Disponível em: https://www.academia.edu/3141652/Uma_an%C3%A1lise_das_abordagens_investigativas_d_e_trabalhos_sobre_sequ%C3%Aancias_did%C3%A1ticas_tend%C3%Aancias_no_ensino_d_e_ci%C3%Aancias . Acesso em: 03 out. 2025.

GOIÁS. Secretaria de Estado da Educação. **Documento Curricular para Goiás**. 2021. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://goias.gov.br/educacao/wp-content/uploads/sites/40/files/documentos/PEDAGOGICO/DCGOEM%202021.pdf](https://goias.gov.br/educacao/wp-content/uploads/sites/40/files/documentos/PEDAGOGICO/DCGOEM%202021.pdf) . Acesso em: 14 set. 2025.

GOIÁS. Secretaria de Estado da Educação. **Matriz de Habilidades Essenciais**. 2025. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://goias.gov.br/educacao/wp-content/uploads/sites/40/2025/09/Matriz-de-Habilidades-Essenciais-SEDUC-GO-2025-2o-Bimestre.pdf](https://goias.gov.br/educacao/wp-content/uploads/sites/40/2025/09/Matriz-de-Habilidades-Essenciais-SEDUC-GO-2025-2o-Bimestre.pdf) . Acesso em: 24 set. 2025.

IBGE. **Censo 2022**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html> . Acesso em: 2 set. 2024.

JOLY, C. A. Biodiversidade e mudanças climáticas: contexto evolutivo, histórico e político. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 1, p. 169–172, jan. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/ZsdnJwrFJts9zb8FjvGjsPx/?format=html&lang=pt> . Acesso em: 03 out. 2025.

JOSHI, A., KALE, S., CHANDEL, S., & PAL, D. K. Likert Scale: Explored and Explained. **Current Journal of Applied Science and Technology**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 396–403, 2015. DOI: 10.9734/BJAST/2015/14975. Disponível em: <https://journalcjust.com/index.php/CJAST/article/view/381>. Acesso em: 3 oct. 2025.

Klautau-GUIMARÃES, M.N.; OLIVEIRA, S.F.; MOREIRA, Aurora; PEDROSA, Helena; CORREIA, António. Dinâmica dos alfinetes no ensino da genética da população. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 42–46, 2008. DOI: 10.55838/1980-3540.ge.2008.63. Disponível em: <https://www.geneticanaescola.com.br/revista/article/view/63>. Acesso em: 19 set. 2025.

KISCHLAT, Edio-Ernst. Os conceitos de espécie: uma abordagem prática. **Caderno La Salle XI [Internet]**, v. 2, n. 1, p. 11-35, 2005. Disponível: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fernandosantiago.com.br/conceptsp2.pdf](https://www.fernandosantiago.com.br/conceptsp2.pdf) . Acessado em: 25 set. 2025.

LIMA, Sintiane Maria de Sá; ARAÚJO, Maurício dos Santos; LIMA, Michelle Mara de Oliveira. Metodologias alternativas no ensino de Evolução em uma escola pública do Piauí. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1–15, 2021. DOI: 10.26843/rencima.v12n1a01. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/rencima/article/view/2734>. Acesso em: 26 maio. 2024

LOBO, S. I. S.; VIANA, G. M.. Análise da experiência com o jogo “galápagos” para o ensino de conteúdos de evolução biológica. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 405–420, 2020. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p405. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1633>. Acesso em: 19 set. 2025.

MARQUES, Humberto Rodrigues; CAMPOS, Alyce Cardoso; ANDRADE, Daniela Meirelles e ZAMBALDE, André Luiz. Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. **Avaliação** (Campinas). 2021, vol. 26, n. 3, pp. 718-741. ISSN 1982-5765. Disponível em : <https://doi.org/10.1590/s1414-40772021000300005>. Acesso em: 18 set. 2025.

MAYR, Ernst. **Systematics and the Origin of Species from the Viewpoint of a Zoologist**. New York: Columbia University Press, 1942.

MEJIA, Liliana Ballesteros; COLLEVATTI, Rosane Garcia. Seleção e efeito das mudanças climáticas na diversidade genética. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 54–65, 2016. DOI: 10.55838/1980-3540.ge.2016.228. Disponível em: <https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/228>. Acesso em: 19 set. 2025.

MELLO, Rodrigo de. Deriva genética em populações de répteis do Cerrado: mudanças nas frequências alélicas e implicações para conservação da biodiversidade. **Genética na Escola**, v. 15, n. 2, p. 170–179, 2020.

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. **Evolução: o sentido da Biologia**. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

MORAES, C. L. B. **Os documentos orientadores nacional e estadual (Goiás) no contexto da biologia para o ensino médio**: teorias de currículo e ensino de evolução biológica. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. 2016. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6640>. Acesso em: 10 set. 2024.

MORAES, F. A. de; SOARES, M. H. F. B. Construindo conhecimento sobre a biologia evolutiva no ensino médio: a operação, a assimilação e a interação lúdica em um jogo pedagógico. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 503–525, 2022. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p503. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/2578>. Acesso em: 29 ago. 2024.

MORAES, T. S., MARQUES, M. F. O., CARVALHO, & F. L. de Q. O uso de jogos educativos e o impacto no ensino: Uma experiência para o ensino de ciências e biologia. InL. Alves (Coord.). **Anais do Seminário Tecnologias Aplicadas à Educação e Saúde**. Salvador, Bahia, BA, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/staes/article/view/1619>. Acesso em: 20 set. 2024.

MOREIRA, Luciana Garcia; FIGUEIRÔA, Silvia Fernanda de Mendonça. Paleontologia, evolução e natureza da ciência: a história da Terra por meio de jogo didático. **Revista Ciência em Foco (UNICAMP)**, v.14, e021005, p.1–22, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352519669_PALEONTOLOGIA_EVOLUCAO_E_NATUREZA_DA_CIENTIA_A_HISTORIA_DA_TERRA_POR_MEIO_DE_JOGO_DIDA

[TICO PALAEOLOGY EVOLUTION AND NATURE OF SCIENCE TEACHING THE PLANET'S HISTORY VIA AN EDUCATIONAL GAME](#) . Acesso em: 19 set. 2025.

MOREIRA, Marcus Vinícius Figueiredo Horta. Gravidade, uma sequência didática de ensino por investigação. 2025. 30 f. Monografia (Especialização em Educação em Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

MORI, Lyria; MIYAKI, Cristina Yumi; ARIAS, Maria Cristina. A seleção natural em ação: o caso das joaninhas. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 41–46, 2009. DOI: 10.55838/1980-3540.ge.2009.79. Disponível em: <https://geneticanaescola.com.br/revista/article/view/79>. Acesso em: 21 set. 2025.

NOBRE, S. B.; FARIAS, E. F. Jogo Digital como estratégia para o ensino de Biologia Evolutiva. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 17, p. 1-17, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325908500_Jogo_Digital_como_estrategia_para_o_ensino_de_Biologia_Evolutiva . Acesso em: 19 set. 2025.

OLEQUES, Luciane Carvalho; BOER, N.; TEMP, D.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Evolução biológica como eixo integrador no ensino de biologia: concepções e práticas de professores do ensino médio. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Campinas, São Paulo, SP, 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiencpec/resumos/R1066-1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2024

OLIVEIRA, G. da S., & Bizzo, N. Evolução biológica e os estudantes brasileiros: conhecimento e aceitação. **Investigações Em Ensino De Ciências**, 20(2), 161–185, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v20n2p161>. Acesso em: 1 ago. 2024.

PEREIRA, Thiago Nilton Alves; OLIVEIRA, Deyla Paula; BEZERRA, Renilton Delmundes; OLIVEIRA, Eberaldo Cristiano; CHAGAS, Davi Borges; GUIMARÃES, Mirella Brito. A janela da vida: uma representação teatral sobre a evolução biológica. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 36–42, 2008. DOI: 10.55838/1980-3540.ge.2008.46. Disponível em: <https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/46>. Acesso em: 19 set. 2025.

PIMENTA, Mayana Flávia Ferreira; RIBEIRO, Rafaella Cardoso; VILAS-BOAS, Adlane. Aprendizagem das interações alélicas ao nível molecular por meio de uma sequência didática com caráter investigativo no ensino médio. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 17, p. 1-27, 2024. DOI: 10.5007/1982-5153.2024.e92984.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica no ensino de Ciências. In: CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Ensino de Ciências: fundamentos e práticas investigativas**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2015.

SASSERON, L. H. **O ensino por investigação e a alfabetização científica**. Ciência & Educação, Bauru, v. 23, n. 4, p. 835-854, 2017.

SCARPA, Daniela Lopes e SILVA, Máira Batistoni e. A biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa (org.). **Ensino e Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 129-152

SILVA, Jéssica Prado; ROCHA, Roberto Meira Pires; AGUILAR-ALEIXO, Luciana. Seminário em formato live: uma abordagem alternativa no ensino-aprendizagem de evolução biológica. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 420–429, 2021. DOI: 10.55838/1980-3540.ge.2021.399. Disponível em: <https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/399>. Acesso em: 19 set. 2025.

SIMÃO, Elissandra Rodrigues; SILVA, Francisca Maria; OLIVEIRA, Sandra Kariny Saldanha de. SEQUÊNCIA DIDÁTICA E O ENSINO DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, [S. l.], v. 11, n. 35, 2025. DOI: 10.21920/recei.v11i35.6677. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RECEI/article/view/6677>. Acesso em: 7 jan. 2026.

SOARES, Cristine. **Metodologias ativas: uma nova experiência de aprendizagem**. 1. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2021

SOUSA, Ana América Lopes de. **Levantamento bibliográfico de aulas práticas de evolução utilizando materiais alternativos**. 2016. Monografia (Graduação em Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais) – Faculdade de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Codó, 2016. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/878/1/TCCAnaAm%c3%a9rcia.pdf>. Acesso em: 15 set. 2024.

TIDON, R., LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. **Genetics and Molecular Biology**, 27(1), 124-131. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gmb/a/8pwzKNbBJXHNNV9vF8rzd/>. Acesso em: 1 ago. 2024.





VIEIRA JÚNIOR, José João; DE ALMEIDA, Sheila Alves. A teoria da evolução em quadrinhos: uma análise da revista “saiba mais sobre Charles Darwin”. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 324–342, 2021. DOI: [10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p324](https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p324). Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/2335>. Acesso em: 19 set. 2025.

Wanderley, Giovanna & Santos, Adriele & Pereira Santos, Daniele Luiz Soares & Oliveira, Lincoln & Barros, Everane & Bezerra, Maria. (2023). Sequência didática usando jogos virtuais para o ensino de biologia no ensino remoto: um relato de experiência. **Diversitas Journal**. 8. 10.48017/dj.v8i4.2494. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/376547292_Sequencia_didatica_usando_jogos_virtuais_para_o_ensino_de_biologia_no_ensino_remoto_um_relato_de_experiencia. Acesso em: 19 set. 2025.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre, RS: Artmed, 1998.

8- ANEXOS

8.1 Anexo I

	Universidade de Brasília - Instituto de Biologia - Programa de Mestrado Profissional de Ensino de Biologia - PROFBIO	
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)- Responsáveis legais		
Prezado(a) Senhor(a),		
<p>O (a) estudante pela qual você é responsável, está sendo convidado(a) a participar, de forma voluntária, da pesquisa “PRÁTICA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA POR ABORDAGEM INVESTIGATIVA: mudanças climáticas, vicariância e evolução das espécies”, sob responsabilidade do Prof. David Duarte França, com orientação da professora/pesquisadora Dra. Nilda Maria Diniz, do Instituto de Biologia, Universidade de Brasília (UnB).</p>		
<p>1. Sobre o projeto – Esse projeto é uma proposta diferente de aula. Trata-se da aplicação de metodologia ativa de ensino por investigação. O objetivo é aprimorar o ensino/aprendizagem de conceitos básicos de Evolução Biológica e o entendimento da influência do meio ambiente nesse processo. O(A) estudante pela qual você é responsável, receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa, e lhe asseguramos que o nome do estudante não aparecerá, sendo mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).</p>		
<p>2. Como será a participação do(a) estudante? – O (a) estudante pela qual você é responsável, participará de 4 (quatro) aulas de Biologia no Colégio Estadual Cora Coralina (Águas Lindas de Goiás – GO). Nestas aulas, vamos falar sobre: (a) Vicariância, especiação e genética de populações; (b) Mudanças climáticas e seus efeitos na evolução das espécies; (c) Fluxo gênico entre populações. As aulas terão três partes: 1 – Apresentação do projeto; 2 – Atividade investigativa com uma situação-problema; 3 – Questionário para saber o que o(a) estudante aprendeu.</p>		
<p>3. O(a) estudante corre algum risco? A pesquisa não apresenta riscos além daqueles do cotidiano escolar. No entanto, possíveis incômodos, como dificuldades na interação em grupo ou ao responder o questionário, serão minimizados com o respeito ao ritmo de participação do(da) estudante pela qual você é responsável, além de, o máximo sigilo acerca das respostas, e a garantia de um ambiente acolhedor. Você poderá interromper a participação de seu filho(a), ou criança pela qual é responsável, a qualquer momento, sem qualquer prejuízo ou penalidade escolar. O(a) estudante pela qual você é responsável, nunca será obrigado(a) a fazer algo que não lhe convém.</p>		
<p>4. Tem algum benefício? Ao participar desta pesquisa, o (a) estudante pela qual você é responsável terá a oportunidade de vivenciar uma abordagem pedagógica inovadora, que poderá contribuir para uma melhor compreensão dos conteúdos de Biologia Evolutiva, estimular o pensamento crítico e tornar o processo de aprendizagem mais interessante e participativo. Ou seja, aprender de um jeito novo!</p>		
<p>5. Você terá que pagar algo ou será recompensado financeiramente? Não! Você não receberá e não pagará nada, pois a participação do (da) estudante pela qual você é responsável, é voluntária. E todo material será fornecido pelos responsáveis do projeto. Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente da participação do (a) estudante pela qual você é responsável na pesquisa, você deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.</p>		
<p>6. Sobre os resultados - Os resultados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmico-científicos e poderão ser divulgados em congressos, eventos científicos e publicações da Universidade de Brasília. Todos os dados serão tratados de forma confidencial e armazenados por até cinco anos, sendo posteriormente destruídos.</p>		
<p>7. Recusa ou desistência - Você tem o direito de recusar a participação do (da) estudante pela qual você é responsável ou requerer a desistência dele (dela) da pesquisa a qualquer momento, sem precisar justificar e sem sofrer qualquer prejuízo nas atividades escolares do estudante.</p>		
Nome do responsável: _____	 Documento assinado digitalmente DAVID DUARTE FRANÇA Data: 23/01/2025 10:10:24-0300 Verificar em: https://validar.dl.gov.br	 Documento assinado digitalmente NILDA MARIA DINIZ Data: 26/01/2025 14:41:33-0300 Verificar em: https://validar.dl.gov.br



8. Ficou com dúvidas? Em caso de dúvidas, você pode entrar em contato com os pesquisadores a qualquer momento, inclusive a cobrar, pelos seguintes canais: Profª Dra. Nilda Maria Diniz (orientadora responsável) Telefone: (61) 98107-8181 – E-mail: niddiniz@gmail.com e/ou David Duarte França (mestrando responsável pela aplicação) Telefone: (61) 98279-4949 – E-mail: david.bio.prof@gmail.com.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde (CEP/FS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail cepf@unb.br ou cepfunb@gmail.com, outras informações podem ser conferidas no site <https://fs.unb.br/comite-de-etica-cepf/fs/sobre-cep>. O CEP/FS se localiza na Faculdade de Ciências da Saúde, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Caso concorde que o (a) estudante pela qual você é responsável participe, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com você.

Águas Lindas de Goiás – GO, _____ de _____ de 2025.

Nome e assinatura da mãe, pai ou responsável pelo participante de Pesquisa

Documento assinado digitalmente
NILDA MARIA DINIZ
Data: 06/10/2025 14:40:55 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Nilda Maria Diniz
Pesquisador Responsável

Documento assinado digitalmente
DAVID DUARTE FRANÇA
Data: 23/09/2025 10:50:24 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

David Duarte França
Pesquisador auxilia

8.2 Anexo II



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) (maiores de 18 anos)

Convidamos você a participar, voluntariamente, do projeto de pesquisa “PRÁTICA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA POR ABORDAGEM INVESTIGATIVA: mudanças climáticas, vicariância e evolução das espécies”, sob responsabilidade do Prof. David Duarte França, com orientação da professora/pesquisadora Dra. Nilda Maria Diniz, do Instituto de Biologia, Universidade de Brasília (UnB).

1. **Sobre o projeto** - Esse projeto é uma proposta diferente de aula. Trata-se da aplicação de metodologia ativa de ensino por investigação. O objetivo é aprimorar o ensino/aprendizagem de conceitos básicos de Evolução Biológica e o entendimento da influência do meio ambiente nesse processo. Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome e suas informações não serão divulgados, será mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificar você.

2. **Como será a sua participação?** – Você participará de 4 (quatro) aulas de Biologia no Colégio Estadual Cora Coralina (Águas Lindas de Goiás – GO). Nestas aulas, vamos falar sobre: (a) Vicariância, especiação e genética de populações; (b) Mudanças climáticas e seus efeitos na evolução das espécies; (c) Fluxo gênico entre populações. As aulas terão três partes: 1 – Apresentação do projeto; 2 – Atividade investigativa com uma situação-problema; 3 – Questionário para saber o que você aprendeu.

3. **Você corre algum risco?** A pesquisa não apresenta riscos, além daqueles do cotidiano escolar. No entanto, possíveis incômodos, como dificuldades na interação em grupo ou ao responder o questionário, serão minimizados com o respeito ao seu ritmo de participação, o máximo sigilo acerca de suas respostas, e a garantia de um ambiente acolhedor. Você poderá interromper sua participação a qualquer momento, sem qualquer prejuízo ou penalidade escolar. Você nunca será obrigado(a) a fazer algo que não lhe convém.

4. **Tem algum benefício?** Ao participar desta pesquisa, você terá a oportunidade de vivenciar uma abordagem pedagógica inovadora, que poderá contribuir para uma melhor compreensão dos conteúdos de Biologia Evolutiva, estimular o pensamento crítico e tornar o processo de aprendizagem mais interessante e participativo. Ou seja, aprender de um jeito novo!

5. **Você terá que pagar algo ou será recompensado financeiramente?** Não! Você não receberá e não pagará nada, pois a participação é voluntária. E todo material será fornecido pelos responsáveis do projeto. Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, você deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

6. **Sobre os resultados** - Os resultados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmico-científicos e poderão ser divulgados em congressos, eventos científicos e publicações da Universidade de Brasília. Todos os dados serão tratados de forma confidencial e armazenados por até cinco anos, sendo posteriormente destruídos.

7. **Recusa ou desistência** - Você tem o direito de recusar participar da pesquisa ou desistir dela a qualquer momento, sem precisar justificar e sem sofrer qualquer prejuízo em suas atividades escolares.

8. **Ficou com dúvidas?** Em caso de dúvidas, você (ou seu responsável) pode entrar em contato com os pesquisadores a qualquer momento, inclusive a cobrar, pelos seguintes canais: Prof^a Dra. Nilda Maria Diniz (orientadora responsável) Telefone: (61) 98107-8181 – E-mail: niddiniz@gmail.com e/ou David Duarte França (mestrando responsável pela aplicação) Telefone: (61) 98279-4949 – E-mail: david.bio.prof@gmail.com.

Nome do participante:

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde (CEP/FS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail cepfs@unb.br ou cepfsunb@gmail.com, outras informações podem ser conferidas no site <https://fs.unb.br/comite-de-etica-cep-fs/sobre-cep>. O CEP/FS se localiza na Faculdade de Ciências da Saúde, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com você.

Águas Lindas de Goiás – GO, _____ de _____ de 2025.

Nome e assinatura do Participante de Pesquisa

Documento assinado digitalmente
 NILDA MARIA DINIZ
Data: 06/10/2025 14:46:55 -0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Nilda Maria Diniz
Pesquisador Responsável

Documento assinado digitalmente
 DAVID DUARTE FRANÇA
Data: 23/02/2025 10:10:24 -0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

David Duarte França
Pesquisador auxilia

8.3 Anexo III



TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) (menores de 18 anos)

Convidamos você a participar, voluntariamente, do projeto de pesquisa “PRÁTICA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA POR ABORDAGEM INVESTIGATIVA: mudanças climáticas, vicariância e evolução das espécies”, sob responsabilidade do Prof. David Duarte França, com orientação da professora/pesquisadora Profa. Dra. Nilda Maria Diniz, do Instituto de Biologia, Universidade de Brasília (UnB).

A sua mãe, o seu pai ou o responsável por você (nome do responsável: _____) já autorizou sua participação. Mas você só participará se quiser. A sua participação é voluntária, e você poderá dizer “não quero participar” ou desistir a qualquer momento, sem qualquer prejuízo para você na escola.

1. **Sobre o projeto** - Esse projeto é uma proposta diferente de aula. Trata-se da aplicação de metodologia ativa de ensino por investigação. O objetivo é aprimorar o ensino/aprendizagem de conceitos básicos de Evolução Biológica e o entendimento da influência do meio ambiente nesse processo. Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome e suas informações não serão divulgados, será mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificar você.

2. **Como será a sua participação?** – Você participará de 4 (quatro) aulas de Biologia no Colégio Estadual Cora Coralina (Águas Lindas de Goiás – GO). Nestas aulas, vamos falar sobre: (a) Vicariância, especiação e genética de populações; (b) Mudanças climáticas e seus efeitos na evolução das espécies; (c) Fluxo gênico entre populações. As aulas terão três partes: 1 – Apresentação do projeto; 2 – Atividade investigativa com uma situação-problema; 3 – Questionário para saber o que você aprendeu.

3. **Você corre algum risco?** A pesquisa não apresenta riscos além daqueles do cotidiano escolar. No entanto, possíveis incômodos, como dificuldades na interação em grupo ou ao responder o questionário, serão minimizados com o respeito ao seu ritmo de participação, o máximo sigilo acerca de suas respostas, e a garantia de um ambiente acolhedor. Você poderá interromper sua participação a qualquer momento, sem qualquer prejuízo ou penalidade escolar. Você nunca será obrigado(a) a fazer algo que não lhe convém.

4. **Tem algum benefício?** Ao participar desta pesquisa, você terá a oportunidade de vivenciar uma abordagem pedagógica inovadora, que poderá contribuir para uma melhor compreensão dos conteúdos de Biologia Evolutiva, estimular o pensamento crítico e tornar o processo de aprendizagem mais interessante e participativo. Ou seja, aprender de um jeito novo!

5. **Você terá que pagar algo ou será recompensado financeiramente?** Não! Você não receberá e não pagará nada, pois a participação é voluntária. E todo material será fornecido pelos responsáveis do projeto. Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, você deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

6. **Sobre os resultados** - Os resultados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmico-científicos e poderão ser divulgados em congressos, eventos científicos e publicações da Universidade de Brasília. Todos os dados serão tratados de forma confidencial e armazenados por até cinco anos, sendo posteriormente destruídos.

7. **Recusa ou desistência** - Você tem o direito de recusar participar da pesquisa ou desistir dela a qualquer momento, sem precisar justificar e sem sofrer qualquer prejuízo em suas atividades escolares.

Nome do participante:

8. Ficou com dúvidas? Em caso de dúvidas, você (ou seu responsável) pode entrar em contato com os pesquisadores a qualquer momento, inclusive a cobrar, pelos seguintes canais: Profª Dra. Nilda Maria Diniz (orientadora responsável) Telefone: (61) 98107-8181 – E-mail: niddiniz@gmail.com e/ou David Duarte França (mestrando responsável pela aplicação) Telefone: (61) 98279-4949 – E-mail: david.bio.prof@gmail.com.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde (CEP/FS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail cepf@unb.br ou cepfunb@gmail.com, outras informações podem ser conferidas no site <https://fs.unb.br/comite-de-etica-cepf/fs/sobre-cep>. O CEP/FS se localiza na Faculdade de Ciências da Saúde, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com você.

Águas Lindas de Goiás – GO, _____ de _____ de 2025.

Nome e assinatura do Participante de Pesquisa

Documento assinado digitalmente
 NILDA MARIA DINIZ
Data: 06/05/2025 14:46:55 (GMT)
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Nilda Maria Diniz
Pesquisador Responsável



Documento assinado digitalmente
 DAVID DUARTE FRANÇA
Data: 06/05/2025 13:12:24 (GMT)
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

David Duarte França
Pesquisador auxilia


8.4 Anexo IV

Sequência Didática de Ensino por Investigação

Segue o link para acesso na versão PDF: [Clique aqui para acessar a SD.](#)

	Colégio Estadual Cora Coralina RUA 38 ESQUINA COM A AVENIDA QUARTA ÁREA ESPECIAL SETOR MANSÕES VILLAGE - ÁGUAS LINDAS - GO	SEDUC Secretaria de Educação	Governo de GOIÁS 
Componente curricular: BIOLOGIA			
PROFESSOR: DAVID DUARTE		TURNO:	1º BIMESTRE
SÉRIE:	TURMA:	DATA:	SEQUÊNCIA DIDÁTICA
ALUNO (S) :			

Olá, sou Charles Darwin!
Acompanharei vocês nesta sequência didática investigativa,
fazendo perguntas e ajudando-os a pensar sobre a evolução das
espécies.




Olá, alunos (as), agora daremos início ao nosso ensino por abordagem investigativa. Preciso que fiquem atentos aos comandos descritos nessa atividade e nos direcionamentos apontados em sala pelo professor. É de extrema importância que vocês sigam cada passo-a-passo lendo e executando as atividades sem pular ou se adiantar.

AULA 1

Momento 1 – Situação problema

Queridos (as) alunos (as),

Vocês já imaginaram como uma espécie pode evoluir e se tornar única em todo o planeta? A Ilha da Queimada Grande, lar da enigmática jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*), nos apresenta um exemplo fascinante de evolução por adaptação. Esse ambiente isolado e hostil guarda segredos sobre como as espécies podem mudar ao longo do tempo para sobreviver a condições extremas.

Agora assistiremos a um documentário! [Clique aqui para ver o vídeo.](#) Ou 

1

Após assistir ao documentário “A Ilha da Queimada Grande: cobras mais venenosas” da produtora National Geographic Brasil, sua missão será investigar os seguintes mistérios: o que levou a jararaca-ilhoa, que só existe nesta ilha, a se tornar uma espécie diferente de suas parentes continentais? Como elas chegaram lá? Quais mecanismos evolutivos aconteceram? Será que o mundo de hoje pode influenciar esses mecanismos evolutivos?

✦ “Quer descobrir comigo como vamos responder a essas e muitas outras perguntas? 🤔💡
Vamos embarcar juntos em uma jornada de investigação científica! 🔍🚀

Por meio de uma sequência de atividades com uma didática de *ensino por abordagem investigativa*, você terá a chance de pensar, explorar e agir como um verdadeiro cientista! 🧪📊”

Leia o texto a seguir!!!!

Texto:

O ensino por abordagem investigativa é uma metodologia em que o professor organiza a aula de modo que os alunos aprendam investigando, questionando e resolvendo problemas, em vez de apenas receberem informações prontas.



Ao contrário do professor explicar tudo, ele propõe situação-problema e questões abertas que estimulam os alunos e as alunas a:

- Levantar hipóteses.
- Pesquisar e/ou experimentar.
- Analisar dados e discutir resultados.
- Construir conclusões com base em evidências.

Esse tipo de ensino se inspira no modo como a ciência é feita: por meio da investigação. Por isso, vocês terão acesso a um material que simula o nosso planeta ou um continente, na qual abriga uma determinada espécie de organismo X. Com isso, poderemos simular um cenário e testar hipóteses. Mas antes responda a essas perguntas.

Momento 2 - Atividade

1. De acordo com o vídeo, como ocorreu o processo de formação da Ilha de Queimada Grande?

2. A jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*) é uma espécie endêmica da ilha. Em discussão com seu grupo, formule uma hipótese para explicar como esse endemismo ocorreu?

“Está em dúvida sobre como responder? 😞 Não tem problema, eu tive uma ideia! 💡 Que tal, ao invés de perguntar direto para o professor, usar a internet 📱 🖥️ para pesquisar? Procure o que significa *espécie endêmica* 🌍, o que é uma *hipótese* 🤔 e como elaborar uma! 📝



Não se esqueça: anote tudo aqui para compartilhar depois! 📅 🖋️”

3. Pensando no processo de formação da ilha, você consegue identificar quais ações humanas, nos dias de hoje, podem acelerar fenômenos semelhantes? Se sim, que atividades antrópicas poderiam provocar esse tipo de impacto ambiental?



Ações antrópicas?



👏 ****"Parabéns, jovens cientistas, pelas respostas até aqui! Vocês estão mostrando muita dedicação e pensamento investigativo! 🧪 ✨**

Mas atenção: só deve continuar para o próximo passo quem já finalizou as anotações e respostas da etapa anterior. 📝 ✅

Agora, avançaremos para a próxima fase: vamos testar a hipótese sobre o que aconteceu com as jararacas-ilhoas 🌿 🦎 e refletir se algo semelhante poderia ocorrer também no mundo atual.



Preparem-se, pois, essa parte será essencial para conectar ciência e realidade!"**



Anotações extras:

AULA 2

Momento 1 – Simulação para testar as hipóteses

🗨️ ****“Vocês lembram que, na aula passada, escreveram uma hipótese sobre como as serpentes evoluíram na ilha e se tornaram endêmicas por lá? 🐍 🌿 Pois bem! Seguindo o método científico, chegou a hora de testar e verificar se essa ideia realmente faz sentido. Para isso, vamos usar a maquete que o professor preparou!**

🌟 ✨
Mas atenção: só a minha explicação sobre seleção natural não é suficiente... precisamos ir além e entender também a genética 🧬 🧪, algo que estava fora do meu tempo!

E é exatamente por isso que conto com a ajuda de vocês, jovens cientistas!

🚀 🧑 🧑 🧑 ***



🗨️ **“Quero que você observe com atenção a maquete quando o professor a apresentar 🧑 .**

**Anote tudo o que perceber, principalmente o nível da água 🌊 !
Ah, e fique ligado: os números marcados na maquete correspondem aos organismos 🐍 🌿 🦋 que usaremos para testar nossa hipótese científica.**

🔍 🧑 ”



📦 “Muito bem, jovens cientistas! 🧑🏫🧑🏫

Após os conceitos pesquisados, é importante que vocês reavaliem suas hipóteses. 📄

Agora vamos testar a nossa hipótese: organizem a maquete direitinho 🌱 e não se esqueçam de colocar o bloco de gelo ❄️ no local indicado.

Esse passo é essencial! 🔍 ✨”



Momento 2 - Atividade de distribuição dos alelos e frequências

🚀 ***“Atenção, jovens cientistas! Agora validaremos matematicamente esse processo evolutivos 😊🧮

Vamos sortear os alelos dos nossos 60 indivíduos! 🎲🎲
Sigam o passo a passo abaixo.

Mantenham a contagem organizada para usarmos depois no cálculo das frequências alélicas! 📊

Obs.: parte do grupo, se quiser, podem adiantar a etapa de desenho!

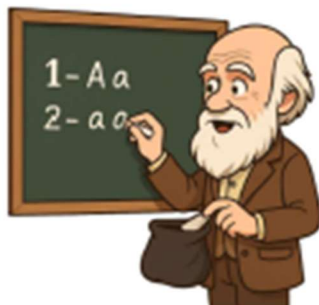


1° - Para cada indivíduo, sorteiem um alelo por vez de dentro do saquinho (primeiro um, depois o outro);

2° - Anotem o par de alelos obtido (ex: A e a → Aa);

3° - Repitam o processo até que os 60 indivíduos tenham seus dois alelos definidos;

4° - Preencher o quadro abaixo, colocando o número do indivíduo e depois os dois alelos (igual Darwin, na imagem ao lado).



Quadro 01. Quadro de possíveis genótipos obtidos no sorteio, de 1 a 60.

	Nº do indivíduo			
	AA	Aa	aa	
Pop. (inicial)				
Total				



🚀 ***Jovens cientistas, calcularemos juntos a frequência alélica do alelo A! 📊 ✨

👉 Primeiro, vamos contar quantos indivíduos têm o genótipo AA e multiplicar esse número por 2 (porque cada indivíduo AA tem 2 alelos A).

👉 Depois, vamos adicionar a quantidade de indivíduos com o genótipo Aa (cada um deles contribui com 1 alelo A).

👉 Agora, o grupo deve pegar esse total e dividir pelo número total de alelos da população (ou seja, 2 x o número total de indivíduos). 🧮 🧮

Assim, descobrimos a frequência do alelo A!

Viu só? Fácil como seguir uma receita científica! 🔍 📄

🚀 ***

🚀 ***Agora vamos calcular a frequência do alelo a!



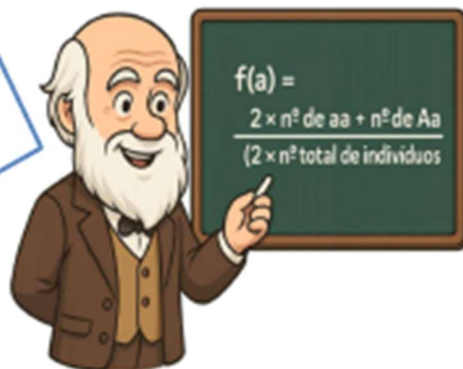
O raciocínio é parecido:

👉 Primeiro, vamos contar quantos indivíduos têm o genótipo aa e multipliquem esse número por 2 (porque cada indivíduo aa tem 2 alelos a).

👉 Depois, adicione a quantidade de indivíduos com o genótipo Aa (cada um deles contribui com 1 alelo a).

👉 Agora, peguem esse total e dividam pelo número total de alelos da população (ou seja, $2 \times$ o número total de indivíduos). 🧮 🧮

Pronto! Assim encontramos a frequência do alelo a 📊 🔍. Viram como é simples? É só seguir o mesmo caminho do alelo A! 🚀 ***



a) Faça o preenchimento da tabela com as frequências solicitadas.

Tabela 02. Tabela para alocação de números totais de cada genótipo e cálculos de frequência de alelos.

Pop. (inicial)	Frequência genotípica			Frequência alélica	
	AA	Aa	aa	p(A)	q(a)

b) Rascunho bidimensional (desenho) da área da população Inicial em relação ao oceano.

🖍️ "Certo, jovens cientistas!



Quero que vocês desenhem apenas o contorno da ilha 🏝️ na folha.

Depois, façam a distribuição dos indivíduos 🌿 🧮 dentro dela.

Lembrem-se: não precisa detalhar muito, só o formato e a posição dos organismos já são suficientes!



AULA 3

Momento 1 - Contagem de indivíduos e seus genótipos pós degelo



***“Pessoal, olhem bem o que aconteceu com a ilha depois do degelo! 🧊 ❄️ 🌊 💧
Agora quero que vocês refaçam os cálculos de frequência gênica e alélica 📊 📉, mas atenção: desconsidere os indivíduos que foram submersos pela água 🌊 🚫.
Vamos ver como isso muda os resultados da nossa investigação científica! 🔍 ✨”***

Quadro 3. Quadro de genótipos e cálculos de frequência de alelos após o degelo e a vicariância.

	Nº de indivíduos			Frequência genotípica			Frequência alélica	
	AA	Aa	aa	AA	Aa	aa	p(A)	q(a)
Pop. I (ilha menor)								
Pop. II (ilha maior)								

🗨️ “Agora comparem as frequências das populações I e II... e depois confirmem como elas se diferenciam da população inicial! Se possível refaça o rascunho bidimensional na folha. Como eu demonstro logo abaixo 🔍 📊”



AULA 4

Momento 1 - Consolidação do conteúdo e finalização da sequência

👤 "Muito bem jovens cientistas, é hora de lembrar! 🧑🏫🧑🏫"

Quando o tempo de lembrar terminar, o professor vai nos ajudar a sistematizar as possíveis explicações sobre os resultados que vocês observaram na simulação. 🔍

E fiquem atentos pois a nossa missão é construir conclusões com base em evidências 🧪🔬, exatamente como a ciência deve ser feita!"



👤 ***"Jovens cientistas, quero agradecer a vocês pela dedicação e curiosidade ao longo desta jornada investigativa. 🙌"

📄 Foi uma honra compartilhar ideias e ver como vocês ampliaram seu conhecimento sobre evolução e genética.

Agora, utilize o QR Code abaixo 📄 para responder ao questionário final. Ele nos ajudará a compreender o quanto vocês aprenderam e construíram até aqui. 📄🌟

E, antes de me despedir, deixo uma frase que sempre carreguei comigo:

"Não estamos preocupados com esperanças ou medos, somente com a verdade que nossa razão nos permite descobrir". 🌱🌍

Sigam sempre investigando, questionando e aprendendo. Até breve! 🙌😊***



8.5 Anexo V

Documento de fatiamento da maquete para impressora 3D

Acesse o link para obter o acesso: [Clique aqui e baixe o arquivo para impressão 3D](#)

8.6 Anexo VI

Questionário Avaliativo

Com base no artigo de Joshi *et al.* (2015) sobre a escala de Likert, que recomenda o uso de uma escala de 7 pontos para maior precisão e nuances nas respostas, proponho uma avaliação qualitativa da sequência didática com foco: na compreensão conceitual; experimentação e interdisciplinaridade; habilidades de argumentação e formação de hipóteses; entendimento das pressões ambientais e adaptação; e o impacto das mudanças climáticas na formação de novas espécies.

Para cada afirmação a seguir, escolha um número de 1 a 5 que melhor reflita o quanto você concorda ou discorda. Cada número representa um grau de concordância, conforme descrito abaixo:

- **1** - Discordo totalmente (**DT**)
- **2** - Discordo parcialmente (**DP**)
- **3** - Nem concordo nem discordo (**NN**)
- **4** - Concordo parcialmente (**CP**)
- **5** - Concordo totalmente (**CT**)

Escolha o número que melhor reflete sua experiência e compreensão após participar da sequência didática. Não há respostas certas ou erradas; o importante é que você seja sincero em sua avaliação.

Para cada afirmação a seguir, escolha um número de 1 a 5 que melhor reflita o quanto você concorda ou discorda.

Sobre:	DT	DP	NN	CP	CT
Compreensão Conceitual					
1- A sequência didática ajudou-me a entender os conceitos básicos da Evolução Biológica.	1	2	3	4	5
2- A atividade possibilitou que eu compreendesse como as mudanças climáticas podem influenciar o processo evolutivo.	1	2	3	4	5
3- Após a atividade, me sinto mais confiante em explicar o que é vicariância e como ela pode impactar a formação de novas espécies.	1	2	3	4	5

Sobre: Experimentação e Interdisciplinaridade	DT	DP	NN	CP	CT
4- A atividade prática me ajudou a entender como a interdisciplinaridade (Biologia, Geografia, Climatologia) contribui para o estudo da Evolução	1	2	3	4	5
5- A sequência didática me motivou a explorar e experimentar diferentes aspectos dos processos evolutivos em cenários simulados.	1	2	3	4	5

Sobre: Habilidades de Argumentação e Hipóteses	DT	DP	NN	CP	CT
6- A atividade permitiu que eu desenvolvesse hipóteses baseadas em observações dos cenários fictícios apresentados.	1	2	3	4	5
7- Após a atividade, sinto-me mais preparado para argumentar e defender, com base em evidências, previsões e conclusões sobre a evolução das espécies em resposta a mudanças ambientais.	1	2	3	4	5

Sobre: Pressões Ambientais e Adaptação	DT	DP	NN	CP	CT
8- A atividade me ajudou a compreender como as pressões ambientais podem afetar a sobrevivência e a reprodução das espécies.	1	2	3	4	5
9- Compreendi melhor como os indivíduos se adaptam a diferentes ambientes e como essas adaptações podem influenciar as populações ao longo do tempo.	1	2	3	4	5

Sobre: Impacto das Mudanças Climáticas e Formação de Novas Espécies	DT	DP	NN	CP	CT
10- A simulação do aquecimento global e da separação dos continentes ajudou-me a visualizar como as mudanças climáticas impactam a biodiversidade e a adaptação das espécies.	1	2	3	4	5
11- A maquete e o modelo experimental esclareceram o papel da vicariância na formação de novas espécies.	1	2	3	4	5

8.7 Anexo VII

Quadro de resultados gerais do questionário semiestruturado

QUESTÕES	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
Aluno(a) 1	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 4	5	5	3	5	4	5	3	5	5	5	5
Aluno(a) 5	5	4	3	4	4	5	4	4	4	4	4
Aluno(a) 6	5	4	3	5	3	4	3	5	5	4	5
Aluno(a) 7	4	4	2	3	2	4	3	3	3	4	3
Aluno(a) 8	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5
Aluno(a) 9	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 11	4	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4
Aluno(a) 12	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5
Aluno(a) 13	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 14	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 15	5	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4
Aluno(a) 16	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 17	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 18	5	4	4	5	5	5	4	5	5	4	5
Aluno(a) 19	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 21	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 22	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5
Aluno(a) 23	4	5	3	4	3	4	3	5	5	4	4
Aluno(a) 24	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 25	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 26	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5
Aluno(a) 27	3	4	2	3	5	4	3	4	5	4	4
Aluno(a) 28	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 29	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5

Aluno(a) 30	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4
Aluno(a) 31	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 32	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4
Aluno(a) 33	4	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5
Aluno(a) 34	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 35	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 36	5	5	4	5	4	4	4	5	4	5	5
Aluno(a) 37	5	5	5	5	4	5	4	5	3	5	2
Aluno(a) 38	4	5	4	5	5	4	3	3	4	4	5
Aluno(a) 39	4	5	1	2	1	5	5	5	5	5	1
Aluno(a) 40	4	5	2	5	2	2	4	5	5	3	3
Aluno(a) 41	4	5	3	4	5	4	5	5	5	5	5
Aluno(a) 42	5	4	4	5	4	4	4	4	5	5	4
Aluno(a) 43	5	5	4	4	4	4	2	5	5	5	5
Aluno(a) 44	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
Aluno(a) 45	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 46	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 47	5	5	5	3	4	4	3	5	3	3	5
Aluno(a) 48	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5
Aluno(a) 49	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 50	5	5	3	5	5	5	4	5	5	5	5
Aluno(a) 51	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 52	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Aluno(a) 53	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 54	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 55	5	4	4	5	5	5	3	5	5	5	5
Aluno(a) 56	5	5	4	5	5	5	4	5	4	4	5
Aluno(a) 57	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 58	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aluno(a) 59	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5
Média	4,7797	4,8136	4,1864	4,6610	4,4576	4,6441	4,3051	4,7966	4,7458	4,7119	4,6610

8.8 Anexo VII

Diário de campo

Este documento consiste na transcrição de comentários, perguntas efetuadas pelos alunos no momento da aplicação da sequência didática/ Ensino por investigação / Simulação de degelo. Ele foi estruturado da seguinte forma:

- 1- Em três turmas, as quais foram aplicados os trabalhos;
- 2- As turmas foram divididas em aulas da sequência didática;
- 3- Dentro de cada aula será subdividido em comentários (conversar que o professor observou quando circulava pela sala), perguntas (falas direcionadas para o professor/aplicador) e percepção do professor ao observar os grupos de longe.

Observação: a ordem das turmas foi a ordem de aplicação, as letras não são suas identificações reais.

Turma A (7 grupos foram formados)

Aula 1: Apresentação da situação-problema e levantamento de hipóteses e dos conhecimentos prévios dos alunos.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
<ul style="list-style-type: none">- Alunos conversam sobre as hipóteses, e levantam a ideia de mutação e adaptação para o surgimento das serpentes;- Duas alunas conversam sobre seleção natural ser de Darwin ou Lamarck;	<p>Aluno 1: Professor temos que fazer tudo em uma aula?</p> <p>Aluno 2: Tem que ler tudo mesmo?</p> <p>Aluno 3: Endêmico tem acento?</p> <p>Aluno 4: Minha hipótese é essa ... ela está correta?</p> <p>Aplicador: Não há certo ou errado para isso agora, só saberemos após você construir sua hipótese e testá-la.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Ao menos 3 grupos debatem as respostas bastante.- 2 grupos usaram o Google para responder à pergunta sobre a formação da ilha. Porém a resposta está no vídeo apresentado anteriormente.- Nos primeiros 15 minutos após o vídeo e a leitura da sequência há muita interação entre os alunos e grupos.- Um dos grupos que tentou achar a resposta no Google rever o vídeo e acham a resposta.-Muito uso do Google para demais perguntas da aula 1, com já era previsto.- Teve até par ou ímpar para ver que seria a pessoa do Grupo que preencheria a SD.

Aula 2: Levantamento de novos conhecimentos necessários para o teste das hipóteses, incluindo a introdução ao ensino de cálculo de frequências alélicas.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
<p>- Muitos comentários sobre a maquete, o gelo e a água azul;</p> <p>- Eles conversando sobre a impressão 3D;</p> <p>- Alunos conversando: “Por que tem que ter matemática em Biologia? Que ódio! Não gosto de Matemática.”</p> <p>- Aluno se recusando a fazer os cálculos e empurrando para outro no grupo.</p>	<p>- Alunos: O que tem que fazer? Aplicador: Leiam, Darwin explica tudo.</p> <p>- Alunos (mais de um fez a pergunta): Os significados que pesquisei estão corretos?</p> <p>- Alunos: Como faz os cálculos? Aplicador: Leiam, Darwin explica tudo.</p> <p>- Alunos: Você pode fazer os meus cálculos? Tenho medo de errar! Aplicador: Revejo sim!</p>	<p>- No início da aula sempre retomava o que foi feito na aula anterior e pedia que todos lessem o que Darwin fala.</p> <p>- Todos os grupos ficaram admirados com a maquete que é entregue nessa aula.</p> <p>- Muitas dúvidas na busca de quais conceitos deveriam buscar.</p> <p>- Dois grupos se sobressaíram aos demais, pois já entenderam o que iria acontecer com o gelo derretendo.</p> <p>- Os alunos tiveram muita dificuldade nessa aula, praticamente todos os grupos recorriam ao aplicador e ao professor no momento dos cálculos.</p> <p>- Aula foi muito corrida para todos os grupos, três deles não conseguiram finalizar a aula 2. Com isso acumulou para a aula 3.</p>

Aula 3: Continuação da verificação das hipóteses por meio da simulação de elevação do nível das águas, devido ao degelo decorrente de mudança no clima, com a maquete 3D, seguida da observação da nova topografia das massas de terra, ocorrência de vicariância e de novo cálculo das frequências gênicas considerando os indivíduos que sobreviveram.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
<p>- Alunos: Mais matemática? Isso está ficando chato! Aluna respondendo: Eu acho legal!</p> <p>Obs.: quase não consegui ouvir muito comentários nesta aula, pois havia muito pedidos de ajuda com os cálculos que se arrastaram até a próxima aula.</p>	<p>Aluno: Professor, posso refazer meus cálculos e desenhos? Acho que estão errados!</p> <p>Aluno: Professor, por que tem mais alelo “a”? Isso está correto? Aplicador: só continuar a fazer o que Darwin pede!</p>	<p>- No início da aula sempre retomava o que foi feito na aula anterior e pedia que todos lessem o que Darwin fala.</p> <p>- Observo-se que a empolgação começou a diminuir em alguns grupos, mas a maioria estava gostando muito das aulas.</p>

		<p>- Muitas dúvidas nessa aula, precisei intervir fazendo uma explicação geral.</p> <p>- Dois grupos precisaram refazer o desenho, pois não estava auxiliando.</p> <p>- Três grupos conseguiram entender o que estava acontecendo e associar a ilha de queimada grande.</p> <p>- Grande maioria dos grupos perceberam a maior frequência do alelo “a”.</p> <p>- Percebe-se a falta de confiança em matemática mesmo fazendo certo.</p> <p>- Nota-se alunos mais apáticos participando mais nessa aula.</p> <p>- Como percebi que o desenho junto com os cálculos demora muito, tive a seguinte ideia: adiantar o desenho com uma parte, em quando a outra parte do grupo faz os cálculos.</p> <p>- Agora, 5 grupos se atrasaram.</p>
--	--	--

Aula 4: Repeti a aula 3 para 5 grupos.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
- Escutei muito comentários positivos.	Grupo: Professor o que é a espécie X? Aplicador: São os números, lembra que eles representam os indivíduos	<p>- No início da aula sempre retomava o que foi feito na aula anterior e pedia que todos lessem o que Darwin fala.</p> <p>- Obs.: tive que abrir mais uma aula para essa primeira turma, pois havia 5 grupos muito atrasados.</p> <p>- Porém, dois grupos haviam terminado e tiveram que ficar esperando.</p>

Aula Extra: Consolidação dos conteúdos e finalização da sequência, com a sistematização coletiva dos resultados por escrito. Nessa etapa, os alunos também acessaram um QR Code para responder a um formulário avaliativo, que possibilitará mensurar o aprendizado construído ao longo da experiência.

OBS.: Essa aula foi uma aula expositiva, onde eu esclarecia os aspectos do trabalho.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
Não percebi ou não lembro de ouvir comentários	Não houve perguntas sobre a prática	- Todos ficaram muito surpresos com a utilidade da matemática para entender a evolução. - Era nítido no rosto dos alunos, pelo menos na maioria, que eles haviam compreendido outras formas de evolução e como as serpentes da ilha de Queimada-grande surgiram.

Turma B (Formaram 8 grupos)

Aula 1: Apresentação da situação-problema e levantamento de hipóteses e dos conhecimentos prévios dos alunos.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
Aluno: Que legal! Aluna: Fulana de outra turma disse que bem legal. Mas tem matemática! Aluno: Acredito que as cobras foram nadando até lá!	Aluno: Temos que termina essa apostila hoje? Aluno: Posso assistir o vídeo novamente? Aplicador: Sim Aluna: Posso usar o celular sempre para responder? Aluno: Essa ilha fica no Brasil?	- Dúvidas triviais já explicadas, porém essa turma parece ser mais insegura que anterior. - Percebe-se momentos de muito engajamento com alguns de descontração. - Nessa turma, observa-se os alunos usando as redes sociais.

Aula 2: Levantamento de novos conhecimentos necessários para o teste das hipóteses, incluindo a introdução ao ensino de cálculo de frequências alélicas.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
- Muitos comentários sobre a maquete, o gelo e a água azul;	Grupo: Professor tem pouco AA. Isso é correto?	- No início da aula sempre retomava o que foi feito na aula anterior e pedia que todos lessem o que Darwin fala.

<p>- Eles conversando sobre a impressão 3D;</p>	<p>- Alunos: Você pode fazer os meus cálculos? Tenho medo de errar! (ou similares a essa pergunta)</p> <p>- Alunos: Como faz os cálculos? Aplicador: Leiam, Darwin explica tudo.</p>	<p>- Ao perceber mais lentidão nessa turma, apressei-me em explicar na parte de cálculos a outra metade do grupo fizesse os desenhos.</p> <p>- A parte escrita parece ser uma tortura para essa turma, mas também reclamaram um pouco da matemática.</p> <p>- Apenas um grupo conseguiu se adiantar, em a consequência do derretimento das geleiras.</p> <p>- Apenas dois grupos ficaram atrasados.</p> <p>- Muitas dificuldades nos cálculos, porém menos em relação a turma A.</p> <p>- Havia uma certa preguiça de ficar virando a página, porém para facilitar coloquei as fórmulas no quadro branco.</p>
---	--	---

Obs.: com o intuito de não deixar essa turma atrasar, passei menos pelo laboratório e atuei mais na animação e agilidade dos grupos.

Aula 3: Continuação da verificação das hipóteses por meio da simulação de elevação do nível das águas, devido ao degelo decorrente de mudança no clima, com a maquete 3D, seguida da observação da nova topografia das massas de terra, ocorrência de vicariância e de novo cálculo das frequências gênicas considerando os indivíduos que sobreviveram.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
<p>Aluna: Nossa que legal, pena que tem que escrever e fazer matemática.</p>	<p>Grupos: Muitas perguntas em torno de ter mais genótipos “aa” do que “AA”.</p> <p>Aplicador: Segue o Darwin.</p>	<p>- Fiz a retomada da aula e para facilitar coloquei as fórmulas no quadro branco.</p> <p>- Essa aula foi bastante corrida, mas os alunos conseguiram finalizar tudo.</p>

Aula 4: Consolidação dos conteúdos e finalização da sequência, com a sistematização coletiva dos resultados por escrito. Nessa etapa, os alunos também acessaram um QR Code para responder a um formulário avaliativo, que possibilitará mensurar o aprendizado construído ao longo da experiência.

OBS.: Essa aula foi uma aula expositiva, onde eu esclarecia os aspectos do trabalho. Ou seja, não houve percepções em relação aos comentários, por isso não há registros. Da mesma forma com as perguntas.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
		<p>- Após a explanação e retomada do que os alunos fizeram, fui inserindo os conteúdos e ligando os momentos da prática. Com isso, os alunos ficaram maravilhados.</p> <p>- Observa-se a expressão de felicidade e entendimento deles.</p> <p>- Citei que essa sequência didática é um trabalho premiado em congresso, e em seguida todos bateram palmas, foi muito gratificante.</p>

Turma C (Formaram 6 grupos com no máximo 4 alunos)

OBS. 1: Essa turma ela possui questões diferenciais em detrimento das demais, pois é uma turma regular do noturno, na qual a hora/aula é de 45 minutos. Um fator muito importante é que a grande maioria dos alunos trabalham e vão para escola, chegando muitas vezes cansados e desmotivados.

OBS. 2: Como o horário é mais curto e os alunos apresentam mais dificuldades, fui obrigado a realizar uma adaptação. As aulas 2 e 3 foram reconfiguradas para três aulas, ao invés de duas.

OBS. 3: Com a correria não consegui observar os comentários dos alunos nessas aulas.

Aula 1: Apresentação da situação-problema e levantamento de hipóteses e dos conhecimentos prévios dos alunos.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
	<p>- Aluno: Como monta hipóteses? Aplicador explicou a formulação de hipóteses.</p> <p>- Perguntas sobre ecologia das serpentes, direcionadas ao aplicador/professor, foram muito incisivas em um grupo.</p>	<p>- Alunos pareceram bastante motivados e dedicados a realizarem as tarefas após o vídeo.</p> <p>- Observo alguns grupos revendo o vídeo para buscar algumas respostas do questionário inicial da SD.</p>

Aula 2: Levantamento de novos conhecimentos necessários para o teste das hipóteses, incluindo a introdução ao ensino de cálculo de frequências alélicas.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador

		<p>- No início da aula sempre retomava o que foi feito na aula anterior e pedia que todos lessem o que Darwin fala.</p> <p>- Para facilitar coloquei as fórmulas no quadro branco.</p> <p>- Nesta aula, percebi os grupos dividindo as tarefas e cada escrevendo uma parte da SD.</p> <p>- Grupos se sobressaíram em relação aos outros, mas apenas um grupo conseguiu terminar a aula 2.</p>
--	--	---

Aula 2: Levantamento de novos conhecimentos necessários para o teste das hipóteses, incluindo a introdução ao ensino de cálculo de frequências alélicas.

Aula 3: Continuação da verificação das hipóteses por meio da simulação de elevação do nível das águas, devido ao degelo decorrente de mudança no clima, com a maquete 3D, seguida da observação da nova topografia das massas de terra, ocorrência de vicariância e de novo cálculo das frequências gênicas considerando os indivíduos que sobreviveram.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
		<p>- No início da aula sempre retomava o que foi feito na aula anterior e pedia que todos lessem o que Darwin fala.</p> <p>- Para facilitar coloquei as fórmulas no quadro branco.</p> <p>- Apenas um grupo começou na aula 3, então pedi que esse grupo ajudasse os colegas com dificuldade.</p> <p>- Os grupos apresentaram dificuldades muito grande com os cálculos da aula 2 e 3.</p> <p>- Também tiveram dificuldades com o desenho.</p> <p>- Os grupos finalizaram a aula 2 e já começaram a aula 3.</p>

Aula 3: Continuação da verificação das hipóteses por meio da simulação de elevação do nível das águas, devido ao degelo decorrente de mudança no clima, com a maquete 3D, seguida da observação da nova

topografia das massas de terra, ocorrência de vicariância e de novo cálculo das frequências gênicas considerando os indivíduos que sobreviveram.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
		<ul style="list-style-type: none"> - No início da aula sempre retomava o que foi feito na aula anterior e pedia que todos lessem o que Darwin fala. - Para facilitar coloquei as fórmulas no quadro branco. - Houve reclamações em relação aos cálculos e quantidade de escrita da SD. - Todos os grupos conseguiram finalizar a aula 3 com calma. - Um grupo, ao final, conseguiu realizar as conexões entre o conteúdo e o experimento.

Aula 4: Consolidação dos conteúdos e finalização da sequência, com a sistematização coletiva dos resultados por escrito. Nessa etapa, os alunos também acessaram um QR Code para responder a um formulário avaliativo, que possibilitará mensurar o aprendizado construído ao longo da experiência.

OBS.: Essa aula foi uma aula expositiva, onde eu esclarecia os aspectos do trabalho. Ou seja, não houve percepções em relação aos comentários, por isso não há registros. Da mesma forma com as perguntas.

Comentários dos alunos	Perguntas feitas pelos alunos	Observações do aplicador
		<ul style="list-style-type: none"> - Após a explanação e retomada do que os alunos fizeram, fui inserindo os conteúdos e realizando as conexões dos momentos da prática. Com isso, os alunos se demonstram surpresos com o entendimento da prática. - Houve vários agradecimentos por parte dos alunos.