



Interactive virtual simulation as a pedagogical tool for learning natural selection in high school.

Simulação virtual interativa como ferramenta pedagógica para aprendizagem de seleção natural no ensino médio.

BEZERRA, Cíntia de Sousa⁽¹⁾; SOUTO, Thiago Vinicius Sousa⁽²⁾

⁽¹⁾ 0000-0001-6769-7939; Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba. Campina Grande, (PB), Brasil. cintia.bezerra@ifpb.edu.br.

⁽²⁾ 0000-0003-0342-2746; Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Pesqueira, (PE), País. thiago.souto@pesqueira.ifpe.edu.br

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

Studying natural selection in biology requires students to have the ability to abstract. Tools capable of simulating the evolutionary events of natural selection can help in understanding it. In this context, an interactive computer simulation was used in the teaching of natural selection. The research was developed with 40 high school students, using the simulation software known as PhET, available free of charge on the internet, which simulates population dynamics, genetic and environmental factors in successive generations of rabbits. The students received a script to carry out the simulation, then answered open-ended questions on the topic of natural selection. Based on the responses, a content analysis was performed as proposed by Bardin and the inferences and interpretations were made according to Ausubel's theory of meaningful learning. The responses were grouped into three categories: genetics, ecology and description. The execution of the natural selection simulation allowed the students to take a leading role, and their responses revealed evidence of meaningful learning, in which the previous concepts of genetics and ecology that had been studied previously emerged in the elaboration of the explanation of natural selection. The use of information and communication technologies, in this case specifically the use of interactive virtual simulation addressing natural selection, proved to be an important strategy to assist the learning process.

RESUMO

Estudar o conteúdo seleção natural na disciplina biologia requer a capacidade de abstração dos discentes. Ferramentas capazes de simular os eventos evolutivos de seleção natural podem auxiliar na compreensão da mesma. Nesse contexto, uma simulação computacional interativa foi utilizada no ensino de seleção natural. A pesquisa foi desenvolvida com 40 estudantes do ensino médio, utilizando o software de simulação conhecido como PhET, disponível gratuitamente na internet, que simula a dinâmica populacional, os fatores genéticos e ambientais em gerações sucessivas de coelhos. Os discentes receberam um roteiro para realizar a simulação, em seguida responderam questões abertas sobre o tema seleção natural. A partir das respostas foi realizada uma análise de conteúdo conforme proposta por Bardin e as inferências e interpretações foram realizadas de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. As respostas foram agrupadas em três categorias: genética, ecologia e descrição. A execução da simulação de seleção natural permitiu o protagonismo dos discentes, as respostas destes revelaram indícios de uma aprendizagem significativa, em que os conceitos prévios de genética e ecologia que haviam sido estudados anteriormente emergiram na elaboração da explicação de seleção natural. O uso de tecnologias da informação e comunicação, neste caso especificamente o uso de simulação virtual interativa abordando seleção natural, mostrou-se uma estratégia importante para auxiliar o processo de aprendizagem.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 24/11/2024

Aprovado: 31/03/2025

Publicação: 31/03/2025

Keywords:

Meaningful learning.

Information and

Communications

Technologies.

Evolution

Palavras-Chave:

Aprendizagem

significativa.

Tecnologias da

Informação e

Comunicação.

Evolução



Introdução

A educação contemporânea requer de docentes e discentes a atitude de corresponsabilidade e autogestão em relação ao processo da aprendizagem. Nesse sentido, é importante que as instituições de ensino promovam inovações didáticas que tornem a aprendizagem significativa, valorizando os conhecimentos prévios dos estudantes. A didática em Ciências nos últimos anos busca mecanismos que favoreçam a melhoria do ensino, de modo a impactar na formação cidadã e ética dos estudantes visando a estes serem atores na construção do conhecimento e apliquem esse conhecimento quando necessário nos mais diferentes cenários na vida (Ferri et al, 2015).

As possibilidades de metodologias inovadoras, técnicas e materiais de apoio são os grandes desafios que os docentes encontram para utilizar os recursos tecnológicos nas escolas, pois muitas vezes essas metodologias e técnicas não fizeram parte de sua formação inicial. O emprego de softwares de simulação é estimulado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio, sendo citado em 4 habilidades da competência específica 2 da área de Ciências da Natureza (Brasil, 2018). Essa orientação indica que a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) pode proporcionar uma forma de inovar nas aulas, promover maior engajamento dos discentes nas atividades didáticas e consequente aprendizagem significativa (Vieira & Silva, 2017).

As simulações podem ser manipuladas pelos alunos no contraturno para revisão do conteúdo ministrado, como atividades de apoio ao ensino híbrido e qualquer programa educacional formal no qual um estudante aprende, pelo menos em parte, por meio do ensino on-line, com algum elemento de controle dos estudantes sobre o tempo, o lugar, o caminho e/ou ritmo (Horn & Staker, 2015). Outra aplicação das simulações virtuais guiadas por um roteiro elaborado pelo docente é no ensino remoto, em situações em que o discente não pode frequentar a escola devido a uma licença maternidade, tratamento de saúde ou mesmo durante um período de ensino remoto emergencial como o ocasionado pela pandemia de COVID-19 (Arruda, 2020).

O fato das teorias científicas, como a evolução biológica possuírem alto grau de complexidade e abstrações consideráveis, pode constituir-se como um fator complicador tanto para o ensino como para a aprendizagem de tais conceitos. Essa problemática é pesquisada tanto no ensino Fundamental quanto no Médio, portanto, sugere-se adequações no ensino de Ciências e Biologia (Brasil, 2018), que incluem a necessidade de utilização de diversos recursos didáticos dentre eles a tecnologia. Leal et al (2019) identificaram que os estudantes da 3ª série do ensino médio apresentaram um conhecimento superficial dos conceitos de genética. Um dos recursos que podem auxiliar na aprendizagem de conteúdos complexos e com abstração são as simulações computacionais, pois compreende-se que estes recursos têm o potencial de

auxiliar no entendimento de conceitos e processos em evolução e de aspectos genéticos, nos quais os estudantes costumam apresentar dificuldades de aprendizagem (Lemos, 2020).

A seleção natural é uma força evolutiva capaz de provocar mudanças significativas na estrutura genética das populações ao longo das gerações. Estas mudanças estão associadas à adaptação ambiental que diferentes variantes de um mesmo gene podem conferir aos seus portadores. Descendentes bem adaptados têm maiores chances de se reproduzir e de transferir esses mesmos alelos para a próxima geração. Portanto, é esperado que ao longo do tempo ocorra um aumento significativo na frequência dos alelos mais adaptativos e uma diminuição daqueles sem essas características (Souza, 2008).

A abordagem de assuntos diversos da biologia, especialmente aqueles que possuem certo nível de abstração, como a genética, evolução e seleção natural, por meio de simulações computacionais torna o conteúdo menos abstrato. Ao simular interações entre populações de presa e de predador é possível evidenciar a importância das características genéticas para a sobrevivência da espécie, pois estes são processos que levam muito tempo para serem observáveis na natureza, mesmo que experimentalmente, dificultando sua compreensão. Nesse sentido, objetos de aprendizagem, como a simulação computacional, trazem o benefício de acelerar a visualização de consequências, ao alterar as causas relativas a esses temas em biologia (Cravo & Espartosa, 2020). Em uma simulação as mudanças genéticas nas gerações de seres vivos, que levariam anos, acontecem em segundos permitindo ao discente visualizar essas mudanças.

Muitas pesquisas buscam inserir o uso das simulações computacionais no ensino das ciências, algumas delas embasadas na Teoria da aprendizagem significativa, formulada por Ausubel (Cardoso & Dickman, 2012). Essa teoria procura conhecer a estrutura cognitiva do aluno e, a partir dela, apresentar conceitos de maneira gradual, partindo de conceitos mais amplos para conceitos mais específicos. Os estudos de Ausubel concentravam-se principalmente numa metodologia contextualizada com o cotidiano acadêmico, que seriam baseadas na aprendizagem por descoberta, mas sem minimizar a importância das aulas expositivas. Para o autor a aprendizagem significativa é o meio humano mais eficiente para adquirir e assimilar informações em qualquer área do conhecimento (Lemos & Moreira, 2011).

O objetivo deste trabalho foi investigar o potencial da simulação virtual interativa PhET como ferramenta pedagógica para facilitar o ensino e a aprendizagem de seleção natural com estudantes do ensino médio, promovendo o protagonismo estudantil e analisando indícios de aprendizagem significativa nas relações que os estudantes estabelecem entre os conceitos científicos de seleção natural e os eventos observados na simulação.

Metodologia

Este estudo adota uma abordagem utilizando métodos de pesquisa qualitativa que busca compreender profundamente o grupo social estudado, produzindo informações

detalhadas e ilustrativas, seja em pequena ou grande escala. Pode utilizar dados numéricos sem se restringir a modelos quantitativos para compreender fenômenos e elaborar inferências (Poupart et al., 2008).

Características gerais da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida com 45 estudantes, entre 16 e 18 anos, de duas turmas do ensino Médio Integrado ao Técnico no Instituto Federal da Paraíba (IFPB). As turmas eram de cursos técnicos diferentes mas tinham as mesmas disciplinas da base comum, entre elas a disciplina biologia na qual foi desenvolvida a sequência sobre seleção natural. A sequência foi realizada de 21 de abril de 2021 a 22 de maio de 2021, como parte do 4 bimestre letivo de 2020, o atraso no calendário acadêmico foi devido a pandemia de COVID 19.

Todas as aulas foram realizadas via google meet e gravadas com autorização verbal dos presentes. Os encontros da disciplina aconteceram uma vez por semana, por 1 hora e 30 minutos. Para execução da sequência foram realizados 4 encontros. Os discentes eram 60% do sexo feminino e 40 % do sexo masculino, metade residia em Campina Grande e metade em municípios vizinhos, a maior parte deles na zona urbana, sendo 13 estudantes residentes em zona rural, o que limitava sua conexão com a internet.

Descrição da simulação

O objeto de aprendizagem (simulação computacional) utilizado foi o software de simulação conhecido como PhET (*Physics Educacional Technology*), esse projeto é associado à Universidade do Colorado (estadunidense) e idealizado por Carl Wieman, vencedor do prêmio Nobel de Física de 2001. O PhET oferece simulações nas mais diversas áreas como Matemática, Física, Biologia, Química e Ciências da Terra podem ser utilizadas desde o Ensino Fundamental até o Ensino Superior. As simulações estão disponíveis gratuitamente e podem ser utilizadas online ou serem baixadas para uso offline.

A simulação sobre seleção natural disponível no site PhET Interactive Simulations, é uma ferramenta educacional interativa que permite aos usuários explorar como a seleção natural atua sobre as populações ao longo do tempo. A simulação é projetada para ser intuitiva e visualmente envolvente, facilitando a compreensão dos conceitos fundamentais da evolução biológica. Inicia com um ambiente virtual onde vive uma população de coelhos que possuem diferentes características determinadas por seus genes dominantes ou recessivos, como cor de pelo, tamanho dos dentes e tipo de orelhas.

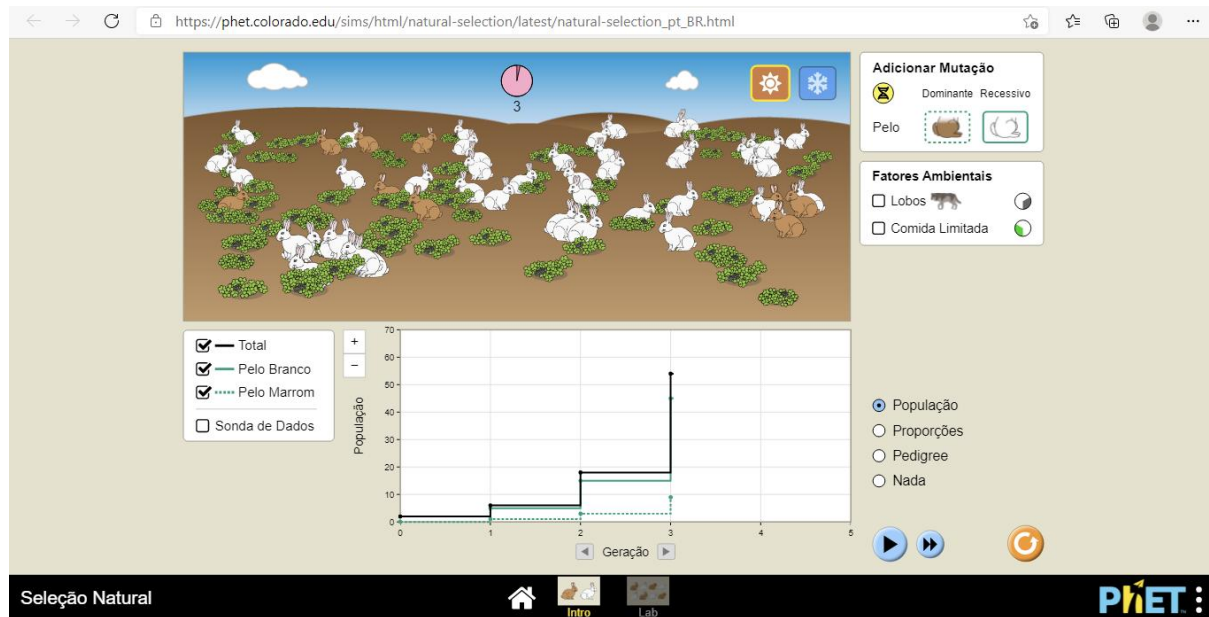
O usuário pode ajustar fatores ambientais que atuam como pressões seletivas, como a presença de predadores, disponibilidade de comida e mudanças na estação climática, que podem afetar a sobrevivência. Os coelhos sobreviventes têm a oportunidade de se reproduzir, passando suas características para a próxima geração. Ao longo de várias gerações, é possível

observar como a frequência das características na população muda em resposta às pressões seletivas (Macgarry, 2021).

A simulação fornece gráficos e dados em tempo real que mostram a mudança na distribuição das características e o tamanho da população, o que ajuda os usuários a visualizar e analisar os efeitos da seleção natural de forma quantitativa (Figura 1).

Figura 1.

Simulação computacional sobre seleção natural disponível no site PhET da Universidade do Colorado



Nota: Macgarry (2021)

Desenvolvimento da sequência didática

Inicialmente foi elaborado um roteiro para explicar passo a passo a execução da simulação. Ao verificar a autonomia dos estudantes, o primeiro momento foi assíncrono em que foi proposta a efetiva exploração do simulador, para manter o foco na exploração do conteúdo. Os alunos tiveram o prazo de uma semana para realizar a simulação antes da aula síncrona. No momento da aula síncrona, foi demonstrado como manipular o experimento virtual e os alunos puderam expressar suas dúvidas e dificuldades.

A avaliação da atividade aconteceu por meio de um questionário com perguntas discursivas específicas de dados do experimento e sobre os conceitos. O fator de seleção sugerido no roteiro foi a inserção de lobos para predação dos coelhos, o estudante tinha a liberdade de escolher quantas vezes aconteceriam a predação o que iria interferir diretamente nos resultados. Havia também uma sugestão de utilizar outra alternativa de “fator de seleção” que prevê a disponibilidade de alimentos e o tamanho dos dentes como variação entre os coelhos. Esta sugestão não era obrigatória, mas auxiliou a verificar quais alunos seriam mais curiosos e exploradores. As perguntas foram:

1. Após a predação dos lobos, quantos coelhos de cada cor sobreviveram? O que podemos concluir a partir desses dados? Explique com base na teoria de Darwin.

2. O ambiente favoreceu a sobrevivência da população de coelhos?

Os alunos entregaram as respostas do questionário através de uma atividade do google sala de aula (Figura 2).

Figura 2

Etapas da sequência de ensino usando a simulação virtual sobre seleção natural



Nota: Elaborada pelos autores

Análise de conteúdo

A fim de aprofundar e investigar as respostas desses estudantes na etapa de avaliação da sequência de ensino, utilizou-se a Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011) (figura 3). Desse modo, inicialmente foi realizada a pré-análise das respostas escritas pelos alunos fazendo uma leitura flutuante destas. A partir da leitura flutuante foram definidos os questionários que formariam o corpus da pesquisa. O corpus é o conjunto de documentos que serão submetidos à análise e sua constituição implica em escolha, seleção e regras (Bardin 2011). A seleção de questionários que compuseram o corpus obedeceu às regras da representatividade, pois mesmo com a exclusão de 5 questionários os 38 documentos escolhidos representavam os discentes. Os questionários que foram excluídos da análise foram plagiados por isso não correspondiam ao objetivo do estudo que era verificar os indícios de aprendizagem dessa forma não obedeciam à regra da pertinência. Seguindo a regra de exclusividade, um elemento não deve ser classificado em mais de uma categoria. Assim as respostas foram classificadas em categorias e subcategorias de acordo com o tema predominante na resposta, pois algumas delas envolviam mais de um tema.

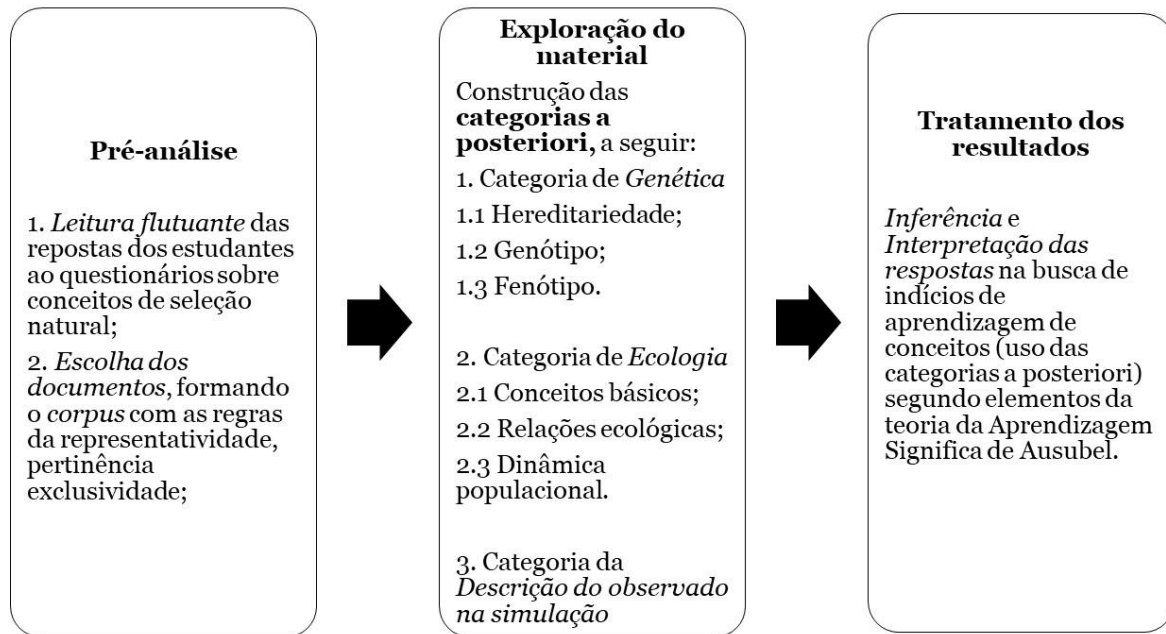
Na etapa de exploração do material o corpus foi estudado mais profundamente com o objetivo de estabelecer as unidades de registro e unidades de contexto. Segundo com Franco (2008) a Unidade de Registro é a menor parte do conteúdo, cuja ocorrência é registrada de acordo com as categorias levantadas. Os registros podem ser de distintos tipos que podem estar inter-relacionados: a palavra, o tema, o personagem, o item. Neste estudo foi estabelecido o tema como unidade de registro.

A última etapa foi a de tratamento dos dados, inferência e interpretação. A análise dos dados nesta última etapa teve como base a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel

(2003). As discussões dos resultados ocorreram após o surgimento das categorias que foram as interpretações dos dados. Neste estudo as categorias emergiram após a análise de conteúdo, já que não foram definidas a priori (BARDIN, 2011; FRANCO, 2008).

Figura 3

Etapas da análise do conteúdo das respostas dos estudantes



Nota: elaborado pelos autores

Resultados e Discussão

A execução da simulação permitiu investigar situações diversas. A situação inicial proposta no roteiro era de coelhos marrons e brancos num ambiente de verão com lobos como predadores, onde os discentes controlavam o momento em que os lobos atacavam. A simulação permitiu que os estudantes investigassem a situação proposta, elaborassem explicações para as causas de predação dos coelhos com pelagem marrom em terreno arenoso, foi possível exercitar a curiosidade ao alterar os fatores de seleção e verificar os diferentes resultados que estas provocavam e ainda comunicaram suas conclusões a partir da análise dos dados obtidos que variaram para cada um devido a forma como executaram a simulação. Estas competências trabalhadas ao executar a simulação e responder o questionário são abordadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) especialmente na competência geral da educação básica número 2 (Brasil, 2018).

Dos estudantes 38 executaram a atividade e entregaram as respostas do questionário, 34 no prazo de uma semana antes do encontro síncrono e quatro após o encontro síncrono, dois optaram por executar a atividade alternativa de elaboração de mapa conceitual por não conseguirem executar a simulação, devido a limitações nos seus aparelhos celulares. Após a

interação dos estudantes com o simulador virtual, buscou-se compreender a influência que os objetos de aprendizagem com destaque neste caso para as simulações interativas exerciam na motivação na aprendizagem dos participantes. Para Moran et al (2013) as tecnologias digitais, que potencializam o uso de metodologias ativas, podem colaborar para o desenvolvimento de estudantes mais ativos e responsáveis pelas suas aprendizagens.

Quanto à motivação, por meio do debate realizado no encontro síncrono após a realização da atividade, ficou claro o entusiasmo. Porém, a influência não se limitou ao entusiasmo. Apesar de existir um roteiro, que norteava o uso do simulador, em vários momentos os alunos buscavam explorar outros recursos disponíveis, como alterar os outros fatores e seleção disponíveis no simulador, mas que não estavam no roteiro. Como salienta Freire (1983), o conhecimento exige uma presença curiosa do sujeito face ao mundo. Assim, assumiram um papel mais ativo e protagonista que é fundamental para a construção do conhecimento.

O protagonismo do aluno abrange sua participação ativa na aprendizagem, a capacidade de tomar decisões e a habilidade para resolver problemas autonomamente (Azeredo & Jung, 2023). No primeiro momento da execução da simulação sobre seleção natural os discentes tinham a liberdade de decidir quando e quantas vezes iriam liberar os lobos predadores como fator de seleção natural, também podiam escolher alterar ou não os fatores limitação de comida e clima.

Segundo Ausubel (2003) na aprendizagem pela descoberta, o aprendiz deve em primeiro lugar descobrir este conteúdo, criando proposições que representem soluções para os problemas suscitados. As situações alternativas trazidas pelo simulador eram ambientes com neve em que se observava uma diminuição da população de coelhos marrons o que permitiu um debate sobre camuflagem. Ainda havia a opção de não colocar predadores mas usar a limitação de alimentos como fator seletivo e dentes longos ou curtos como variabilidade. 20 usaram além da situação proposta no roteiro a situação de ambiente com neve. Três estudantes usaram o alimento como situação alternativa à proposta pelo roteiro. Desta forma os estudantes criaram novos problemas, observaram e analisaram suas consequências, e elaboraram possíveis explicações com base no que haviam estudado anteriormente.

A metodologia de Análise de Conteúdo foi aplicada às respostas dos estudantes e a posteriori emergiram três categorias temáticas. A categoria Genética com as subcategorias hereditariedade, genótipo e fenótipo, a categoria Ecologia com as subcategorias conceitos básicos, relações ecológicas e dinâmica populacional e a categoria Descrição sem subcategorias (quadro 1).

Quadro 1.

Categorias e subcategorias que emergiram a partir das respostas dos discentes à questão "Após a predação dos lobos, quantos coelhos de cada cor sobreviveram? O que podemos concluir a partir desses dados? Explique com base na teoria de Darwin." Seguidas do número de contribuições dos estudantes e exemplo do discurso.

Categoria	Subcategoria	n	Exemplo de discurso
Genética	Hereditariedade	4	"a característica da pelagem branca vai sendo repassada para as próximas gerações "
	Genótipo	2	"...e por sua recessividade "
	Fenótipo	2	"sobreviveram pelas características físicas "
Ecologia	Conceitos básicos	4	"Isso ocorre por conta da cadeia alimentar "
	Relações ecológicas	14	"...todos os coelhos de pelagem marrom sobreviveram aos predadores... "
	Dinâmica populacional	2	"...na continuidade ou na extinção de dada linhagem populacional "
Descrição	-	10	"restaram 2 coelhos brancos e 25 coelhos marrons"

Nota: elaborado pelos autores

Na terceira e última etapa da análise de conteúdo, tratamento de dados, inferência e interpretação, as respostas foram analisadas com base na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003). Partindo do pressuposto que o uso da simulação seleção natural, como material potencialmente significativo, permitiria o desenvolvimento de uma aprendizagem superordenada em que o conceito potencialmente significativo (neste caso o conceito de seleção natural) seria mais geral e inclusivo do que os conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva como os conceitos relativos aos conteúdos de ecologia e genética.

Os conceitos de genética mais citados pelos alunos em suas respostas foram os de fenótipo, genótipo, variabilidade genética, hereditariedade e mutação. Os conceitos de ecologia foram os de camuflagem, predação, herbivoria, superpopulação, extinção de espécies. Os conteúdos de genética e ecologia já haviam sido estudados pelos discentes nos dois bimestres anteriores à execução da simulação. Assim pode-se perceber nas respostas que os discentes foram capazes de combinar estes conceitos prévios na interpretação da simulação executada. A recombinação desses elementos previamente existentes na estrutura cognitiva é referida por Ausubel como reconciliação integrativa, e é um dos processos que ocorrem durante a aprendizagem significativa (Moreira, 2006).

A subcategoria com maior número de contribuições foi a de predador com 14. O termo predador foi frequentemente citado de forma direta e indireta na maioria das respostas, mas devido à regra da exclusividade na análise de conteúdo um elemento não deve ser classificado em mais de uma categoria. A presença deste conceito nas respostas dos discentes dá indícios que este pode ser um dos aspectos da estrutura cognitiva existente mais relevantes para o novo material potencialmente significativo. Este conhecimento prévio é, para Ausubel (2003), o fator determinante do processo de aprendizagem.

Na subcategoria dinâmica populacional, dois alunos relataram observar a superpopulação dos coelhos devido ao baixo número de ataques dos lobos imposto na simulação, outro aluno impôs tantos eventos de ataque dos lobos que levou os coelhos à extinção. As respostas destes alunos destacaram a dinâmica populacional como fator relevante na seleção natural.

Entre as respostas, 28 estudantes conseguiram a partir da simulação responder às perguntas propostas no roteiro corretamente, seis deles além de responderem fizeram relação direta com o neodarwinismo. A Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo insere a Genética de Populações para explicar os processos evolutivos, nela a evolução pode ser explicada pelas mutações e pela recombinação genética, orientadas pela seleção natural (Souza et al, 2011). Dessa forma a própria teoria neodarwinista combina os conceitos propostos por Darwin aos conceitos genéticos de mutação e recombinação genética que não se encontravam na teoria de Darwin. A relação entre teoria de Darwin e Teoria sintética da evolução feita pelos alunos dá indícios de uma reconciliação integrativa. A reconciliação integrativa do ponto vista instrucional é referida por Ausubel (2003) como um princípio segundo o qual a instrução deve explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes.

A segunda questão (Quadro2) tinha o objetivo induzir o aluno a perceber a influência do ambiente sobre as alterações na população de coelhos. A categoria Ecologia recebeu o maior número de contribuições. Na resposta da maioria dos estudantes, o conceito de camuflagem apareceu de maneira explícita em diversos contextos.

O conceito de camuflagem se destacou provavelmente por ser bem ilustrado na simulação, quando um conceito é representado em uma imagem, ele se torna mais concreto. Um discente além de comentar sobre a camuflagem observada na simulação, relacionou com a camuflagem que acontece em cobras que vivem na Caatinga, bioma em que reside o discente. Essa relação pode ser explicada segundo Ausubel (2003) por meio da ancoragem de novos conhecimentos em conceitos já existentes na sua estrutura cognitiva.

Quadro 2.

Categorias emergentes da questão “O ambiente favorece a sobrevivência da população? ”, número de estudantes que contribuíram para esta categoria e exemplos de discurso.

categoria	n	exemplo de discurso
Genética	2	"tendo em vista que a mutação de pele marrom favorece a sobrevivência da espécie"
Ecologia	26	"os coelhos marrons ficam camuflados e os coelhos brancos ficam mais visíveis"
Descrição	10	"todos os coelhos brancos foram devorados pelos lobos e os marrons sobreviveram"

Nota: Os autores (2024)

Nesta segunda questão, a categoria genética recebeu apenas duas contribuições. Apenas 2 dos estudantes destacaram a mutação da cor do pelo como fator que favoreceu a sobrevivência da espécie. Mesmo que na simulação a mutação favoreça a camuflagem no ambiente esta relação não ficou explícita nas respostas destes alunos.

Leal et al (2019) ao pesquisar o conhecimento genético em alunos do ensino médio encontrou um conhecimento superficial deste conteúdo. O ensino de Genética no ensino médio é considerado um dos componentes curriculares mais desafiadores para os estudantes compreenderem (Thörne, 2013). Contornar este quadro é um desafio para o ensino científico e biológico, não apenas para formar novos cientistas, mas para que os indivíduos tenham criticidade com os conteúdos biológicos (Leal et al 2019).

Uma terceira categoria emergiu após a análise, a categoria "Descrição". Essa categoria recebeu 10 contribuições tanto na primeira quanto na segunda questão, e foi identificada como descrição, pois as respostas desse grupo de estudantes se limitaram a descrever o que observaram na simulação sem fazer nenhuma interpretação. Ou seja, não conseguiram elaborar respostas que evidenciam aprendizagem significativa. Para os estudantes aprenderem

Biologia, incluindo seleção natural, é necessário vencer muitas dificuldades como desenvolver flexibilidade cognitiva, diversas habilidades de processar as informações (Eilam e Reiter 2014). Na ausência dessas competências, surgem equívocos e prevalece a memorização com o intuito de obter aprovação nas séries escolares, resultando em uma superficialidade no entendimento de cada conteúdo (Tardif & Lessard, 2014).

Esse tipo de resposta seria melhor explicado pela aprendizagem mecânica, em que a nova informação terá pouca ou nenhuma associação aos conceitos relevantes existentes (Lourenço et al 2012). Essa aprendizagem também acontece de maneira literal, o aluno aprende exatamente como foi falado ou escrito, sem margem para uma interpretação própria. A aprendizagem acontece como produto da ausência de conhecimento prévio relacionado e relevante ao novo conhecimento a ser aprendido. Entretanto, os conceitos aprendidos mecanicamente podem tornar-se muito mais significativos à medida que o conhecimento se expande (Braathen, 2012).

Verificou-se com esse resultado que a simulação computacional interativa, assim como qualquer outra tecnologia de informação e comunicação aplicada ao ensino, não assegura a aprendizagem quando utilizada sem orientação. O professor deve atuar como organizador e mediador, apresentando problemas vinculados ao cotidiano e valorizando as concepções prévias dos alunos para promover uma aprendizagem significativa dos conceitos fundamentais (Sampaio, 2017). Cravos e Espartosa (2020), ao avaliarem a simulação objeto deste estudo, enfatizaram a importância do papel do professor como mediador para superar deficiências no processo de compreensão da simulação e nas inferências feitas pelos estudantes a partir dela. Murtini et al (2024) ao analisarem o uso de simulação de seleção natural concluíram que a educação por investigação guiada é eficiente em promover a aprendizagem do aluno com base em experiências pessoais usando meios de simulação PhET.

Considerações finais

A utilização da simulação virtual permitiu aos discentes observar o processo de seleção natural acontecer em gerações sucessivas e manipular os fatores que atuam sobre ela, o que permitiu que eles elaborassem suas próprias conclusões sobre o que observavam promovendo assim o protagonismo discente. Os fatores envolvidos na simulação permitiram que os discentes fizessem combinações com conceitos de ecologia e genética, já presentes em sua estrutura cognitiva, o que caracteriza um indício de aprendizagem significativa na maioria dos discentes analisados. A simulação tornou o processo educativo lúdico e prazeroso, despertando o interesse dos estudantes.

O uso de tecnologias da informação e comunicação neste caso especificamente o uso de simulação virtual interativa sobre seleção natural, mostrou-se uma estratégia importante para auxiliar o processo de aprendizagem podendo ser utilizada em diferentes modelos de ensino, tanto no ensino presencial com acompanhamento do professor na sala de informática, quanto

no ensino híbrido ou remoto permitindo aos alunos a manipulação da simulação guiada por um roteiro previamente elaborado pelo professor como forma de atividade de revisão ou mesmo como contextualização para iniciar uma discussão em sala de aula seja esta presencial ou virtual.

Recomenda-se, para pesquisas futuras, explorar mais profundamente a teoria de Ausubel, a fim de avaliar a retenção de conhecimento ao longo de períodos mais extensos, especialmente quando se empregam recursos tecnológicos, como simulações computacionais. A aprendizagem significativa e efetiva tem o potencial de permanecer no cognitivo por períodos prolongados, em comparação aos conceitos assimilados por métodos tradicionais.

REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva* (L. Teopisto, Trad.). Rio de Janeiro: Editora Interamericana.
- Arruda, E. (2020). Educação remota emergencial: elementos para políticas públicas na educação brasileira em tempos de Covid-19. *EmRede-Revista de Educação a Distância*, 7(1), 257-275.
- Azeredo, I., & Jung, H. S. (2023). O protagonismo no processo de aprendizagem: percepções de estudantes. *Revista Internacional De Pesquisa Em Didática Das Ciências E Matemática*, e023018. <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/1496>
- Bardin, L.(2011) *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70
- Braathen, P. C. (2012). Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química. *Revista eixo*, 1(1), 63-69.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018) Base Nacional Comum Curricular. Brasília, https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal.pdf
- Cardoso, S. O. de O., & Dickman, A. G. (2012). Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, 29, 891–934. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp2p891>
- Cravo, A. R., Espatosa, K. D. (2021) Avaliação de simulações interativas em ciências da Plataforma on-line “Phet” por meio de parâmetros de avaliação e de oficinas com futuros docentes. *Revista de Ensino de Biologia da Sbenbio*, [S.L.], pp. 645-666, <http://dx.doi.org/10.46667/renbio.v14i1.389>.

- Eilam, B., Reiter, S. (2014) Long-term self-regulation of biology learning using standard junior high school Science curriculum. *Science Education*. v 98 (04), pp. 705-737
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.21124>
- Franco, M. L. P. B.(2008) *Análise de conteúdo* 3. ed. Brasília: Líber Livro, 2008.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- Ferri, K. C. F., Küster, E. O., & Nascimento, S. S. B. (2015). Ensinar Ciências – Recursos Pedagógicos para a Aprendizagem em Ciências no Ensino Fundamental II. In III Seminário de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 12., 2015, Jataí. Anais... (pp. 344-350). Jataí, IFPI Goiás.
- Horn, M. B., & Staker, H. (2015). *Blended: Usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação*. Porto Alegre: Penso.
- Leal, C., Meirelles, R., & Rôças, G. (2019). O que estudantes do ensino médio pensam sobre genética? Concepções discentes baseadas na análise de conteúdo. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, 5(13), 71-86.
<https://doi.org/10.21920/recei720195137186>.
- Lemos, P. B. M. (2020). Auxiliando dificuldades de aprendizagem apontadas por alunos do ensino médio por meio de objetos virtuais de aprendizagem. *Revista de Ensino de Biologia da SBENBIO*, 13(1), 3-21. <https://doi.org/10.46667/renbio.v13i1.265>.
- Lemos, E. D. S., & Moreira, M. A. (2011). A avaliação da aprendizagem significativa em biologia: um exemplo com a disciplina embriologia. <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/16650>
- Lourenço, A. B., Hernandez, A. C., Costa, G. G. G., & Hartwig, D. R. (2012). Implementação e avaliação de um curso sobre matéria e suas transformações baseado na teoria da Aprendizagem Significativa: uma análise a partir de mapas conceituais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12(1), 117-137.
- MacGarry, A., et al. (2021). PhET Interactive Simulation: Seleção Natural. Universidade do Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/natural-selection Acesso em: 16 setembro 2021.
- Moran, J. M., Behrens, M. A., & Masetto, M. T. (2013). Novas tecnologias e mediação pedagógica. *Educação*, 21, 36-46.
- Moreira, M. A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.
- Murtini, I., Mawartiningsih, L., & Cintamulya, I. (2024). Improving Students' Cognitive Understanding of Natural Selection Topics Through PhET Simulations. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(3), 566-571.

- Poupart, J., Deslauriers, J. P., Groulx, L. H., Laperrière, A., Mayer, R., & Pires, A. (2008). A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos (A. C. Nasser, Trans.). Petrópolis: Vozes.
- Sampaio, I. da S. (2017). O simulador PhET como recurso metodológico no ensino de reações químicas no primeiro ano do ensino médio com aporte na teoria de Ausubel (Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Roraima). <https://uerr.edu.br/ppgec/wp-content/uploads/2018/05/Dissertação-Iracilma.pdf>.
- Souza, I. R., de Toni, D. C., & Cordeiro, J. (2011). *Genética evolutiva*. Biologia/EAD/UFSC.
- Souza, R. F. de. (2008). A cura: uma simulação da seleção natural na espécie humana. *Genética Na Escola*, 3(2), 20–23. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2008.67>
- Tardif, M., & Lessard, C. (2014). *O trabalho docente: Elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas* (J. B. Kreuch, Trad.). 9ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes.
- Thörne, K., Gericke, N. M., & Hagberg, M. (2013). Linguistic challenges in Mendelian genetics: Teachers' talk in action. *Science Education*, 97(5), 695-722. <https://doi.org/10.1002/sce.21075>
- Vieira, C. A., & Silva, A. F. da. (2017). A história e a química das especiarias: Experiência de aula interdisciplinar para estudantes do ensino médio. *Revista Brasileira de Educação e Cultura*, (16), 57-70.