

Evocação do pensamento metacognitivo no ensino de biologia com conceitos matemáticos

RESUMO

O objetivo deste artigo é problematizar as concepções e vivências de estudantes do Ensino Médio de uma escola Estadual do município de Rubim/MG, quanto ao desenvolvimento de aulas de Biologia com aplicação de conceitos matemáticos e evocação do pensamento metacognitivo dos estudantes. A pesquisa foi qualitativa com princípios da *Design-Based Research* (DBR), combinada com os pressupostos da fenomenologia preconizados por Gil (2008). Utilizou-se Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2016) para estudo das produções escritas no desenvolvimento de uma sequência didática. Considerou-se as expressões gravadas e as respostas discursivas, ou seja, as comunicações, para descrever o conteúdo das mensagens e indicadores (quantitativos ou não). Os resultados trazem que as aplicações matemáticas no ensino de Biologia com evocação do pensamento metacognitivo no Ensino Médio podem proporcionar aos estudantes uma compreensão das conexões entre a Matemática e os fenômenos biológicos, capacitando-os a fazer julgamentos fundamentados sobre seus estudos, promovendo a criatividade e a reflexão do processo de aprender a aprender.

PALAVRAS-CHAVE: Metacognição; Ensino de Biologia Conhecimento matemático.

Evocation of metacognitive thinking to teaching biology with mathematical concepts

ABSTRACT

The objective of this article is to problematize the conceptions and experiences of high school students at a State school in the municipality of Rubim/MG regarding the development of Biology classes with the application of mathematical concepts and evocation of students' metacognitive thinking. The research was qualitative with principles of Design-Based Research (DBR), combined with the assumptions of phenomenology advocated by Gil (2008). Content Analysis proposed by Bardin (2016) was used to study the written productions in the development of a didactic sequence. Recorded expressions and discursive responses, that is, communications, were considered to describe the content of the messages and indicators (quantitative or not). The results show that mathematical applications in the teaching of Biology with the evocation of metacognitive thinking in high school can provide students with an understanding of the connections between Mathematics and biological phenomena, empowering them to make informed judgments about their studies, promoting creativity, and reflecting on the process of learning to learn.

KEYWORDS: Metacognition; Teaching Biology; Mathematical knowledge.

Erinaldo Francisco Reis

erinaldo.reis@universo.univates.br
orcid.org/0000-0002-7269-2355

Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais (SEEMG), Rubim, Minas Gerais, Brasil

Glauber Pacheco Arêas

glauberareas@hotmail.com
orcid.org/0000-0002-4701-4923

Faculdade Multivix, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil

Andreia A. Guimarães

Strohschoen

aaguim@univates.br
orcid.org/0000-0002-4273-9933

Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil

INTRODUÇÃO

Os contextos educacionais passam por transformações que remetem a pensar nas práticas educativas. Nessa perspectiva, é preciso atentar para as metodologias que são empregadas nos processos de ensino e de aprendizagem. Dentro desse pensamento pode-se destacar as formas de ensinar e as formas como os estudantes aprendem a aprender, o que leva a pensar em metacognição ou evocação do pensamento metacognitivo. De acordo com Xavier, Peixoto e Veiga (2021), a metacognição pode ser entendida como uma tecnologia educacional que pode ser utilizada para atuar na estimulação da consciência e gerência dos processos cognitivos, de maneira que favoreça a autonomia do aprendiz para a busca da valorização, tanto do processo de ensino quanto do processo de aprendizagem.

Rosa e Meneses Villagrá (2018) salientam que a metacognição pode ser favorecedora da aprendizagem, quando se possibilita aos estudantes regular e controlar seu pensamento, pois nem todos os sujeitos conseguem evocá-la espontaneamente, necessitando de situações explícitas para isso. Considerando-se essa premissa, percebe-se a relevância de atividades para estudo de Biologia no Ensino Médio, com possibilidade de provocar os estudantes a evocarem os pensamentos metacognitivos.

Assim, buscou-se responder quais os aspectos das concepções e vivências dos estudantes do Ensino Médio que podem ser importantes quando se recorre à evocação do pensamento metacognitivo para estudar Biologia, com aplicação de conceitos matemáticos. Nesse viés, neste artigo propõe-se relatar aspectos das concepções e vivências de estudantes do Ensino Médio de uma escola Estadual do município de Rubim/MG, relacionadas ao desenvolvimento de parte de uma sequência didática (SD) com atividades para o ensino de Biologia, que necessitam de aplicação de conceitos matemáticos. Além disso, intenciona-se apresentar situações que foram observadas, analisadas e interpretadas sob a óptica da metacognição.

REFERENCIAL TEÓRICO

Pensando-se em estratégias que visam à qualificação dos processos de ensino e de aprendizagem, a utilização da metacognição, ou seja, da promoção de possibilidades para evocação do pensamento metacognitivo pelos estudantes, tem se mostrado relevante, conforme diferentes pesquisas. Segundo Santos e Rosa (2021, p. 4),

na operacionalização em contexto educativo, encontramos que a compreensão da metacognição tem sido assinalada desde duas componentes e seus respectivos elementos metacognitivos: conhecimento do conhecimento (conhecimento metacognitivo), envolvendo as variáveis pessoa, tarefa e estratégia; controle executivo e autorregulador (habilidades metacognitivas), relacionados a planejamento, monitoramento e avaliação. Essa compreensão, que traz as experiências metacognitivas como aspecto que perpassa as duas componentes citadas, tem subsidiado pesquisas direcionadas a qualificar o processo de aprendizagem em Ciências.

Conforme Xavier, Peixoto e Veiga (2021), mesmo as pesquisas apontando que há uma compreensão do fenômeno metacognitivo, e para a ampliação de

suas fronteiras, ainda se percebe pouco avanço no que diz respeito ao favorecimento do trabalho do professor em sala de aula. Nesse contexto, são relevantes as propostas que problematizam essa ideia.

Sabe-se que existem diversos pensamentos para conceituar metacognição. No tocante a isso, os primeiros registros foram apresentados por John Flavell na década de 70 e se referem aos pensamentos e conhecimentos que os indivíduos possuem sobre seus próprios processos cognitivos e a habilidade de controlar esses processos, organizando, monitorando e modificando-os para realização de objetivos concretos (Sousa *et al.*, 2019). Conforme explicam Santos e Rosa (2021), metacognição envolve o conhecimento que o sujeito tem sobre seus próprios conhecimentos e a capacidade dada aos processos de regulação do controle executivo.

Certamente, esses conceitos podem parecer tratados da mesma forma, entretanto, salienta-se que há diferenças no entendimento do termo metacognição. Segundo Rosa e Schmitz (2020), isso advém da falta de referencial teórico capaz de dar sustentabilidade à definição, principalmente no campo da Educação. Para as autoras, tais diferenças ficam por conta das aproximações realizadas pelos autores quando se servem do termo. Talvez seja na aproximação com diferentes áreas que os autores acabam por empregar elementos que promovem diversas possibilidades de definições a esse construto. Portanto, para o trabalho em questão, seguiu-se a ideia de Rosa (2014), para sustentar o conceito a partir do que foi coletado e analisado na intervenção. Assim, de modo geral, se refere à habilidade de refletir sobre uma tarefa específica como por exemplo, calcular, pensar, tomar uma decisão, selecionar e usar o melhor método para resolver essa tarefa.

Considerando-se isto, observa-se como é importante levar em conta no trabalho docente o uso de atividades que tragam em si a possibilidade de se recorrer à metacognição, melhor dizendo, aos pensamentos metacognitivos. De acordo com Rosa e Meneses Villagrà (2020, p. 62), “é promissor pensar em estratégias que possam ser usadas por professores e, conseqüentemente, atividades orientadas para os estudantes, visando a um autoconhecimento na forma como se ensina e, respectivamente, como se aprende a aprender”.

Segundo Rosa e Meneses Villagrà (2020), pode-se associar a metacognição com a tomada de consciência do sujeito sobre os seus próprios pensamentos, ou seja, trata-se de um pensar sobre o pensar. Para Xavier, Peixoto e Veiga (2021, p. 6), “a metacognição, é um termo amplo, utilizado para descrever o conhecimento que construímos sobre como nós percebemos, recordamos, pensamos e agimos, sob diferentes aspectos”. Estes autores reportam ainda, que se trata da capacidade de sabermos sobre o que sabemos. Desse modo, entende-se que as estratégias utilizadas em sala de aula necessitam ser repensadas. Para Cleophas e Francisco (2018), é importante pensar em estratégias que possam ser usadas por professores com atividades para os estudantes, para promover autoconhecimento e reflexão em como se aprende. Nessa ideia, os autores trazem a perspectiva de que as estratégias metacognitivas devem ser incorporadas por professores e estudantes em todos os níveis educacionais.

Para o professor, essa incorporação pode ser intencional, desde que ele conheça os benefícios da metacognição, e, para o aluno, ela seria resultado da apreensão metacognitiva do professor com vistas à aprendizagem autorregulada do aluno (Cleophas & Francisco, 2018, p. 11).

Xavier, Peixoto e Veiga (2021) ressaltam que o uso de qualquer estratégia em sala de aula, precisa partir do princípio da necessidade de transpor um conhecimento científico, para um saber a ser ensinado, ou seja, o saber escolar. Desse modo, é importante compreender os processos metacognitivos que, segundo Cleophas e Francisco (2018), são aqueles que permitem aos professores identificar e avaliar as melhores estratégias de ensino que promovam uma aprendizagem mais duradoura e produzam resultados mais eficazes nas suas ações de ensino.

Ainda de acordo com Xavier, Peixoto e Veiga (2021), a metacognição na forma de estratégias metacognitivas pode ser classificada como estratégia de aprendizagem quando o foco do ensino é centrado no estudante. Sua atuação como ferramenta de ensino é projetada para facilitar para os estudantes o uso, armazenamento e pesquisa de informações. Desse modo, promove no aprendiz uma compreensão do monitoramento, regulação e planejamento da própria mente. Isso influencia o processo de aprendizagem de uma forma que armazena esse conhecimento, levando os aprendizes ao autoconhecimento sobre seu próprio processo de aprendizagem.

Corroborando com esse pensamento, Sousa *et al.* (2019) argumentam que as estratégias metacognitivas de aprendizagem são ações e meios pelos quais o sujeito recorre e que influenciam a aquisição e a utilização de conhecimentos por meio da ativação, do controle e da regulação dos processos cognitivos. Nesse viés, entende-se que o papel do professor é fundamental. Assim, ao pensar em organizar atividades para a sala de aula, o professor precisa buscar planejar e desenvolver atividades com possibilidade de instigar a curiosidade, a motivação, o raciocínio e o interesse, levando o estudante a associar os conteúdos ao seu processo de construção do conhecimento. Além disso,

o professor deve estimular o controle e a regulação dos processos cognitivos relacionados à aprendizagem, para que os estudantes sejam capazes de reconstruir o conhecimento, pensar, planejar, monitorar e avaliar os seus próprios pensamentos, durante o processamento da informação [...](Sousa *et al.*, 2019, p. 203).

Portanto, se houver em sala de aula a possibilidade de os estudantes utilizarem os seus pensamentos metacognitivos, poderá haver construção ou reconstrução do conhecimento. Vale lembrar que é preciso considerar que os estudos envolvendo o uso da metacognição associado às estratégias didáticas têm encontrado problemas, pois se faz necessária a compreensão da sua definição, especificação de objetivos e aproximações peculiares às áreas de estudo, de maneira que ao evocar seus pensamentos os estudantes consigam utilizá-los para regulação das suas aprendizagens.

CAMINHOS PERCORRIDOS

Neste artigo faz-se o relato das concepções e vivências de estudantes do Ensino Médio de uma Escola Estadual do município de Rubim/MG, relacionadas

ao desenvolvimento de uma sequência didática (SD) que constituiu um produto educacional elaborado no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências Exatas, de uma instituição do Rio Grande do Sul, no qual o primeiro autor realizou a pesquisa.

A SD a que se refere foi organizada em conformidade com a perspectiva da *Design-Based Research* (DBR), levando-se em consideração os elementos: professor, estudantes, mundo material e o conhecimento científico (Kneubil & Pietrocola, 2017). Também se levou em conta a dimensão epistêmica relacionada aos conteúdos científicos da SD, aos problemas oriundos do mundo material que fundamentaram a prática científica e ao contexto histórico. Para a dimensão pedagógica levou-se em conta os aspectos relacionados ao papel do professor, as interações entre professor-estudante e estudante-estudante. Considerou-se ainda os processos de elaboração, os métodos e a validação do conhecimento científico e sua significação com o mundo real. Ressalta-se que cada dimensão consistiu em uma iteração.

A SD foi organizada em dois blocos de atividades para o ensino de Biologia. Dessa maneira, neste texto reporta-se acerca das atividades da Unidade 2, que foi denominada de *Genetic Equilibrium* – Princípio de Hardy-Weinberg, na qual cada aula foi identificada da seguinte forma: Aula 1 - População Conjectural – Calculando equilíbrio; Aula 2 - Se há panmixia na população, Hardy-Weinberg para calcular frequências; Aula 3 - *Pan miscere* – Cruzamento de diferentes genótipos. Como a pesquisa realizada tem foco no ensino de Biologia mediado por conceitos matemáticos, as atividades aqui descritas direcionam para aspectos da Biologia que necessitam do uso de cálculos, para serem estudados no Ensino Médio.

A abordagem que se propôs foi na perspectiva da pesquisa qualitativa e com princípios da DBR. No sentido de seguir os princípios da DBR, buscou-se desenvolver aplicações práticas e soluções explicitamente voltadas para a prática e a inovação da práxis pedagógica (Matta *et al.*, 2014). O desenvolvimento das atividades norteou-se por princípios de *design* e métodos baseados em teoria de modo a serem validados por meio da pesquisa e, para oferecer contribuições palpáveis para a prática docente (Nicholson, 2021). Além disso, considerou-se o caráter intervencionista da DBR, por possibilitar intervir no campo da práxis pedagógica para elaborar um produto educacional como material didático; por trazer condição de validar os resultados de todo o processo colaborativamente; pelo caráter iterativo que se baseia em ciclos de estudo, de análise, projeção, aplicação, resultados a serem reciclados posteriormente, quando for necessário e possível (Matta *et al.*, 2014 & Amaral, 2019).

Como a abordagem da DBR traz a possibilidade de combinar teorias, fez-se também uso da perspectiva da pesquisa qualitativa fenomenológica preconizada por Gil (2008). Desse modo preocupou-se em mostrar e esclarecer o que foi observado, ou seja, a realidade foi o compreendido, o interpretado e o comunicado pelos estudantes participantes da intervenção realizada.

Para a análise, recorreu-se à aproximação com a Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2016). Dessa forma, considerou-se as expressões dos estudantes, respostas das questões discursivas, ou seja, suas comunicações para descrever do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que

permitiram a inferência de conhecimentos relativos às condições de recepção/produção (variáveis inferidas) dessas mensagens. As comunicações dos estudantes foram registradas e interpretadas a partir das gravações realizadas e das respostas discursivas apresentadas por eles nas atividades. As figuras e gráficos mostrados neste artigo foram aqueles selecionados para elucidar o registro da pesquisa desenvolvida junto ao referido Programa de Pós-graduação. Desse modo, apresentam-se neste texto as ideias que foram originadas a partir das observações e interpretações realizadas no desenvolvimento das tarefas propostas pelo docente aos estudantes.

O trabalho envolvendo as atividades ocorreu com os estudantes organizados em grupos. Neste texto, para preservar o anonimato dos estudantes apenas traz-se como identificação o grupo de que o estudante mencionado fez parte, com o indicativo G1, G2, G3, G4 e G5. Para o trabalho com os estudantes, seguiu-se buscando dinamizar as aulas dando possibilidade e oportunidade de evocação do pensamento metacognitivo, por meio de questionamentos e mediação instigadora para reflexão do processo de aprender. As atividades dos estudantes foram recolhidas para análise do desenvolvimento de cada aula que foram registradas e interpretadas como se relata neste artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No desenvolvimento das atividades das aulas em descrição, foi realizada uma mediação de maneira que os estudantes conseguissem prosseguir com os estudos anteriores da SD, que já haviam ocorrido. Assim, na Aula 1 do Bloco 2 das atividades da SD, com o nome de População Conjectural – Calculando equilíbrio, utilizou-se mapas conceituais (MC) para auxiliar nas discussões e compreensões dos estudantes acerca da relação da Matemática com a Biologia no estudo do Princípio Hardy-Weinberg.

Os pesquisadores, Paulo Neto e Macedo (2023), afirmam que o uso de MC como instrumento avaliativo desempenha um papel relevante no processo educacional, proporcionando uma abordagem visual e estruturada para a representação do conhecimento dos alunos. Dessa forma, os mapas conceituais utilizados foram elaborados de maneira a dinamizar a aula. Assim, os mapas traziam em si *links* para acesso a imagens, as fórmulas e para vídeos, o que auxiliou nas discussões.

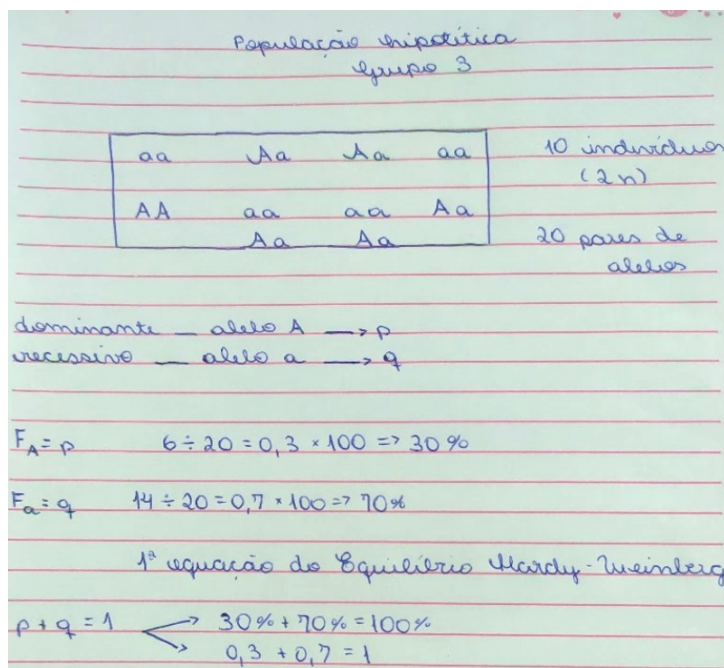
Como o objetivo da Aula 1 foi promover a compreensão da ideia central do Princípio Hardy-Weinberg e a sua aplicabilidade matemática, propôs-se a criação de população hipotética representada por 10 pares de alelos, que foi realizada a partir da criatividade dos estudantes nos grupos. Os estudantes responderam ao questionamento de quantos alelos haviam na população representada e, para responderem qual era a frequência dos alelos, sugeriu-se que levassem em consideração a frequência (gênica) do alelo A (p) e do a (q), pensando em dominância e recessividade, para demonstração da 1ª equação do princípio citado.

De início, os estudantes se questionaram sobre como fazer a representação. Nesse contexto, houve uma mediação instigando a pensar na Matemática. Orientou-se para que pensassem na frequência e que poderia ser calculada a

média. Assim, os estudantes entenderam e calcularam a média das frequências dos alelos das populações que representaram com os respectivos percentuais. Dessa forma, compreenderam e escreveram a 1ª equação do Princípio Hardy-Weinberg que é $p + q = 1$, conforme exemplificado na Figura 1.

Figura 1

Demonstração da 1ª equação do Princípio Hardy-Weinberg realizada pelos estudantes, a partir de uma população hipotética



Fonte: Arquivo do autor (2022).

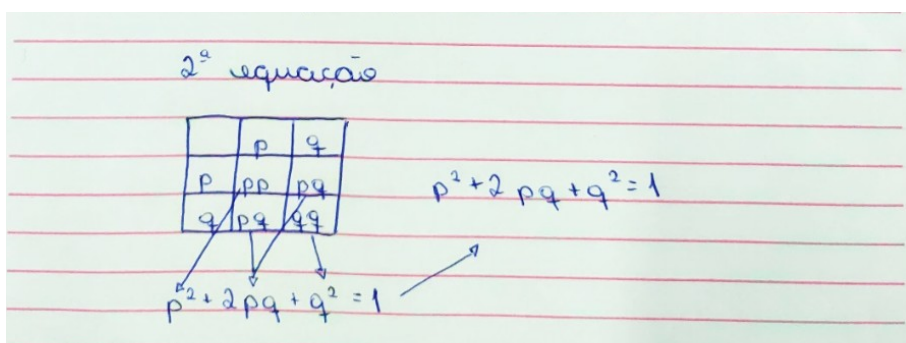
Na análise, considerou-se os fundamentos do conceito de metacognição apresentado por Rosa (2014) e da Análise de Conteúdo sugerida por Bardin (2016). Portanto, interpretou-se que quando os estudantes se questionavam como conseguiriam fazer a representação mostrada na Figura 1, estavam evocando pensamento metacognitivo. Também foi compreendido que estavam refletindo sobre a tarefa e planejando a sua execução quando argumentaram: “Tem que somar o que encontramos para p e para q... vocês acham que precisa colocar a porcentagem dos alelos? Ah! Vamos colocar... (G3)”. Em consonância com as ideias de Rosa (2014), questionamentos metacognitivos são considerados orientativos para reflexão na proposta em estudo, além de a motivação representar também um aspecto significativo. Nesse sentido, a exposição oral pode permitir que os colegas reflitam sobre a forma de pensar daquele que a expõe, apontando-lhe possíveis revisões, confronto de resultado (Rosa, 2014). Isso representa a possibilidade de consolidação de um processo de qualificação da aprendizagem.

Seguindo-se para a execução da segunda parte da tarefa, para a compreensão dos estudantes, de maneira que pudessem utilizar o conhecimento prévio, instigou-se para que pensassem em cruzamentos genéticos e que

utilizassem o Quadro de Punnett. Todos os grupos conseguiram concluir a tarefa. Percebeu-se que compreenderam como ocorre a geração da 2ª equação do Princípio de Hardy-Weinberg, a exemplo da Figura 2. Todavia, ao serem solicitados a pensar a que aplicação matemática a equação estava associada, nenhum dos grupos conseguiu perceber que ela está fundamentada no conceito dos Produtos Notáveis. Entretanto, ao se explicar e realizar questionamentos para o grupo com a ideia desse conceito, alguns estudantes mencionaram aspectos sobre ele. Compreendeu-se que as falas dos estudantes sobre o assunto favoreceram as condições para evocarem o pensamento metacognitivo.

Figura 2

2ª equação do Princípio Hardy-Weinberg gerada pelos estudantes participantes da pesquisa



Fonte: Arquivo do autor (2022).

De acordo com Rosa e Rosa (2016), quando há possibilidade da inserção de momentos explícitos de evocação do pensamento metacognitivo, com o desenvolvimento do trabalho em grupo, propicia-se que os estudantes recorram a essa forma de pensamento e desenvolvam a capacidade de autorregulação da aprendizagem, que se manifesta como capacidade de planejar as atividades mentais. Para Nora; Broietti e Corrêa (2021, p. 71), “a partir do momento em que se identificam as melhores estratégias cognitivas para si, atinge-se a tomada de consciência, o que é um exercício metacognitivo”.

Na Aula 2 da Unidade 2, com o título: Se há panmixia na população, Hardy-Weinberg para calcular frequências, foi uma continuidade das atividades relacionadas à população hipotética que os estudantes criaram e que já haviam realizado anteriormente uma tarefa com as informações. Para seguir com o estudo, foi solicitado que calculassem a frequência genotípica dos alelos da população, se utilizando da aplicação matemática da equação do Princípio de Hardy-Weinberg (Figura 3).

Figura 3

Aplicação matemática da equação do Princípio de Hardy-Weinberg realizada pelos estudantes

$p = 0,3$
 $q = 0,7$
 $p^2 + 2pq + q^2 = 1$
 $(0,3)^2 + 2(0,3 \cdot 0,7) + (0,7)^2 = 1$
 $0,09 + 2 \cdot 0,21 + 0,49 = 1$
 $0,09 + 0,42 + 0,49 = 1$

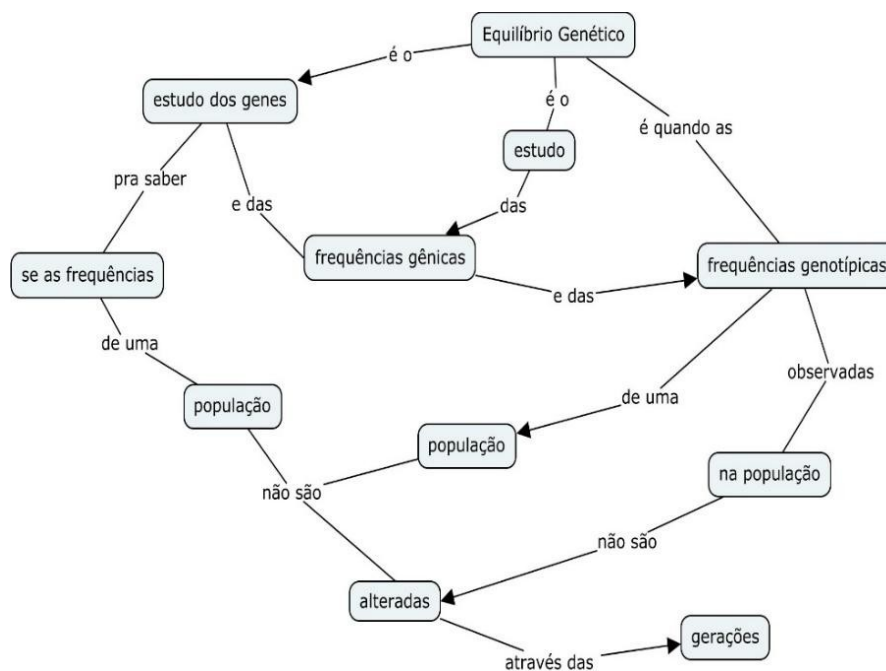
Fonte: Arquivo do autor (2022).

Nesta tarefa apontada na Figura 3, todos os grupos conseguiram realizar o cálculo e concluir a atividade estabelecendo relação com a equação que foi elaborada na atividade anterior, quando utilizaram o Quadro de Punnett. Isto levou a acreditar que haviam compreendido o fundamento dessa aplicação matemática. E, buscando-se incentivar os estudantes a se expressarem a respeito do estudo que realizaram, foi proposto que elaborassem um mapa conceitual (Figura 4) a partir da questão: “O que aprendi acerca do equilíbrio genético utilizando o Princípio Hardy-Weinberg?”

Ressalta-se que o mapa conceitual apresentado para elucidar, foi transcrito utilizando-se da ferramenta *CmapTools*, para melhor visualização e compreensão.

Figura 4

Mapa conceitual elaborado pelos estudantes do G1



Pela representação, o MC destaca como o aluno arquiteta seu conhecimento sobre o conteúdo estudado (Paulo Neto & Macedo, 2023). Notou-se que os estudantes conseguiram mostrar no MC as ideias centrais do conceito de equilíbrio genético, relacionadas ao Princípio Hardy-Weinberg: estudo das frequências gênicas e genotípicas; frequências gênicas e genotípicas não alteradas em uma população; frequências dos genes não alteradas através das gerações. Nesse viés, interpretou-se que a maioria dos estudantes soube externalizar seus conhecimentos de forma satisfatória, demonstrando um domínio conceitual. Como assevera Oliveira (2020), o princípio de Hardy-Weinberg traz que na ausência de fatores evolutivos, as frequências gênicas se mantêm constantes em uma população teórica.

Entendeu-se que ficou evidenciada uma resposta simples, mas que expressou o que foi, talvez, aprendido. Desse modo, parece estar clara a ideia de que essa ferramenta traz potencial de assentar o estudante no centro do processo de ensino, com oportunidade de atuar como protagonista da sua própria aprendizagem, uma vez que essa construção instiga a reflexão sobre suas ideias e possibilitou representá-las por meio da relação conceitual.

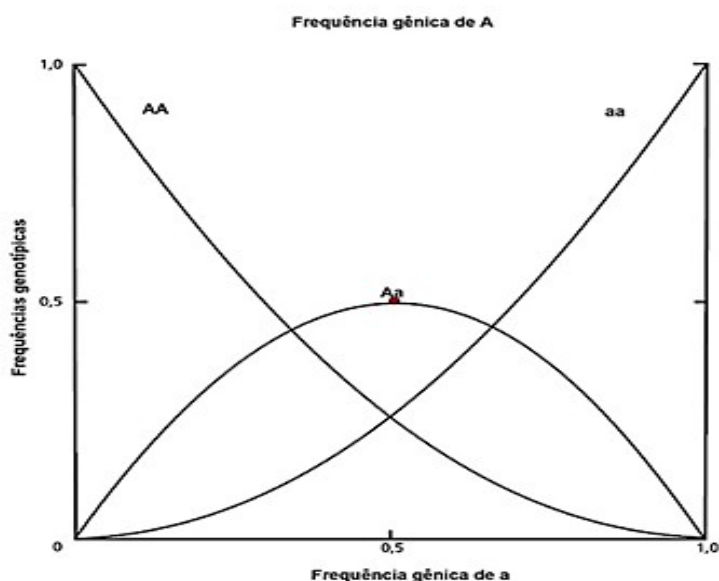
Após a atividade, foi solicitado aos estudantes para argumentarem acerca do seguinte questionamento: “Você se sente em condições de descrever o que foi realizado e explicar o resultado para outras pessoas?” Nesse sentido, verificou-se que um quantitativo pequeno dos estudantes dos grupos ressaltou não ter compreendido o estudo a ponto de explicar o resultado que obtiveram na atividade. Nessa perspectiva, entendeu-se que se colocaram metacognitivos, já que demonstraram que refletiram e realizaram uma avaliação do aprendido. Na ideia de Nora, Broietti e Corrêa (2021), para um trabalho na direção da metacognição o professor necessita mediar e promover autorregulação, possibilitando que os estudantes planejem individualmente, auxiliando, preparando e monitorando suas próprias atividades.

Quanto à Aula 3, que recebeu o nome de *Pan miscere* – Cruzamento de Diferentes Genótipos, as atividades seguiram com a utilização das aplicações matemáticas com cálculos relacionados ao Princípio de Hardy-Weinberg. Discutiu-se, *a priori*, o conceito de genes autossômicos dominantes e recessivos. Realizou-se uma mediação de modo a instigar que os estudantes relembressem que alelos são genes ocupantes do mesmo *locus*, ou seja, a mesma posição em cromossomos homólogos, podendo ser iguais ou diferentes. Ainda buscou-se mediar para que pensassem em homozigose e heterozigose, associando-se a recessividade e dominância, respectivamente. A atividade consistiu de uma questão de múltipla escolha, contudo foi necessário calcular probabilidade e trazia o seguinte enunciado:

O gráfico (Figura 5) mostra as relações entre as frequências dos alelos A e a, e as frequências genotípicas de AA, Aa e aa de uma população em equilíbrio.

Figura 5

Representação gráfica de frequência gênica



Fonte: Autoria própria (2022).

Numa população em equilíbrio, em que os cruzamentos ocorrem ao acaso, e a frequência dos genes A e a é de 50%, para cada um, a probabilidade de se encontrarem indivíduos AA, Aa e aa é, respectivamente:

- a) 25%, 50% e 25% c) 50%, 25% e 25% e) 80%, 10% e 10%
b) 40%, 30% e 30% d) 70%, 15% e 15%

Nesta questão, o direcionamento foi para que os estudantes fizessem uso da equação do equilíbrio Hardy-Weinberg: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$. Observou-se que os estudantes, a princípio, se mostraram pensativos e nas discussões de grupo questionaram: “Será que a gente consegue? Se usarmos aquela ideia de $p + q = 1$, será que vai ajudar para calcular? Vamos fazer... aí a gente vê...” Por estes argumentos, entendeu-se que estavam evocando pensamento metacognitivo. Ao serem instigados, conseguiram trazer a equação do Princípio Hardy-Weinberg para a solução da questão, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6

Aplicação da equação $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ realizada por estudantes da pesquisa

Numa população em equilíbrio, em que os cruzamentos ocorrem ao acaso, e a frequência dos genes **A** e **a** é de 50%, para cada um, a probabilidade de se encontrarem indivíduos **AA**, **Aa** e **aa** é, respectivamente,

a) 25%, 50% e 25%; c) 50%, 25% e 25%; e) 80%, 10% e 10%.
 b) 40%, 30% e 30%; d) 70%, 15% e 15%;

Handwritten work:

$50\% = 0,5 A$
 $50\% = 0,5 a$

$p + q = 1$
 $0,5 + 0,5 = 1$

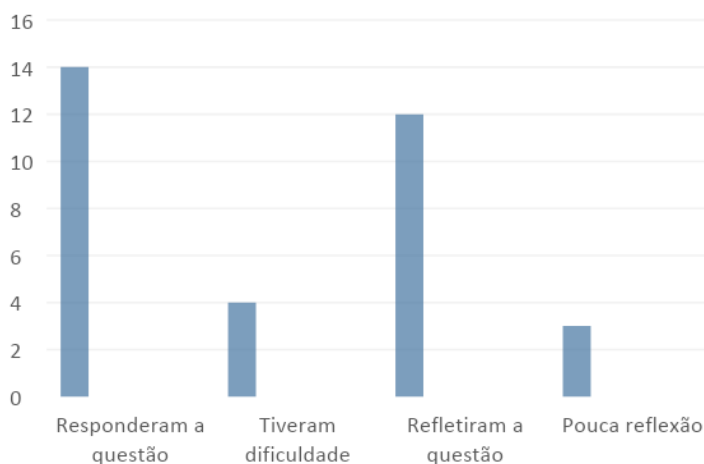
$p^2 + 2pq + q^2 = 1$
 $(0,5)^2 + 2(0,5 \times 0,5) + (0,5)^2 = 1$
 $0,25 + 2 \times 0,25 + 0,25 = 1$
 $25\% + 50\% + 25\%$

Fonte: Arquivo do autor (2022).

Para a atividade apontada na Figura 5, apenas um grupo se mostrou menos reflexivo, em conformidade com a observação realizada, contudo verificou-se que também conseguiu encontrar uma solução. Percebeu-se assim que, de maneira a favorecer que os estudantes obtenham êxito, os professores podem instigá-los a identificar seus conhecimentos, bem como controlar suas ações relacionadas a uma determinada tarefa (Gewehr, Stroschoen & Schuck, 2020). Para elucidar, faz-se a demonstração (Figura 7) de como os estudantes se envolveram no desenvolvimento da atividade.

Figura 7

Desenvolvimento da atividade com a equação $p^2 + 2pq + q^2 = 1$



Fonte: Arquivo do autor (2022).

Na análise, e conforme mostrado no Gráfico da figura 7, a maioria dos estudantes conseguiu realizar o cálculo e respondeu à questão. Observou-se que foram os estudantes que refletiram sobre a questão que conseguiram respondê-la. Entretanto, observou-se que os estudantes que pouco refletiram tiveram dificuldade para concluir o cálculo. Desse modo, entendeu-se que quando o estudante reflete sobre a tarefa, consegue levantar ideias que auxiliam na sua

aprendizagem. Ao serem solicitados a apontar se o gráfico e os conhecimentos que tinham acerca do tema favoreceram para o desenvolvimento da atividade, a maioria dos estudantes mencionou que favoreceu, sim, e explicou que a imagem ajudou a pensar para buscar a resposta da questão. Isso vai ao encontro da ideia de Rosa (2014, p. 18), que discorre que “o conhecimento metacognitivo pode estar atrelado à reflexão do estudante sobre seus conhecimentos e ao seu sentimento em relação à atividade e à estratégia que deverá utilizar”.

Ainda na Aula 3, foi proposta uma aplicação matemática para resolver outra atividade com o enunciado: “Numa determinada população em equilíbrio de Hardy-Weinberg nasceram 10.000 crianças; uma dessas crianças apresentou uma doença, a fenilcetonúria, determinada por um gene autossômico recessivo. Calcule a frequência de indivíduos de fenótipo normal portadores do gene causador da fenilcetonúria nessa população”.

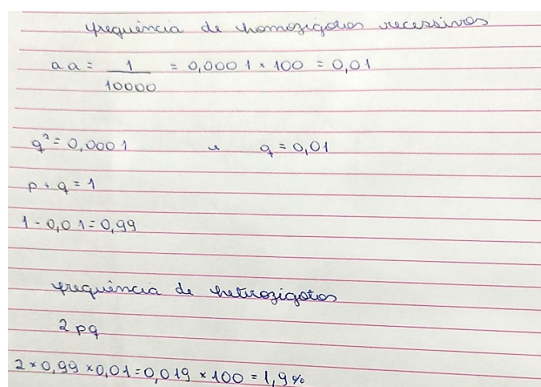
Observou-se que, para esta atividade, os estudantes discutiram no grupo para decidir como resolveriam a questão. Notou-se que nas argumentações traziam a ideia de probabilidade, contudo não tinham uma noção definida para o cálculo. Assim, para auxiliar os estudantes, realizou-se intervenção e ressaltou-se para pensar na equação $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ e que pensassem na proporcionalidade. Um estudante do G3 expressou:

Agora dá para calcular!... É uma criança que tem a doença entre as 10.000. Acho que é só a gente dividir um por dez mil que vamos achar a frequência dos que têm a doença.

Nesse momento, a intervenção foi para que os estudantes conseguissem relacionar a ideia do alelo recessivo com o q^2 da equação. Os estudantes calcularam e conseguiram associar a ideia do $p + q = 1$. Quando foi afirmado que eles haviam encontrado a frequência dos homocigotos, mas que faltava a frequência dos heterocigotos, se lembraram da atividade da população hipotética que realizaram e conseguiram concluir o cálculo, como mostrado no exemplo da Figura 8.

Figura 8

Cálculo de frequência de genótipo realizado pelos estudantes



Handwritten mathematical work showing the calculation of genotype frequencies for a recessive trait in a population of 10,000 individuals.

Frequência de homocigotos recessivos

$$aa = \frac{1}{10000} = 0,0001 \times 100 = 0,01$$
$$q^2 = 0,0001 \quad \rightarrow \quad q = 0,01$$
$$p + q = 1$$
$$1 - 0,01 = 0,99$$

Frequência de heterocigotos

$$2pq$$
$$2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,019 \times 100 = 1,9\%$$

Fonte: Arquivo do autor (2022).

Pelo que mostra a Figura 8, notou-se que os estudantes aplicaram o conceito matemático necessário para responderem à questão. Ao serem indagados:

“Como você avalia o seu conhecimento antes e depois de realizar as atividades”, a maioria dos estudantes, cerca de 65%, disse que antes não compreendia a aplicação da matemática no conteúdo estudado e que ficava sem saber como usar os conceitos, mas que melhorou a partir das atividades realizadas. Os demais, 35%, não se manifestaram. Na interpretação realizada, compreendeu-se, portanto, que os estudantes que se manifestaram foram reflexivos do seu processo de aprendizagem e recorreram ao elemento metacognitivo da avaliação para inferir acerca do seu conhecimento. De acordo com Rosa (2014), quando o estudante infere que sabe algo, ou que julga ser bom em um determinado conceito ou ação, isto representa uma evocação de pensamento metacognitivo. Cabe destacar que, um ensino mais focado no aluno, contextualizando os conteúdos e currículos com o universo de significação do estudante, necessita se tornar o eixo central da Biologia no Ensino Médio (Duré; Andrade & Abilio, 2021, p. 1).

Por fim, é importante dizer que como a intervenção relatada foi realizada com os estudantes, na perspectiva da DBR, com o fim de estruturar um produto educacional, ficou clara a possibilidade de replicação. O que implica reconhecer que pode ocorrer a transferência da solução ou mesmo de parte dela, da práxis e ações para outras situações reais do ensino de Biologia, com atenção para a viabilidade e validação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento das atividades que constituem parte da sequência didática desenvolvida com os estudantes do Ensino Médio, pôde-se verificar aspectos relevantes das concepções e vivências de estudantes, relacionadas ao ensino de Biologia com aplicação de conceitos matemáticos. Além disso, pensa-se que sob a óptica da metacognição foi possível associar as situações observadas, analisadas e interpretadas como evocação do pensamento metacognitivo.

Entendeu-se que, com as oportunidades e possibilidades que foram apresentadas aos estudantes, eles refletiram sobre o seu processo de aprender e assim, foi possível associar metacognição com a tomada de consciência daqueles estudantes sobre os seus próprios pensamentos, o que foi compreendido estar em consonância com a ideia dos autores que estudam a metacognição nos processos de ensino.

No que se refere às aplicações matemáticas no ensino de Biologia com evocação do pensamento metacognitivo no Ensino Médio, ficou claro que elas podem proporcionar aos estudantes a compreensão das conexões entre a Matemática e os fenômenos biológicos, capacitando-os a fazer julgamentos fundamentados sobre seus estudos, promovendo a criatividade e a reflexão do processo de aprender a aprender.

Como apontam os pesquisadores consultados, ainda carece de estudos que colocam o cerne na utilização da metacognição como metodologia didático-pedagógica, sugere-se novas pesquisas para agregar outras informações a essa questão de relevância para o processo de ensino e, conseqüentemente, para a aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- Amaral, R. R. do (2019). *Preserve: um estudo sobre jogos digitais na educação básica no contexto do ensino de física*. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica, Recife.
- Bardin, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. Tradução de Luiz Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70.
- Cleophas, M. das G. & Francisco, W. (2018). Metacognição e o ensino e aprendizagem das ciências: uma revisão sistemática da literatura (RSL). *Amaz. RECM*, 14 (29), 10-26. Especial Metacognição.
- Duré, R. C.; Andrade, M. J. D. de & Abílio, F. J. P. (set./dez. 2021). Biologia no ensino médio: concepções docentes sobre ensinar e aprender. *ACTIO*, 6 (3), 1-24. <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>
- Gewehr, D.; strohschoen; A. A. G. & Schuck, R. J. (2020). Projetos de pesquisa e a relação com a metacognição: percepções de alunos pesquisadores sobre a própria aprendizagem. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 22 (e19937) Belo Horizonte. <https://doi.org/10.1590/1983-21172020210144>
- GIL, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6 ed. São Paulo: Editora Atlas.
- Kneubil, F. B. & Pietrocola, M. (2017). A pesquisa baseada em **design**: visão geral e contribuições para o ensino de ciências. *IENCI- Investigações em Ensino de Ciências*, 22 (2), 01-16. Disponível em: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n2p01>
- Matta, A. E. R.; Silva, F. de P. S. da. & Boaventura, E. M. (jul./dez., 2014). *Design-based research* ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. *Revista da FAAEBA: Educação e Contemporaneidade [online]*, 23(42), 23-36, Salvador. <https://doi.org/10.2014/jul.dezv23n42003>
- Nicholson, M. I. G. (2021). *Usos e Tendências do Design-Based Research para as Áreas de Educação e Ensino de Ciências: uma Revisão Sistemática*. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Instituto de Química, Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica.
- Nora, P. dos S.; Broietti, F. C. D. & Corrêa, N. N. G. (2021). A Autoavaliação como Processo de Metacognição na Aprendizagem de Química. *Revista Debates em Ensino de Química*, 7 (3), 196–213. <https://doi.org/10.53003/redequim.v7i3.3347>
- Oliveira, J. de Q. (2020). Por que a Matemática interessa à Biologia? *Revista Helius*, 3 (2), fasc. 1, 113-137. Sobral. <https://helius.uvanet.br/index.php/helius/article/view/170/163>

- Paulo Neto, J. G. & Macedo, D. X. (set./dez. 2023). *O uso de mapas conceituais como instrumento avaliativo em uma sequência didática de buracos negros*. ACTIO, Curitiba, 8 (3), 1-23. <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>
- Rosa, C. T. W. da. (2014). *Metacognição e o ensino de Física: da concepção à aplicação*. Passo Fundo: Edi. Universidade de Passo Fundo.
- Rosa, C. T. W. da. & Rosa, Á. B. da (2016).. Ensino de física: A interação social como favorecedora da evocação do pensamento metacognitivo. *Revista Espacios*, 37 (24), E-2.
<http://www.revistaespacios.com/a16v37n24/163724e2.html>
- Rosa, C. T. W. da. & Meneses Villagrà, J. A. (2018). Metacognição e Ensino de Física: Revisão de Pesquisas Associadas a Intervenções Didáticas. *RBPEC-Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18 (2), 581-608.
<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4851>
- Rosa, C. T. W. da. & Meneses Villagrà, J. A. (2020). Questionamento metacognitivo associado à abordagem didática por indagação: análise de uma atividade de ciências no ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25 (1), 60-76.
- Rosa, C. T. W. da. & SCHMITZ, K. de O. (mai./ago. 2020). A metacognição nas pesquisas em educação: uma revisão a partir das teses e dissertações brasileiras. *ACTIO*, 5 (2), 1-22, Curitiba,. <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>
- Santos, A. C. T. dos. & Rosa, C. T. W. da. (2021). Metacognição e as Atividades Experimentais em Ciências: Análise da Produção em Periódicos Estrangeiros. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 21.
<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u14351458>
- Sousa, G. M. C. de [et al.] (2019). A Importância do Uso de Aulas Práticas no Ensino da Biologia: Uma Abordagem Metacognitiva. *REVASF*, 9 (19), 201-220, Petrolina - Pernambuco – Brasil.
- Veiga, L. L. de A. da. (2021). Comandos metacognitivos embutidos baseados na natureza da ciência: Potencialidades, limitações, condições e possibilidades. *Research, Society and Development*, 10 (7), 43010716829.
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16829>
- Xavier, C. S.; Peixoto, M. A. P. & Veiga, L. L. de A. da. (2021). Comandos metacognitivos embutidos baseados na natureza da ciência: Potencialidades, limitações, condições e possibilidades. *Research, Society and Development*, 10 (7), 43010716829. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16829>

Recebido: 11 jan. 2023
Aprovado: 01 abr. 2024
DOI: <https://doi.org/10.3895/actio.v9n1.16297>

Como citar:

Reis, Erisnaldo Francisco, Arêas, Glauber Pacheco, & Strohschoen, Andreia A. Guimarães. (2024). Evocação do pensamento metacognitivo no ensino de biologia com conceitos matemáticos. *ACTIO*, 9(1), 1-17. <https://doi.org/10.3895/actio.v9n1.16297>

Correspondência:

Erisnaldo Francisco Reis
Av. Bendito Benevides, 357, Bairro Ipê, CEP: 39950-000, Rubim, Minas Gerais, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

