



PENSAMENTO MATEMÁTICO E PENSAMENTO METACOGNITIVO NO ENSINO DA BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

MATHEMATICAL THINKING AND METACOGNITIVE THINKING IN THE TEACHING OF BIOLOGY IN HIGH SCHOOL

PENSAMIENTO MATEMÁTICO Y PENSAMIENTO METACOGNITIVO EN LA ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA EN LA ESCUELA SECUNDARIA

 **Erisnaldo Francisco Reis**

Doutor em Ensino de Ciências Exatas
Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES
Lajeado, Rio Grande do Sul – Brasil

 **Glauber Pacheco Areas**

Mestre em Microbiologia e Parasitologia Aplicadas pela
Universidade Federal Fluminense. Docente na Faculdade Multivix Vila Velha/ ES/Brasil.

 **Andreia Aparecida Guimarães Strohschoen**

Doutora em Ecologia
Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES
Lajeado, Rio Grande do Sul – Brasil

Resumo: O objetivo deste artigo é ilustrar os resultados parciais de uma pesquisa de doutoramento, por meio da qual foram estudadas potencialidades da aplicação de conceitos matemáticos no ensino de Biologia no Ensino Médio, utilizando-se de recursos pedagógicos reflexivos e evocação do pensamento metacognitivo. Trata-se de um relato com parte dos resultados de uma pesquisa qualitativa, na perspectiva *Design-Based Research* (DBR) realizada junto ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Exatas (PPGECE) de uma Universidade do Rio Grande do Sul. Os resultados trazem que cálculos podem instigar a aprender, mesmo com dificuldades em usar conhecimentos matemáticos. Apontam também que quando estudantes têm possibilidade para evocar os seus pensamentos metacognitivos podem conduzir o processo de aprender, para o melhor desempenho em determinadas tarefas.

Palavras-chave: metacognição; matemática; autoconhecimento; aprendizagem; aplicações matemáticas.

Abstract: The aim of this article is to illustrate the partial results of a doctoral research, through which potentialities of the application of mathematical concepts in the teaching of Biology in High School were studied, using reflective pedagogical resources and evocation of metacognitive thinking. This is a report with part of the results of a qualitative research, from the perspective of DBR- Design-Based Research carried out at the PPGECE - Graduate Program in Teaching of Exact Sciences of a University of Rio Grande do Sul. The results show that calculations can instigate learning, even with difficulties in using mathematical knowledge. They also point out that when students have the possibility to evoke their metacognitive thoughts, they can lead the learning process, for better performance in certain tasks.

Keywords: metacognition; mathematics; self-knowledge; learning; mathematical applications.

Resumen: El objetivo de este artículo es ilustrar los resultados parciales de una investigación doctoral, en la cual se estudiaron las potencialidades de la aplicación de conceptos matemáticos en la enseñanza de Biología en la educación secundaria, utilizando recursos pedagógicos reflexivos y la evocación del pensamiento metacognitivo. Se trata de un informe con parte de los resultados de una investigación cualitativa, en la perspectiva DBR (Design-Based Research), realizada en el PPGECE - Programa de Posgrado en Enseñanza de Ciencias Exactas de una universidad en Rio Grande do Sul. Los resultados muestran que los cálculos pueden estimular el aprendizaje, incluso en situaciones de dificultades en el uso del conocimiento matemático. También indican que cuando los estudiantes tienen la oportunidad de evocar sus pensamientos metacognitivos, pueden dirigir el proceso de aprendizaje hacia un mejor rendimiento en ciertas tareas.

Palabras clave: metacognición; matemáticas; autoconocimiento; aprendizaje; aplicaciones matemáticas.

Para citar - (ABNT NBR 6023:2018)

REIS, Erisnaldo Francisco; AREAS, Glauber Pacheco; STROHSCHOEN, Andreia Aparecida Guimarães. Pensamento matemático e pensamento metacognitivo no ensino da biologia no ensino médio. *Eccos - Revista Científica*, São Paulo, n. 67, p. 1-22, e23618, out./dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/eccos.n67.23618>



Introdução

O Ensino Médio estrutura-se por diversos componentes curriculares e entre eles podem ser estabelecidas conexões e desenvolvimento de atividades contextualizadas e de caráter interdisciplinar. Nesse viés, a Biologia e a Matemática são dois componentes em que se percebe a existência de elementos comuns na prática dos seus ensinamentos. Considerando-se essa perspectiva, no Documento do Currículo Referência de Minas Gerais/BR (CRMG), há o destaque de que o componente Biologia se faz presente no cotidiano dos estudantes e que estabelece conexões com outros componentes da mesma área e até de outras áreas do conhecimento (MINAS GERAIS, 2021), inclusive com a Matemática que aparentemente se mostra isolada.

De acordo com Silva e Gomes (2018), existem diversas aplicações da Matemática na Biologia. Em Reis (2016), por exemplo, podem ser encontradas situações em que foram utilizadas aplicações matemáticas com alunos do Ensino Médio, para o estudo da leishmaniose. Nesse estudo emergiu a teoria dos conjuntos, cálculo de coeficiente de prevalência da doença, cálculo da incidência, média dos casos, índice de positividade e taxa de letalidade.

Segundo Linhares (2016), no estudo de Biologia, para saber se uma população está aumentando ou diminuindo é comum utilizar o chamado índice de crescimento, que é a razão entre a taxa de natalidade e a de mortalidade. Para Silva Jr. (2016), a noção de probabilidade é uma ferramenta importante para lidar com eventos aleatórios e ajuda a entender melhor as Leis de Mendel. Nessa direção é utilizada a probabilidade para estimar a possibilidade de ocorrência de eventos biológicos que podem acontecer ao acaso.

Em virtude disso, e de muitas outras situações, o uso de aplicações matemáticas para estudar fenômenos biológicos tem tido crescente relevância dentro da Biologia de modo geral, e, particularmente, em aplicações ecológicas (COUTINHO, 2010). Entretanto, para um ensino e aprendizagem profícuos, há que se pensar em metodologia que se adeque ao trabalho em sala de aula, de maneira a colocar o estudante reflexivo de si e do seu processo de aprender.

Nesse viés, pensa-se na utilização do pensamento metacognitivo ou metacognição para explorar atividades de Biologia com aplicação de conceitos matemáticos. No que se refere à utilização do pensamento metacognitivo na sala de aula, Rosa, Ribeiro e Rosa (2018) argumentam que estudiosos têm inferido que o uso dos processos metacognitivos decorrentes desse pensamento é inerente ao ser humano e tem representado uma alternativa na busca por mecanismos que auxiliem os estudantes a qualificar seus processos de aprendizagem.

Dessa forma, o objetivo deste artigo é problematizar os resultados parciais de uma

pesquisa de doutorado em Ensino de Ciências Exatas, na qual foram estudadas as potencialidades da aplicação de conceitos matemáticos no ensino de Biologia no Ensino Médio, utilizando recursos pedagógicos reflexivos e ativação do pensamento metacognitivo. Especificamente, recorreu-se às observações de aulas e às atividades realizadas pelos estudantes que participaram da pesquisa. Espera-se contribuir para a reflexão do processo de ensinar, considerando-se aspectos da metacognição.

Referencial teórico

Os conteúdos do componente curricular Biologia do Ensino Médio trazem diversas situações, para as quais há necessidade de se recorrer aos conceitos matemáticos para explicações e resolução de problemas biológicos, a exemplo, a Genética. Como explicita Silva Jr. (2008), entre os saberes de Matemática e da Genética é perceptível influências mútuas. Assim, entende-se que a Biologia se torna um campo de investigação para a Matemática e a Matemática suporte para estudos biológicos. Em outras palavras, uma ciência se torna motor da outra em determinadas circunstâncias, gerando o crescimento de redes tecidas entre ambas, além de uma grande composição e recomposição do conhecimento entre elas, caracterizando o que se conhece como princípio de exterioridade.

Ainda conforme o pensamento de Silva Jr. (2008), é a partir da associação entre conhecimentos da Matemática e da Biologia que os significados gerados podem ser transferidos de uma ciência para a outra. Para o autor, é nesse contexto que se cria os enraizamentos e os novos significados para ambas. Definitivamente, Biologia e Matemática são ciências, e ciência é um modo de conhecer a realidade e, nesse sentido, o importante não é o que se sabe, mas como se chega a sabê-lo (GOLOMBEK, 2009). Alinhando-se com este pensamento, sublinha-se que para o aprendiz, além de aprender os saberes de um componente curricular, é também importante compreender como é possível conectá-los aos saberes de outros, para modificar as redes em que eles inicialmente se encontram (SILVA Jr., 2008).

Por esse prisma, considerando-se que é relevante o estabelecimento de conexão dos componentes curriculares no Ensino Médio, assim se torna importante pensar em como os estudantes aprendem os conteúdos, quando interligados. Na situação da relação Biologia/Matemática, se faz necessário pensar no processo de como os estudantes aprendem Biologia com aplicação de conceitos matemáticos, o que remete ao pensamento metacognitivo. Para Rosa (2017), o pensamento metacognitivo é um tipo de pensamento que é intrínseco ao ser humano, mas que, por vezes, necessita de situações específicas para ativá-lo. Ressalta-se que

“a utilização dessa forma de pensamento não é espontânea para todos os sujeitos, podendo ou não ser ativada por eles” (ROSA; RIBEIRO; ROSA, 2018, p. 144). Para estes autores, da mesma forma que se recorre aos pensamentos cognitivos, se pode recorrer aos pensamentos metacognitivos, que são responsáveis pela tomada de consciência do sujeito sobre o que ele sabe que sabe, o modo como sabe e o que precisa fazer para saber.

Nesse viés, entende-se que o docente deve pensar no processo de como o estudante aprende e ainda pensar no seu processo de ensino, para seguir possibilitando oportunidades para que a aprendizagem dos estudantes ocorra de modo mais efetivo. Desse modo, para Pozo e Crespo (2009, p. 20), “aprender e ensinar, longe de serem meros processos de repetição e acumulação de conhecimentos, implicam transformar a mente de quem aprende, que deve reconstruir em nível pessoal os produtos e processos culturais com o fim de se apropriar deles”. Concorda-se plenamente com os autores, que ensinar é encaminhar para a transformação do pensamento de quem aprende.

Segundo Rosa (2014, p. 46) “a aprendizagem é um processo de interação entre o conhecimento novo e o já existente, na estrutura cognitiva do sujeito, bem como na interação entre o sujeito e o meio que o circunda”. Nessa perspectiva, há que ser refletido o processo de ensinar. Nessa visão, entende-se que, para o docente realizar uma prática didático-metodológica em sala de aula há que se pensar em como ela ocorrerá, no sentido de os aprendizes compreenderem as suas aprendizagens.

Nesse lógica, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) aponta para “[...] o desenvolvimento de competências para aprender a aprender; [...] aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões [...]” (BRASIL, 2018, p. 14). Isso sugere fomentar o pensamento metacognitivo do estudante no seu processo de aprender.

Seguindo-se para a conceituação de metacognição, Rosa (2014) explica que é proposto por Flavell, no ano de 1971, o marco introdutório desta palavra, no artigo *First discussant's comments: what is memory development the development of?* De maneira simples pode-se dizer que o termo metacognição é entendido como o aprender acerca do processo de aprender. Cabe ressaltar que há um consenso, no sentido de que “a metacognição representa o conhecimento do conhecimento e a regulação da cognição (ou controle executivo e autorregulador), particularmente, quando se trata dos processos educativos” (ROSA *et al.* 2020, p. 705).

Na literatura já se encontram diversas pesquisas com foco em metacognição como alternativa para qualificar os processos de ensino e de aprendizagem. Os estudos em metacognição já vêm avançando nas últimas décadas, contudo, ainda não há um corpo teórico

amplo que abarque as especificidades com possibilidade de serem estabelecidas (ROSA *et al.*, 2020).

De acordo com Muijs e Bokhove (2020), a literatura aponta que a metacognição tem sido defendida como uma maneira potencialmente eficaz e de baixo custo para impactar a aprendizagem. Para estes autores, a metacognição tem um impacto significativo no desempenho acadêmico dos estudantes. Já na ideia de Rosa e Alves Filho (2014), a metacognição se apresenta como um novo campo para a experimentação e também para a atuação em sala de aula, porém, há ainda muito que fazer nesse sentido.

Nessa perspectiva, compreende-se que o docente deva realizar mediação por meio de diferentes tarefas, assumindo vários papéis, para atingir os diferentes aprendizes. Entretanto, há que se lembrar que, a aprendizagem não ocorre de forma descontextualizada. Assim, Rosa (2014, p. 89) salienta que “há necessidade de que o professor planeje e regule conscientemente suas aulas, selecionando os conteúdos curriculares e os procedimentos de ensino mais apropriados às características de seus estudantes e às condições do contexto em que trabalha”.

Portanto, o papel do docente precisa ser de criar situações e de estabelecer estratégias diversas para facilitação da ativação do pensamento metacognitivo nos estudantes. Acredita-se que é a presença desse tipo de pensamento que proporcionará a autonomia dos estudantes, o que contribuirá para que sejam independentes na busca pelo conhecimento e aprendam a aprender.

Como ressalta Freire (1998, p. 29), “faz parte da tarefa docente não apenas ensinar conteúdos, mas também ensinar a pensar certo”. Desta forma, na complexa sociedade da aprendizagem se faz necessário desenvolver habilidades e conhecimentos que podem ser transferidos para outros contextos e, portanto, ao aprendiz deve ser ensinado a pensar certo para agir certo.

Procedimentos metodológicos

Neste artigo apresenta-se a problematização de aulas que foram desenvolvidas com estudantes do Ensino Médio utilizando a aplicação de conceitos matemáticos, com ativação do pensamento metacognitivo. As aulas são partes de uma Sequência Didática (SD) que se estruturou fundamentada na perspectiva *Design-Based Research* (DBR).

Considerou-se os princípios de *design* como os norteadores da elaboração da intervenção que foi produzida. Levou-se em conta os pressupostos teóricos na definição do quê

e de como deveria ensinar, que serviram de base no planejamento da intervenção. Foram utilizados os fundamentos epistemológicos, fundamentos didáticos de aprendizagem e, ainda, uma combinação deles harmonizada de modo a ser possível produzir uma intervenção coerente (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

A metodologia DBR serviu como uma espécie de gerenciamento de controle do processo de produção e implementação da inovação educacional no contexto escolar real. Assim, foi possível organizar de maneira coerente o processo de levar à sala de aula a inovação pedagógica proposta. Para a implementação das atividades das aulas que foram organizadas na SD na metodologia BDR, buscou-se envolver a seleção do tema e proposição dos princípios de *design*, o *design* propriamente dito, a implementação, a avaliação e o *re-design* (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

Nesse viés, a SD foi dividida em duas partes: Unidade 1 e Unidade 2. Desse modo, o relato apresentado refere-se às aulas de número 4, 5, 6 e 7 da Unidade 2, com o nome de *Genetic Equilibrium - Princípio de Hardy-Weinberg*. Na sequência didática cada aula foi também demarcada por um título: *Aula 4 - “Desempacotar” para conhecer - Compreendendo o que é fenilcetonúria; Aula 5 - Pool Gênico - Frequência alélica e genotípica de grupos sanguíneos, Aula 6 - Biologar para esfriar batatas - Probabilidade e Princípio Hardy-Weinberg e Aula 7 - Emojikon sem tergiversar*.

A pesquisa envolveu estudantes do Ensino Médio de uma escola do município de Rubim/MG. Caracterizou-se como pesquisa qualitativa fundamentada nos princípios da DBR combinada com os pressupostos de Gil (2008). A análise das informações obtidas no decorrer das atividades, foi baseada em aproximações com a Análise de Conteúdo, conforme proposto por Bardin (2016). Nesse sentido, a partir das observações dos discursos e dos registros dos estudantes foram organizadas unidades de registro e categorização, que serviram para a interpretação que, ora, se apresenta. Vale salientar que o caráter da flexibilidade da DBR permite o uso de teorias diversas ou combinação delas.

Para estabelecer a relação das atividades com a ideia de metacognição e de pensamento metacognitivo, considerou-se o aporte teórico de Rosa (2014). As atividades desenvolvidas com os estudantes foram centradas na aplicação de conceitos matemáticos para estudo de Biologia. Para este artigo, problematiza-se as aulas com os seus respectivos relatos e interpretações. Todas as atividades ocorreram com os estudantes organizados em grupo, que foram denominados G1, G2, sucessivamente, como se descreve neste texto.

Resultados e discussão

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que é o conjunto de diretrizes educacionais da atualidade brasileira, traz a sugestão de que os estudos e práticas devem ser tratados de forma contextualizada e interdisciplinar, podendo ser desenvolvidos por diversas estratégias de ensino e de aprendizagem, visando a superar o trabalho isolado em componentes curriculares (BRASIL, 2018). Nesse sentido, as atividades foram desenvolvidas buscando-se levar os estudantes a reconhecerem o estabelecimento da conexão da Matemática com a Biologia e a aplicabilidade de conceitos matemáticos para estudo de conteúdos biológicos.

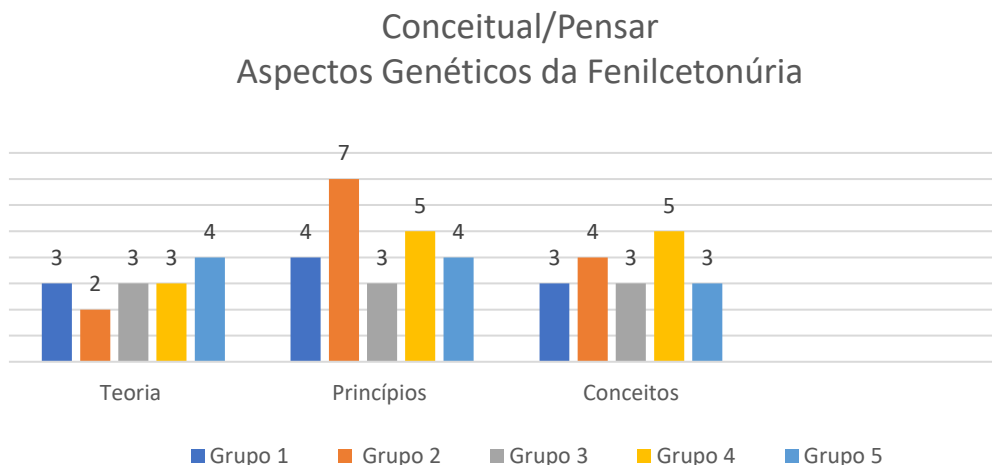
No que se refere à aula intitulada: “*Desempacotar*” para conhecer – *Compreendendo o que é Fenilcetonúria*, o estudo foi realizado a partir das ideias discutidas em aula anterior denominada: *Pan miscere* - cruzamentos de diferentes genótipos. A mediação ocorreu no sentido de possibilitar a promoção, por parte dos estudantes, do estabelecimento da relação do defeito congênito da fenilcetonúria, com os alelos autossômicos recessivos, conforme apresentado por Marqui (2017) em um texto científico denominado “*Fenilcetonúria: aspectos genéticos, diagnóstico e tratamento*”. Na acepção de Ribeiro, Rosa e Zoch (2022), é importante promover situações de ensino nas quais se utiliza de textos científicos como forma de instigar os estudantes em relação ao conhecimento científico. Para estas autoras, a utilização de textos científicos em aulas pode contribuir para qualificar o processo de aprendizagem, pois oportuniza o desenvolvimento da capacidade leitora e interpretativa dos estudantes.

Como foi proposto aos estudantes para elaborarem um V epistemológico adaptado do Diagrama V de Gowin, considerando o lado conceitual como o pensar e o lado metodológico como o fazer, os estudantes, a partir de um direcionamento mediador do professor, conseguiram criar diagramas simplificados com estrutura que demonstrou a compreensão daquilo que estudaram (REIS; ARÊAS; STROHSCHOEN, 2023).

Em virtude disso, ao possibilitar aos estudantes regular e controlar seu pensamento, no sentido de favorecer a aprendizagem, acredita-se ter sido proporcionado auxílio para que eles ativassem o pensamento metacognitivo. Nesse pensamento, Rosa e Meneses Villagrà (2018, p. 581) asseveram que “uma das formas de possibilitar que os alunos aprendam a utilizar o pensamento metacognitivo é torná-lo explícito na instrução didática”.

Analisando o lado conceitual (pensar) do diagrama V que os estudantes elaboraram, se obteve as informações que estão ressaltadas no Gráfico 1.

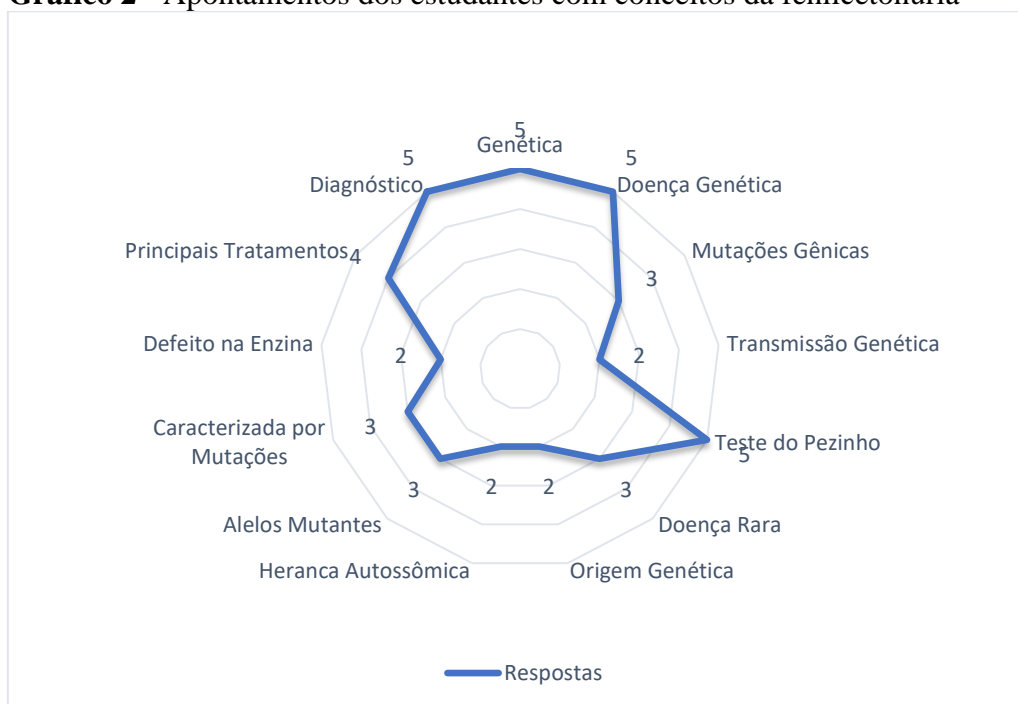
Gráfico 1 – Aspectos genéticos da fenilcetonúria apontados pelos estudantes da pesquisa



Fonte: Do Autor (2022).

De acordo com o Gráfico 1, pode-se observar que os estudantes conseguiram identificar teorias, princípios e conceitos no estudo dos aspectos genéticos da fenilcetonúria, que relacionam como a ideia conceitual geral da doença. Para esta questão conceitual da fenilcetonúria, os estudantes apresentaram argumentos no V epistemológico, que foram organizados em unidades de registro, conforme mostrado no Gráfico 2 a seguir:

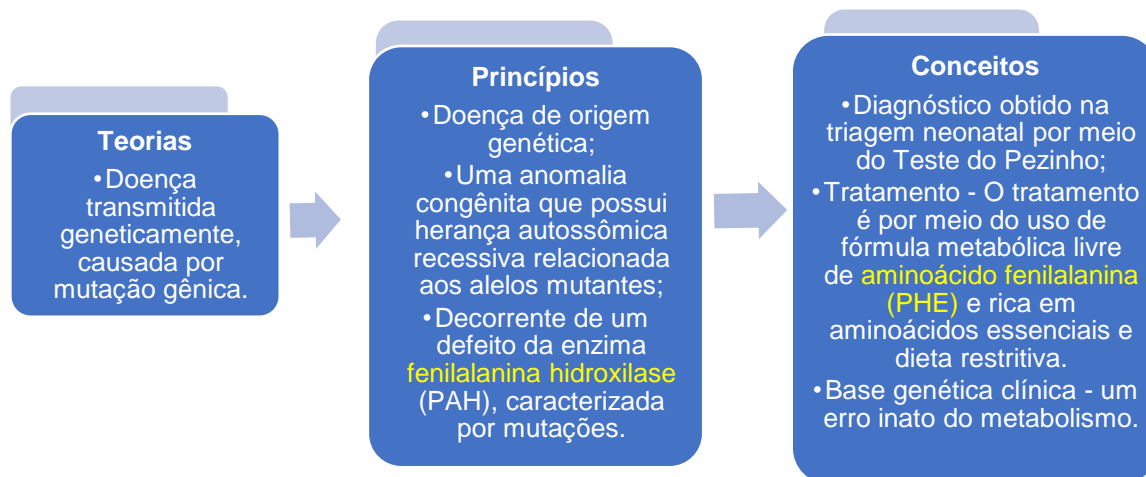
Gráfico 2 - Apontamentos dos estudantes com conceitos da fenilcetonúria



Fonte: Do Autor (2022).

Buscando-se interpretar as ideias conceituais dos estudantes acerca da fenilcetonúria apresentadas no Gráfico 2, foram extraídos os sentidos das descrições que tiveram o conteúdo categorizado (BARDIN, 2016) e apontado na Figura 1.

Figura 1 - Categorização dos sentidos das descrições dos estudantes acerca da fenilcetonúria



Fonte: Do Autor (2022).

Quanto ao correspondente ao lado metodológico (fazer) do V epistemológico, os estudantes apontaram que entenderam que a doença fenilcetonúria, identificada por PKU (sigla do termo inglês Phenylketonuria) é causada por mutação. Argumentaram que se as crianças com a doença forem tratadas de imediato podem não apresentar as manifestações clínicas. Relataram ter entendido que o Teste do Pezinho é importante. Descreveram os tipos de PKU: a clássica, leve ou não PKU que ocorre por acúmulo do aminoácido PHE (sigla do termo inglês Phenylamine) e de seus metabólitos tóxicos, principalmente no Sistema Nervoso Central e; PKU atípica que é associada a uma deficiência intelectual grave e que não responde ao tratamento padrão. Como resultados das suas compreensões, apresentaram um estudo realizado na Bahia em 2017 em que 53,8% dos pesquisados apresentaram o tipo clássico; 22,5% o tipo leve; 19,8% não PKU e 3,9% atípica. Registraram também a observação de que é importante conhecer a possibilidade genética desta doença e a importância do Teste do Pezinho.

Frente a isso, infere-se que os estudantes alcançaram o objetivo de conhecer o que é fenilcetonúria e a importância do Teste do Pezinho associada à Genética. Um dos exemplos de questão-problema que os estudantes buscaram responder no diagrama foi: *Quais são os aspectos genéticos da fenilcetonúria?* A partir do que apresentaram, compreendeu-se que conseguiram apontar princípios e conceitos relacionados às ideias teóricas que explicam a fenilcetonúria, conclusões, interpretações e resultados. Para elucidar o exposto, salienta-se

exemplos de expressões transcritas dos argumentos dos estudantes:

Essa atividade é bem diferente! Nós nunca vimos isso. Gostei de fazer, mas precisou de atenção para identificar cada coisa que pedia para escrever (G1).

Nosso grupo entendeu que é um relatório também, só que é diferente. Mas é bom que a gente já vai pensando no que pede e aí fica melhor para a gente fazer. Dá para ir vendo se o que está escrito serve para responder à pergunta...(G5)

Pensando em metacognição, e relacionando-se com o que os estudantes mencionaram, interpretou-se que tais argumentos pudessem ser correlacionados ao elemento metacognitivo do monitoramento. Segundo Rosa e Meneses Villagrà (2018), considerando os aspectos que mais influenciam a aprendizagem, a metacognição se mostra como um dos mais relevantes, uma vez que permite ter consciência, monitorar e avaliar o próprio pensamento. Conforme explica Rosa (2014, p. 67), “o monitoramento proporcionado pela utilização do pensamento metacognitivo leva o estudante a identificar o *status* das próprias concepções”. Desse modo, parece ser clara a ideia de que, quando os estudantes ativam os seus pensamentos, trazem à memória o que foi estudado, identificando as próprias compreensões e incompreensões e, possivelmente, lacunas e aprendizagens (GEWEHR, STROSHCHOEN; SCHUCK, 2020; ROSA, 2014).

Para a Aula 5, intitulada: *Pool Gênico - frequência alélica e genotípica de grupos sanguíneos*, promoveu-se discussão do conceito de *pool* gênico para compreensão dos grupos sanguíneos associados à Genética. Discutiui-se também com os estudantes o Princípio Hardy-Weinberg e a equação $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ fazendo-se foco na ideia de caráter dominante e recessivo. Assim, a tarefa foi apresentada da seguinte forma: “*Em uma certa população em equilíbrio, a frequência do alelo I que determina o grupo sanguíneo O é de 0,4 (40%). Numa amostra de 1000 pessoas desta população, quantas se espera encontrar com o sangue do tipo O? Explique as etapas que você seguiu para chegar à resposta. Indique o genótipo das pessoas do grupo sanguíneo O*”.

Para tanto, a aplicação matemática foi no sentido de calcularem a frequência que determina um grupo sanguíneo. Obervou-se que apenas um grupo não conseguiu aplicar o cálculo dentro do esperado. O que entendeu-se motivado por alguma dificuldade que tivessem com a matemática ou que não refletiram a tarefa o suficiente ou ainda que não compreenderam a ideia básica do Princípio de Hardy-Weinberg para aquela situação.

Os demais grupos, pensaram na equação deste princípio e, orientados pela mediação realizada pelo professor, conseguiram êxito na aplicação matemática. Para elucidar, apresenta-

se um exemplo do cálculo (Figura 2) realizado com a respectiva explicação.

Figura 2 - Aplicação matemática realizada pelos estudantes embasada no Princípio Hardy-Weinberg

F do alelo $i = 0,4$
F do genótipo $ii = 0,4^2 = 0,16$
 $0,16 \times 100\% = 16\%$
 $\frac{16\% \times 1000 \text{ (amostra)}}{100\%} \rightarrow 160$
160 pessoas da amostra de 1000
O genótipo é ii - grupo O

Fonte: Do arquivo do autor (2022).

Ao serem solicitados a responder como planejaram para resolver a tarefa e se foi necessária modificação nos planos no decorrer da resolução, registrou-se argumentos expressivos que indicaram terem ativado pensamento metacognitivo.

Primeiro pensamos em lembrar e escrever a equação. Depois fomos ver o cálculo que precisava fazer. Discutimos no grupo, decidimos e fomos calculando... e prestando atenção para a gente não errar (G3).

Pensamos na equação de Hardy-Weinberg. Pensamos e escrevemos a frequência do alelo $i = 0,4$. Escrevemos a frequência do genótipo $ii = 0,4^2$ e calculamos. Depois calculamos a probabilidade de pessoas do tipo O da população (G1).

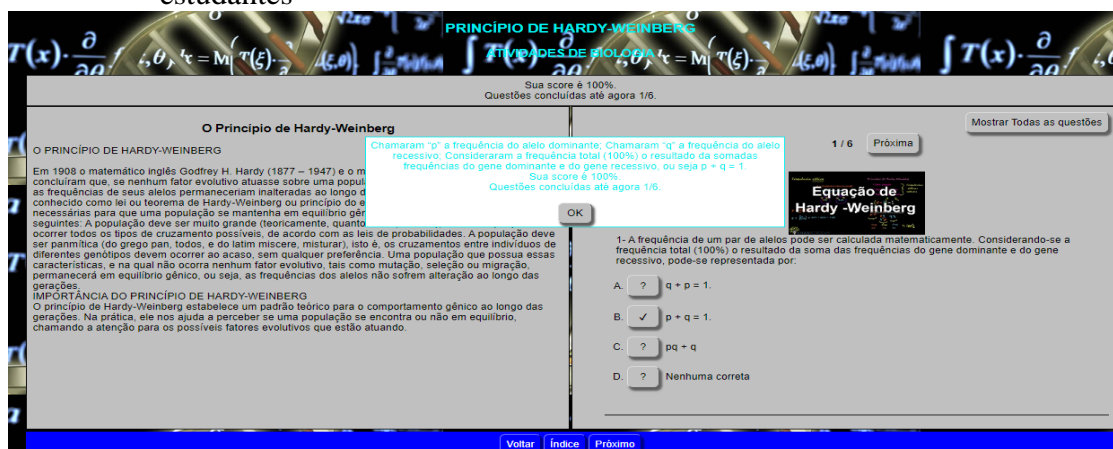
Nós fomos seguindo a ideia da equação. Aí conversamos com outro grupo para ver se nós fizemos certo (G4).

Pelos excertos, interpretou-se que os estudantes refletiram a tarefa, planejaram, monitoram o que estava sendo realizado por eles e ainda avaliaram a ação realizada. Também foram percebidos indícios de interação entre eles. Segundo Gewehr (2019, p. 69) “a interação social com outros estudantes é estimulante para a argumentação e evocação do pensamento metacognitivo”. Vale dizer que, na análise outras interpretações poderiam ter ocorrido, entretanto, o conteúdo das expressões dos estudantes foi relacionado com elementos metacognitivos e, talvez por isso, induziu à interpretação descrita. Todavia, como asseveram Rosa e Rosa (2016), nem sempre a fala dos estudantes pode ser associada a uma ativação do elemento metacognitivo, monitoração, e por isso, cabe dizer que são interpretações a partir da análise que foi realizada. Para os autores, ao desenvolver uma atividade, pode ocorrer monitoração das ações por parte dos estudantes, entretanto, essa monitoração precisa fornecer a eles as condições para que entendam por que pensam e procedem daquela forma e,

principalmente, avaliar se atingem o objetivo agindo daquele modo.

A Aula 6, intitulada *Biologar para Esfriar Batatas – Probabilidade e Princípio Hardy-Weinberg*, ocorreu por meio de atividades que foram organizadas, previamente, com recurso de ferramenta tecnológica digital da plataforma *Hot Potatoes*®. A atividade foi desenvolvida se utilizando de computadores. Na primeira atividade, os estudantes responderam a seis questões de múltipla escolha, tipo *Quiz*, que tinham um texto com informações do Princípio Hardy-Weinberg (Figura 3) para auxiliar na compreensão dos estudantes.

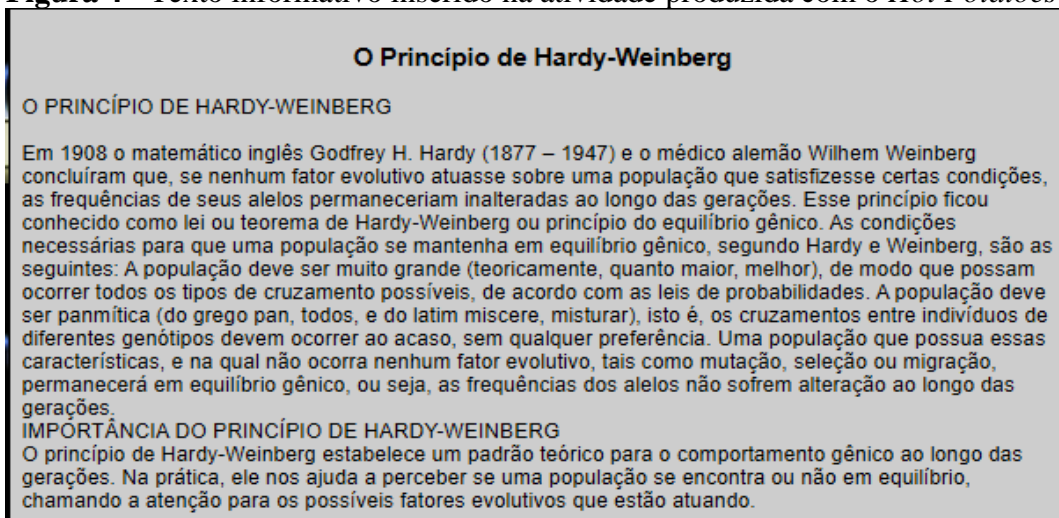
Figura 3 - Atividade desenvolvida com recurso digital para auxiliar na aprendizagem dos estudantes



Fonte: Do autor (2022).

O texto continha informações de modo simplificado, contudo, traziam possibilidade de auxiliar na busca por respostas das questões (Figura 4).

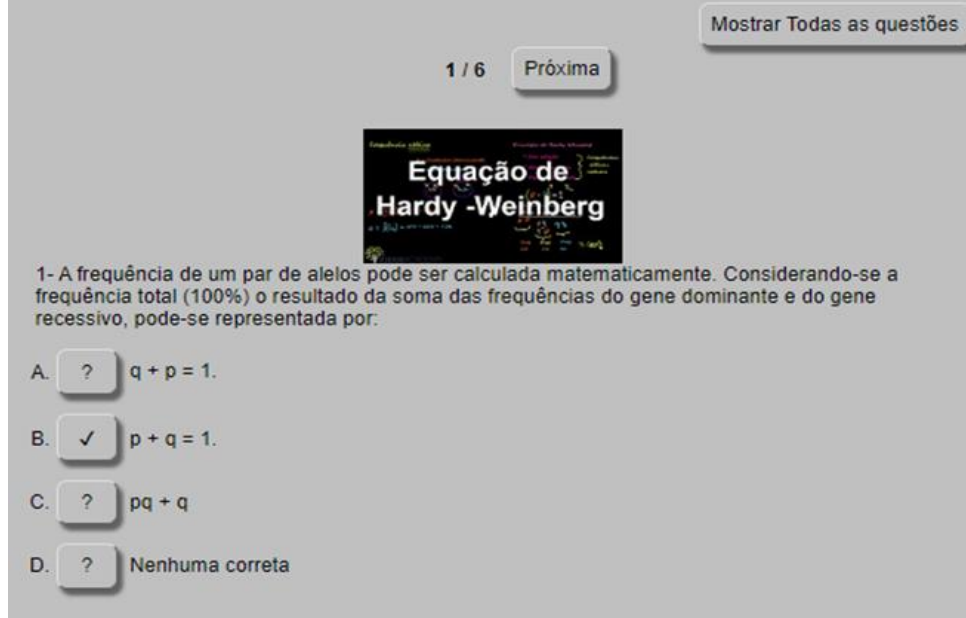
Figura 4 - Texto informativo inserido na atividade produzida com o *Hot Potatoes*®.



Fonte: Do autor (2022)

Para a compreensão, elucidada-se mostrando na Figura 5 um dos exemplos de questão da atividade em questão.

Figura 5 - Exemplo de questão de atividade produzida com o *Hot Potatoes*[®]

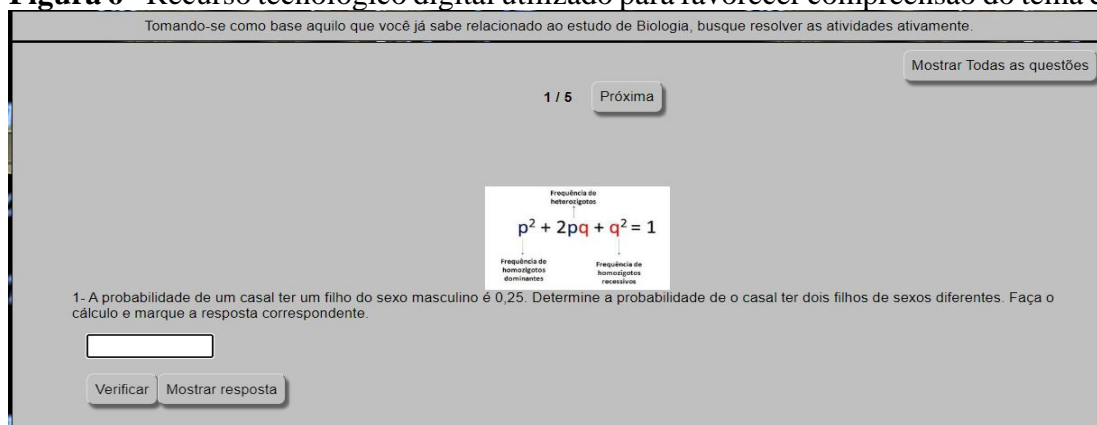


Fonte: Do autor (2022).

Em cada uma das questões havia *feedback*, para motivar a busca pelas respostas corretas, caso ocorresse erro por parte dos grupos e, explicação relacionada ao acerto, visando à fixação da informação. Na referida atividade, observou-se que 100% dos grupos conseguiram demarcar as respostas dentro do esperado e que eles mesmos puderam verificar. Na perspectiva na qual foram apresentadas as questões, entendeu-se que, talvez, os estudantes tivessem visto a utilização do recurso tecnológico como estratégia favorecedora para se conseguir a consolidação da tarefa.

A segunda parte das atividades foi composta por cinco questões. As questões apresentadas para a tarefa já haviam sido trabalhadas anteriormente com a classe em outro momento da SD. O objetivo de rerepresentá-las não foi especificamente para uma repetição, mas, sim, de reafirmar a ideia da aplicação matemática do Princípio estudado. Na Figura 6 a seguir, faz-se a demonstração de uma das tarefas da atividade proposta aos estudantes.

Figura 6 - Recurso tecnológico digital utilizado para favorecer compreensão do tema em estudo



Fonte: Do autor (2022).

Acco - Revista Científica

Acredita-se que, o fato de já conhecerem o conteúdo das questões auxiliou a conclusão de toda a atividade. Como as atividades traziam *feedback* e explicações, os estudantes puderam verificar por si mesmos os acertos e, talvez, erros. Acredita-se que assim tiveram a oportunidade de se colocarem reflexivos. Segundo Rosa e Rosa (2016), o pensamento metacognitivo se caracteriza como mecanismo ativador da memória e do autoconhecimento. Dessa forma, o papel do professor passa a ser de criar situações e de estabelecer estratégias para facilitar a ativação desse pensamento, que pode contribuir para que os estudantes sejam independentes na busca pelo conhecimento e aprendam a aprender.

Em seguida, foi solicitado que respondessem: “A utilização do recurso digital motivou ou não a responder às questões? Por quê? Houve alguma questão que considerou relevante e que merece ser destacada? Se sim, qual e por quê? Você acha que usar um recurso digital para aplicar a Matemática na Biologia ajuda a aprender o conteúdo estudado?”

A partir dos questionamentos que foram dirigidos verbalmente aos estudantes, registrou-se que 30% deles, distribuídos nos grupos, responderam às indagações. Os demais não se manifestaram. Para explicitar, aponta-se expressões dos estudantes que foram transcritas:

Sim, motivou. Porque é diferente das outras aulas. A gente já tinha resolvido estas questões outro dia e ficou fácil... Eu acho que ajuda compreender a “matéria”. E desse jeito é bem legal (G5).

A despeito dos resultados apresentados, pode-se afirmar que eles não traduzem tão somente as tarefas realizadas pelos estudantes, mas também a compreensão, da parte deles, sobre a importância de cada uma delas. No pensamento de Rosa (2014, p. 35), “não basta que o estudante tome consciência dos seus conhecimentos, é preciso que ele os operacionalize, pois somente assim saberá se sabe o que julga saber”.

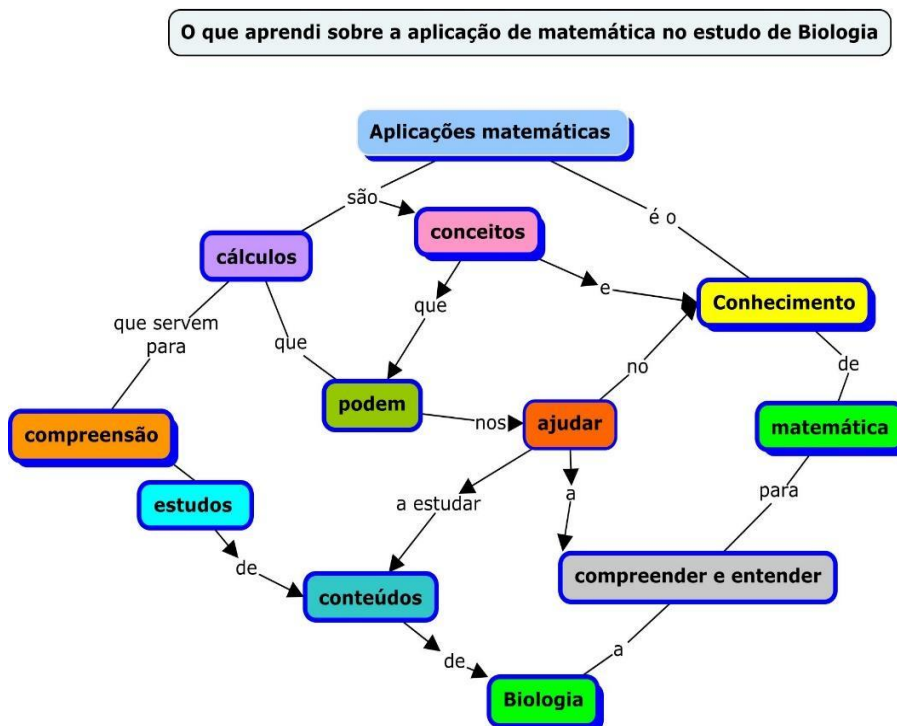
Considerando-se que um dos objetivos da pesquisa centra no desenvolvimento e análise

de instrumento metacognitivo, almejando observar as ideias construídas pelos participantes deste estudo relacionadas ao processo de pensar em como se aprende, na Aula 7: *Emojikon sem tergiversar*, de encerramento das atividades, os estudantes apresentaram as suas acepções e reflexões acerca da SD desenvolvida com e por eles.

Em decorrência disso, conforme orientação do professor, elaboraram um mapa conceitual no qual consideraram o envolvimento e aprendizado. No mapa conceitual buscaram responder à questão: *O que aprendi acerca da aplicação da Matemática para estudar Biologia?* Os estudantes apresentaram os mapas produzidos e explicaram as ideias neles expressas.

Os mapas produzidos foram analisados e, como se busca interpretar o conteúdo das acepções dos estudantes, entendeu-se que o exemplo de mapa selecionado dentre aqueles produzidos pelos estudantes explica a ideia que construíram acerca das aplicações matemáticas para o estudo de Biologia. De maneira a ilustrar o exposto, transcreveu-se o mapa (Figura 7) com a ferramenta *CmapTools*¹.

Figura 7 – Mapa conceitual transcrito explicando a ideia de aplicação matemática



Fonte: Do arquivo do autor (2022).

¹ Ferramenta para elaborar esquemas conceituais e representá-los graficamente, ou seja, um programa que auxilia a desenhar mapas conceituais. Disponível em <https://cmaptools.softonic.com.br/>.

Observando-se a Figura 7, pode-se perceber a ideia central com organização hierarquizada dos conceitos. Desse modo, o mapa conceitual serviu como ferramenta estratégica para auxiliar na aprendizagem e como ferramenta didática metacognitiva. De acordo com Rosa (2014, p. 105) “a sua construção requer dos estudantes conhecimentos que decorrem da identificação daquilo que já sabem e, também, da regulação desse conhecimento no momento da realização das atividades, ou seja, da ativação e utilização do pensamento metacognitivo.

Uma vez concluído o trabalho do mapa conceitual, na sequência responderam a um instrumento adaptado de Portilho (2011), onde expressaram-se acerca das estratégias metacognitivas que foram utilizadas por eles, quando resolveram as atividades da sequência didática. Analisando o instrumento que na SD foi denominado “*Emojikon* sem tergiversar”, com o qual buscou-se focar na compreensão, atenção, autocontrole e organização dos estudantes, verificou-se as percepções em uma escala com variação de 1 a 5, mas que também puderam representar por *emoji* (representação gráfica). Nesse viés, tabulou-se as informações que foram obtidas, em que considerou-se a escala de 1 a 5 e os *emojis*. A escala foi definida como mostrada no Quadro 1:

Quadro 1 - Escala para análise de níveis metacognitivos dos estudantes participantes da pesquisa

Código	Valor
1	Muito baixo
2	Baixo
3	Em elevação
4	Alto
5	Muito alto

Fonte: Do autor (2022).

Levando-se em conta todas as atividades que foram realizadas com os estudantes e as repostas apresentadas no instrumento referido, calculou-se a média aritmética e observou-se que 6 dos estudantes demonstraram um nível metacognitivo muito baixo, 3 em nível metacognitivo baixo e 5 em elevação. Já no nível alto, em média 5 estudantes, e no nível metacognitivo muito alto também 5 estudantes. Em conformidade com este resultado entendeu-se que de fato, as atividades em sala de aula necessitam ser suficientemente diversificadas e

reflexivas para que os estudantes tenham condição de se colocar reflexivos do seu processo de aprender. Acredita-se que, para tanto, a mediação em sala de aula pode ser de maneira que possibilita aos estudantes buscar estratégias para aprender efetivamente.

Nesse contexto, “não podemos continuar apenas a ensinar o conteúdo, mas principalmente as estratégias para aprender o conteúdo” (PORTILHO, 2011, p. 155). Para a autora, pensando-se em ensino metacognitivo, é importante oferecer oportunidade de o estudante aplicar estratégias por meio das quais aprendem em diferentes situações. Apesar disso, compreende-se que além de ensinante, o professor deva ser também aprendiz, de modo a compreender que o processo de aprendizagem precisa ocorrer com flexibilidade potencializando a aprendizagem.

Então, de maneira a trabalhar com categorias, agrupamentos foram realizados, a partir das ideias e expressões para possibilitar uma interpretação. Para a categorização, pensou-se nos elementos metacognitivos: planificação, regulação e avaliação. Pensando-se em possibilitar compreensão, as categorias geradas estão apontadas no Quadro 2.

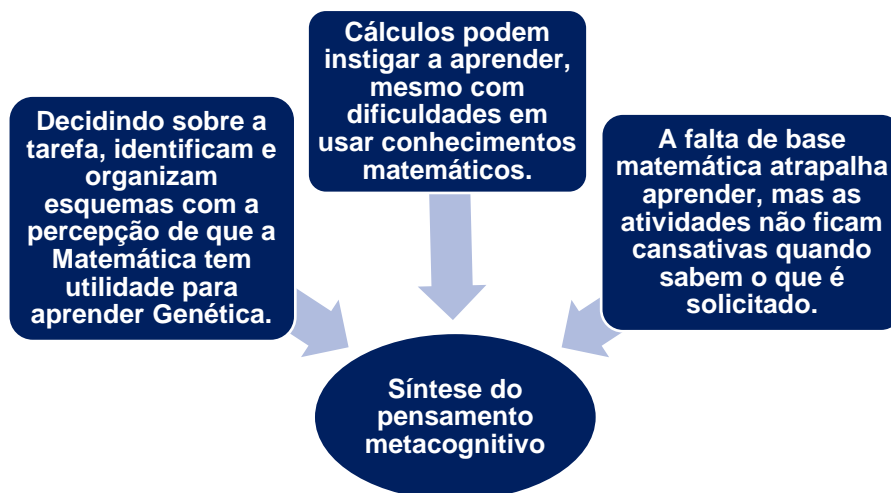
Quadro 2 – Categorização das percepções dos estudantes relacionadas ao pensamento metacognitivo

PLANIFICAÇÃO	REGULAÇÃO	AVALIAÇÃO
Quando conseguem decidir sobre a tarefa, resolvem sem necessidade de leitura repetida.	Interesse por se tratar de cálculos, o que instigou a realizá-los.	Quando se sabe o que é requisitado nas atividades, elas podem não se tornar cansativas.
Quando buscam identificar as ideias mais importantes podem organizar esquemas que auxiliam a entender o que está sendo feito.	Mesmo com dificuldade, foi possível comprovar resultados e isso exige o uso de conhecimentos matemáticos.	Falta de base matemática atrapalha pensar na resolução dos problemas de probabilidade e Princípio da Biologia.

Fonte: Do autor (2022).

Nessa perspectiva, observou-se as ideias que expressavam a consciência dos estudantes. Assim, a partir disso, realizou-se uma releitura das categorias e criou-se outras três mais compactas, pensando em fidelizar as respostas dos estudantes (Figura 8).

Figura 8 – Síntese do pensamento metacognitivo dos estudantes apresentada no instrumento adaptado de Portilho (2011)



Fonte: Do autor (2022).

Ressalta-se que foi buscada uma interpretação associada às estratégias metacognitivas, que são aspectos de relevância para a ativação do pensamento metacognitivo. Para Santos, Oliveira e Saad (2021), quando os estudantes conseguem saber avaliar a própria execução cognitiva; saber selecionar uma estratégia adequada para solucionar determinado problema; saber determinar a compreensão do que se está lendo ou escutando; saber transferir os princípios ou estratégias aprendidas de uma situação para outra; saber determinar se as metas ou os objetivos propostos são consistentes com suas próprias capacidades; conhecer as próprias capacidades e como compensar suas deficiências, podem conduzir o processo para o melhor desempenho em determinadas tarefas. Ainda nessa perspectiva, os autores citados descrevem que as estratégias metacognitivas podem ser caracterizadas como recursos que trazem benefícios para os sujeitos relacionados aos objetivos de estudo, regulação ou conhecimento de como aprender e no monitoramento do próprio pensamento, na qual o sujeito tem conhecimento da própria compreensão. De acordo com Portilho e Dreher (2012, p. 185), “a estratégia de aprendizagem tem a ver com o controle sobre os próprios processos de aprendizagem, para que se possa utilizá-los de maneira mais discriminativa”. Portanto, quando há um autocontrole por parte do estudante, certamente conseguirá aprender com mais eficiência.

Considerações finais

Pelo que se expôs, foram ilustrados resultados da pesquisa em que se estudou potencialidades da aplicação de conceitos matemáticos no Ensino de Biologia no Ensino Médio,

utilizando-se de recursos pedagógicos reflexivos e ativação do pensamento metacognitivo. As observações das atividades realizadas pelos estudantes possibilitaram um entendimento de que a falta de base matemática atrapalha pensar na resolução dos problemas que lhes são apresentados na sala de aula, para estudo de Biologia. Todavia, pôde-se perceber que cálculos podem instigar a aprender, mesmo com dificuldades em usar conhecimentos matemáticos.

Em conformidade com as observações, interpretou-se que os estudantes em diversas situações conseguiram refletir as tarefas, planejar e monitorar e avaliar o que estava sendo realizado por eles. Nesse sentido, fica a ideia de que ativação do pensamento metacognitivo é relevante no ensino de Biologia, quando instigada para que os estudantes compreendam os seus processos de aprender e para melhoria das suas aprendizagens.

Referências

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Tradução de Luiz Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica; Conselho Nacional de Educação. *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base. Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio/file>. Acesso em: 28 mar. 2021.

COUTINHO, R. M. *Equações diferenciais com retardo em biologia de populações*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade Estadual Paulista. Instituto de Física Teórica, 2010.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1998.

GEWEHR, D.; STROHSCHOEN, A. A. G.; SCHUCK, R. J. Projetos de pesquisa e a relação com a metacognição: percepções de alunos pesquisadores sobre a própria aprendizagem. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte*, nº 22, e19937, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172020210144>. Acesso em: 13 maio 2021.

GEWEHR, D. *Projetos de Pesquisa e Feiras de Ciências como espaços de metacognição*. Tese de Doutorado em Ensino, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2019. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/handle/10737/2762>. Acesso em: jun. 2022.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6 ed. - São Paulo: Editora Atlas, 2008.

GOLOMBEK, D. A. *Aprender e Ensinar Ciências: do laboratório à sala de aula (e vice-versa)*. Tradução CERDAN, Heloisa. 2 ed. São Paulo: Sangari do Brasil - Fundação Santillana, 2009.

KNEUBIL, F. B., PIETROCOLA, M. A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o ensino de ciências. *Ienci- Investigações em Ensino de Ciências*, v. 22, n. 2, pp. 01-16, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n2p01>. Acesso em: 13 dez. 2022.

LINHARES, S. *Biologia Hoje*, 3 ed. São Paulo: Ática, 2016.

MARQUI, A. B. T. de. Fenilcetonúria: aspectos genéticos, diagnóstico e tratamento. *Rev. Soc. Bras. Clin. Med.*, v.15, n. 4, p.282-8, 2017. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/01/877193/154282-288.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2021.

MINAS GERAIS. *Currículo Referência de Minas Gerais*. Secretaria de Estado da Educação. Belo Horizonte-MG: 2021. Disponível em: <https://www2.educacao.mg.gov.br/images/documentos/Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%Aancia%20do%20Ensino%20M%C3%A9dio.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MUIJS, D.; BOKHOVE, C. *Metacognition and SelfRegulation: Evidence Review*. London: Education Endowment Foundation, 2020. Disponível em: <https://educationendowmentfoundation.org.uk/evidence-summaries/evidence-reviews/metacognition-and-self-regulation-review/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

PORTILHO, E. M. L.; DREHER, S. A. S. Categorias metacognitivas como subsídio à prática pedagógica. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 38, n. 1, p.181-196, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/KdBqCs3HsXS3nVYhCwHQfTz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PORTILHO, E. *Como se aprende? Estratégias, estilos e metacognição*. 2 ed. Rio de Janeiro: Wak Ed., 2011.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REIS, E. F. *Modelagem Matemática e Leishmaniose: Proposta de Ensino e de Aprendizagem Relacionando Biologia e Matemática*. Dissertação de mestrado - PPGECE da UNIVATES-RS, 2016. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/browse?type=author&value=Reis%2C+Erisnaldo+Francisco>. Acesso em: 20 de mar. 2021.

REIS, Erisnaldo Francisco; ARÊAS, Glauber Pacheco; STROHSCHOEN, Andreia Aparecida Guimarães. Metodologias ativas no ensino médio: invertendo a sala de aula para aprender Biologia. In: STROHSCHOEN, A. A.G. *et al.* (org.). *Metodologias ativas, participativas e uso de tecnologias digitais no ensino [recurso eletrônico]*. Lajeado: Editora Univates, 2023. Disponível em: <https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/391/pdf391.pdf>. Acesso em: 20 maio 2023.

RIBEIRO, C. de A. G.; ROSA, C. T. W. da; ZOCH, A. N. Textos Científicos em Aulas de Ciências: Relato de Atividades no Contexto de Ensino Remoto Síncrono envolvendo Estratégias Metacognitivas. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.17, n.1, pp. 119-136, 2022. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/958/889>. Acesso em: 15 jun. 2022.

ROSA, C. T. W. da. *Metacognição e o ensino de Física: da concepção à aplicação*. Passo Fundo: Edi. Universidade de Passo Fundo, 2014.

ROSA, C. T. W. da. Instrumento para avaliação do uso de estratégias metacognitivas nas atividades experimentais de Física. *Revista Thema*, v. 14, n.2, p. 182–193, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.182-193.490>. Acesso em: 12 jul. 2022.

ROSA, C. T. W. da [et al.]. Metacognição e seus 50 anos: uma breve história da evolução do conceito. *Revista Educar Mais*, v. 4, n. 3, pp. 703 a 721, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/reducarmais.4.2020.2063>. Acesso em: 12 set. 2021.

ROSA, C. T. W. da; MENESES VILLAGRÁ, J.A. Metacognição e Ensino de Física: Revisão de Pesquisas Associadas a Intervenções Didáticas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em ciências*, Belo Horizonte, v. 18 n. 2, p. 581-608, 2018. Disponível em <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4851>. Acesso em: 03 maio 2020.

ROSA, C. T. W. da; ALVES FILHO, J. de P. Estudo da viabilidade de uma proposta didática metacognitiva para as Atividades experimentais em física. *Ciência & Educação*, v. 20, n. 1, Bauru 2014, pp. 61-81. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho São Paulo, Brasil. Disponível em: Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251030165005> Acesso em: 15 maio 2021.

ROSA, C. T. W. da; ROSA, Á. B. da. Ensino de física: A interação social como favorecedora da evocação do pensamento metacognitivo. *Revista Espacios*, v. 37, n. 24, p. E-2, 2016. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n24/163724e2.html>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ROSA, C. T. W. da; RIBEIRO, C. de A. G.; ROSA, A. B. da. Habilidades metacognitivas envolvidas na resolução de problemas em Física: Investigando estudantes com *expertise*. *Amaz. RECM*, v.14, n. 29, Especial Metacognição, 2018. p. 143-160. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/5372>. Acesso em: 21 jul. 2022

SANTOS, A. O.; OLIVEIRA, G. S. de; SAAD, N. dos S. A Metacognição e Estratégias Metacognitivas no Processo de Ensino e Aprendizagem da Matemática. *Revista Valore*, [S.l.], v. 6, p. 23-39, out. 2021. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/1035>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SILVA, S. F. da; GOMES, H. G. de L. Matemática interligada a Biologia: o estudo da função exponencial no Ensino Médio com o auxílio do Geogebra. V CONEDU - Congresso Nacional de educação. 2018. *Anais...* V CONEDU, Olinda - PE de 17 a 20 de outubro, 2018. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/46025>. Acesso em: 9 jul. 2021.

SILVA Jr., G. B. *Biologia e matemática: diálogos possíveis no ensino médio*. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: http://http://www2.rc.unesp.br/eventos/matematica/ebiapem2008/upload/281-1-A-gt2_silva%20j%20C3%BAiortc.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

SILVA Jr., César da. *Biologia 3*, Ensino Médio, 11 ed. São Paulo: Saraiva, 2016.