

Alguns exemplos de exercícios metacognitivos que promovem o desenvolvimento conceitual em Matemática

Some examples of metacognitive exercises that promote conceptual development in Mathematics

Algunos ejemplos de ejercicios metacognitivos que promueven el desarrollo conceptual en Matemáticas

*Humberto José Bortolossi*¹

*Lhaylla dos Santos Crissaff*²

*Wanderley Moura Rezende*³

Resumo

Neste texto, após uma breve introdução sobre o conceito de metacognição e de sua importância no contexto educacional, apresentamos e discutimos alguns exemplos que ilustram o processo de articulação metacognitivo com vistas para o desenvolvimento conceitual adotado em alguns textos produzidos para o Projeto Livro Aberto de Matemática. Trata-se de uma pesquisa-ação descritiva. Nosso objetivo é, por meio de nosso relato, sensibilizar os produtores de materiais didáticos para considerarem a metacognição em seu trabalho. A partir de várias Oficinas realizadas com alunos do Ensino Médio, professores da Escola Básica e alunos de licenciatura em que aplicamos as atividades aqui relatadas, pudemos constatar o potencial e a importância a metacognição para promover o desenvolvimento conceitual.

Palavras-chave: Metacognição; livro didático; ensino; aprendizagem matemática.

Abstract

In this text, following a brief introduction on the concept of metacognition and its importance in the educational context, we present and discuss several examples illustrating the metacognitive articulation process aimed at conceptual development adopted in some texts produced for the Open Book Project in Mathematics. This is a descriptive action research. Our goal is, through our report, to raise awareness among didactic material producers to consider metacognition in their work. From various workshops conducted with high school students, primary school teachers, and undergraduate students where we applied the activities reported here, we were able to ascertain the potential and importance of metacognition in promoting conceptual development.

Keywords: Metacognition; textbook; teaching; mathematical learning.

Resumen

En este texto, después de una breve introducción al concepto de metacognición y su relevancia educativa, exploramos ejemplos que muestran el proceso metacognitivo enfocado en el desarrollo conceptual, utilizado en textos del Proyecto Libro Abierto de Matemáticas. Como parte de una investigación-acción descriptiva, buscamos sensibilizar a creadores de material didáctico sobre la metacognición. Mediante talleres con estudiantes de secundaria, maestros de primaria y universitarios, demostramos el valor y el impacto de la metacognición en el avance conceptual.

Palabras clave: Metacognición; libro de texto, enseñanza; aprendizaje matemático.

¹ UFF, Niterói/RJ – Brasil. E-mail: hjbortol@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1212-6252>.

² UFF, Niterói/RJ – Brasil. E-mail: lhayllacrissaff@id.uff.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2344-3077>.

³ UFF, Niterói/RJ – Brasil. E-mail: wmrezende@id.uff.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1884-1241>.

Introdução: o que é metacognição e por que ela é um constructo importante em Educação?

Metacognição é um conceito polissêmico, isto é, sua definição pode mudar dependendo da época e do contexto em que é usado e de quem o está usando.

Segundo Georgiades (2012), o termo "metacognição" foi introduzido pelo psicólogo americano John Hurley Flavell no início da década de 1970, com base no termo "metamemória" anteriormente concebido pelo mesmo acadêmico. Flavell (1979) entendia a metacognição como o conhecimento dos aprendizes sobre sua própria cognição, definindo-a como "conhecimento e cognição sobre fenômenos cognitivos". A metacognição é frequentemente mencionada na literatura como "pensar sobre o próprio pensamento" ou como "cognições sobre cognições". Geralmente está relacionada ao conhecimento, consciência e controle dos processos pelos quais os estudantes aprendem. O aprendiz metacognitivo é caracterizado pela capacidade de reconhecer, avaliar e, quando necessário, reconstruir ideias existentes. A definição de Flavell foi seguida por muitas outras, frequentemente retratando ênfases diferentes nos mecanismos e processos associados à metacognição: Polya, Schoenfeld, Verschaffel, Mevarech e Kramarski (MEVARECH; KRAMARSKI, 2014); Flavell, Brown, Nelson e Naren, Norman, Shallice e Shimamura (PEÑA-AYALA, 2015); entre outros.

Não há ainda um consenso sobre a definição de metacognição (RIBEIRO, 2003), o que confere ao conceito um caráter de *fuzziness* (GAMA, 2004). Segundo Akturk e Sahin (2011), várias pesquisas têm sido realizadas para compreender o interior desta estrutura, que é realmente de difícil entendimento. Os autores afirmam, tal como Gama (2004), que "Metacognition is a structure that is referred as **fuzzy** by many scholars and **has very diverse meanings**" (grifo nosso). Mahdavi (2014) também se alinha com este entendimento ao afirmar que "It is by no means easy to talk about metacognition, an apparently unproblematic thirteen-letter term, and its education, both due to the richness and heterogeneity of theoretical and methodological approaches and due to the **vague and slippery nature** of the metacognition construct" (grifo nosso). Tay *et al.* (2024) também compartilham desta percepção ao colocarem que "While metacognition has been widely studied as a **multi-faceted construct comprising of metacognitive knowledge, regulation and experiences in various combinations**" (grifo nosso). Descrições típicas incluem: "conhecimento sobre conhecimento", "consciência da consciência", "cognição de segunda ordem", "autorregulação, reorganização metaprocedural e abstração reflexiva", "tornar explícitas práticas implícitas". Alguns autores ainda consideram a reflexão como sinônimo de metacognição (SILVER, 2013). O Movimento pela Base Nacional Comum (2018), em sua Competência Geral 1 intitulada "Conhecimento" da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), coloca a metacognição como uma subdimensão: "Consciência sobre o que, como e por que aprender. Definição de necessidades/metas e utilização de estratégias/ferramentas de aprendizagem adequadas. Avaliação do que se aprende." O Ministério da Educação de Singapura (2016), por sua vez, define a metacognição como "questionamento e refinamento de pensamentos, atitudes, comportamentos e ações;

reavaliando conclusões e considerando alternativas; recuando para considerar o quadro maior". Nos exemplos que apresentaremos mais adiante, adotamos uma concepção de metacognição alinhada com essas duas últimas definições.

Smortchkov e Shea (2020) identificam dois tipos de metacognição, a saber, analítica e procedural: a **metacognição analítica** abrange crenças explícitas sobre estados mentais e processos de primeira ordem, como estratégias eficazes de memória. Ela se baseia nas crenças populares das pessoas sobre como a mente funciona, que podem ser falsas. Já a **metacognição procedural** é baseada em sentimentos associados aos processos cognitivos, como uma sensação de fluência durante a lembrança ou uma sensação de saber ao considerar uma pergunta. Esses sentimentos podem ser agrupados sob a ampla noção de "sentimentos noéticos". Em resumo, a metacognição analítica envolve crenças explícitas sobre processos mentais, enquanto a metacognição procedural é baseada em sentimentos associados aos processos cognitivos.

Observamos que a palavra "metacognição" tem sua *etimologia* baseada em duas partes: "meta" e "cognição". "Meta" deriva do grego antigo "meta", que significa "além", "depois" ou "acima". Na linguagem moderna, é frequentemente usada para indicar um nível mais elevado ou reflexivo de algo. "Cognição" vem do latim "*cognitio*", que significa "conhecimento" ou "ato de conhecer". Portanto, etimologicamente, a palavra "metacognição" sugere a ideia de pensamento ou conhecimento além da cognição básica, envolvendo a reflexão e a autorreflexão sobre os próprios processos cognitivos.

E por quais razões metacognição é importante? Vários motivos têm sido elencados: por exemplo, um estudo da *Education Endowment Foundation* (2023), que classificou a efetividade de diversas estratégias pedagógicas já propostas pela literatura, colocou a metacognição em segundo lugar (que só perde para a *prática de feedback*). Mevarech e Kramarski (2014) apontam que as pedagogias metacognitivas podem ser usadas para melhorar a capacidade dos alunos em lidar com problemas complexos, não familiares e não rotineiros, habilidades que são cada vez mais valorizadas no mundo atual. Em um relatório elaborado para a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), estes autores apresentam várias pesquisas experimentais e quase-experimentais que demonstram os diversos benefícios da metacognição no processo de aprendizagem. Segundo os autores, a metacognição tem se mostrado um preditor significativo do aprendizado, uma vez que estudantes com habilidades metacognitivas mais desenvolvidas tendem a obter maior sucesso acadêmico em comparação com aqueles que apresentam níveis mais baixos de metacognição. O relatório também dedica um capítulo específico às evidências que destacam os impactos positivos da metacognição na aprendizagem de disciplinas como Aritmética, Álgebra, Geometria, Tarefas com Contextos Autênticos e Ciências, tanto a curto quanto a longo prazo.

Cabe observar que metacognição é um dos pilares do modelo pentagonal (figura 1) do currículo de Matemática de Singapura (país que tem se destacado positivamente nas avaliações do PISA). O modelo de currículo de Matemática de Singapura é estruturado em um pentágono como ilustrado na Figura 1, onde a resolução de problemas é colocada no cerne, evidenciando seu papel primordial como o objetivo final do ensino de Matemática.

Cercando este núcleo, encontram-se cinco pilares fundamentais: metacognição, processos, conceitos, procedimentos e atitudes. Cada pilar tem uma função distinta, porém interrelacionada, para formar um aprendizado matemático robusto, holístico e integrado. A metacognição, que envolve a reflexão sobre o próprio processo de aprendizado e a autorregulação, é crucial para que os alunos entendam e melhorem suas próprias estratégias de resolução de problemas. Os processos matemáticos, como raciocínio, comunicação e aplicação de heurísticas, são habilidades essenciais que os alunos precisam desenvolver para abordar os problemas de maneira eficaz. Os conceitos matemáticos fornecem o conhecimento teórico necessário para compreender e estruturar o mundo quantitativo ao redor deles. Os procedimentos envolvem a manipulação de símbolos matemáticos e a execução de algoritmos, que são as ferramentas práticas para a realização de cálculos e operações matemáticas. As atitudes, por fim, referem-se à disposição emocional e motivacional dos alunos em relação à matemática, como interesse, confiança e perseverança, fundamentais para o engajamento e sucesso na matéria. Ao articular esses cinco pilares em torno da resolução de problemas, o modelo de Singapura reconhece que cada componente é essencial e que, quando combinados, eles promovem uma compreensão profunda e uma aplicação efetiva da matemática pelos alunos.

Figura 1. Metacognição como um dos pilares do modelo pentagonal do currículo de Matemática de Singapura.



Fonte: Teixeira (2015).

Desoete e Craene (2019), por sua vez, argumentam que a metacognição é importante porque se refere à capacidade de uma pessoa de monitorar, avaliar e regular seu próprio processo de aprendizagem. Isso significa que, ao desenvolver habilidades metacognitivas, os alunos podem se tornar mais conscientes de como aprendem e podem usar estratégias mais eficazes para melhorar seu desempenho acadêmico. Além disso, a metacognição pode ajudar os alunos a se tornarem aprendizes independentes e autônomos, capazes de identificar seus pontos fortes e fracos e tomar medidas para melhorar sua compreensão e desempenho em diferentes áreas do conhecimento.

Desenvolvimento conceitual e exercícios metacognitivos: alguns exemplos

Nesta seção, apresentaremos e discutiremos alguns exemplos que ilustram o processo de articulação metacognitivo adotado em alguns textos, exemplos estes concebidos em nossa pesquisa-ação para o Projeto Livro Aberto de Matemática (aqui, seguindo Thiollent, 2023), consideramos pesquisa-ação como a pesquisa cuja metodologia foca na ação e reflexão em contextos reais para melhorar práticas e compreensão). Não nos concentraremos em estratégias gerais que podem ser aplicadas para qualquer assunto, mas, sim, naquelas relacionadas mais diretamente com o desenvolvimento conceitual. Atividades, exemplos e questionamentos foram concebidos no sentido de oferecer, para os alunos, o que Flavell (1979) denomina de “experiências metacognitivas”. Por desenvolvimento conceitual entendemos o processo pelo qual os indivíduos adquirem e aprofundam seu entendimento dos conceitos e ideias em uma determinada área de conhecimento. Envolve a construção de uma compreensão mais sofisticada e abrangente dos conceitos, a capacidade de fazer conexões entre os conceitos e a habilidade de aplicar esses conceitos em diferentes situações.

O desenvolvimento conceitual não se limita apenas à memorização de informações, mas sim ao desenvolvimento de uma compreensão significativa e contextualizada dos conceitos. Isso pode envolver a capacidade de identificar padrões, relacionar conceitos a exemplos do mundo real, fazer generalizações e aplicar os conceitos em contextos diferentes.

Esse processo de desenvolvimento conceitual pode ocorrer por meio de experiências de aprendizagem ativas, reflexões, resolução de problemas e interações com o conhecimento. À medida que os indivíduos desenvolvem seu entendimento conceitual, eles se tornam mais capazes de aplicar os conceitos de forma flexível e criativa, e de construir conhecimentos mais avançados na área em questão.

Exemplo 1: Frações no Ensino Fundamental I

Frações constituem um tópico matemático em que o aluno, pela própria natureza do assunto, se vê na tarefa de lidar com vários modelos e diferentes representações: linguagem natural, modelos pictóricos discretos e contínuos (discos, barras, polígonos e retas numéricas) e a notação simbólica. Enquanto transformações e conversões dessas representações são práticas rotineiras no contexto escolar, surge a questão da ação metacognitiva, por parte de alunos e professores, sobre essas práticas. **Por que transformar e converter essas representações?** A notação simbólica para frações, normalmente vista como empecilho, tem vantagens? No livro de *Frações no ensino fundamental I*, do projeto Um Livro Aberto (bit.ly/3MKaUam), procurou-se estimular essas reflexões, tanto para alunos quanto para professores. No *Manual do Professor*, por exemplo, explicita-se que a concepção de todo o livro é fortemente apoiada no uso e nas conversões das representações porque, primeiro, como defende Duval, são essas

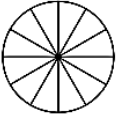
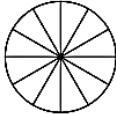
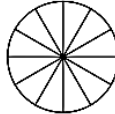
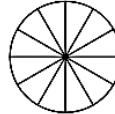
conversões que permitem a compreensão dos conceitos em si e, segundo que ‘alunos diferentes’ podem ser mais sensíveis a ‘representações diferentes’ na apreensão inicial de algum conceito. Justamente pelo fato de resultados de pesquisas científicas apontarem que a representação simbólica costuma ser um obstáculo para o aluno (VAMVAKOUISSI; VOSNIADOU, 2004), explicita-se no *Manual do Professor* que essa representação é propositalmente evitada no primeiro capítulo que trata das frações unitárias.

Para o aluno, há atividades elaboradas exclusivamente como experiências para promover o pensamento metacognitivo e o desenvolvimento conceitual sobre vantagens e desvantagens das representações como a ilustrada na Figura 2. Note que a Atividade 5 procura mostrar para o aluno um atributo importante (geral) da simbologia matemática: a economia de escrita. Isto está colocado de forma explícita na parte no *Manual do Professor* associada a esta atividade, justamente para que ele ganhe consciência do propósito (metacognição!) e possa conduzir a atividade com seus alunos de acordo.

Figura 2. Promovendo o pensamento metacognitivo para representações de frações.

Atividade 5

Uma pizza gigante foi dividida em doze fatias iguais. Pedro comeu quatro fatias, Isabella cinco fatias, Bernardo duas fatias e Manuela apenas uma fatia.

	Pedro	Isabella	Bernardo	Manuela
Pinte a fração de pizza consumida por cada pessoa				
Escreva, por extenso, a fração de pizza consumida por cada pessoa				
Escreva, usando notação simbólica matemática, a fração de pizza consumida por cada pessoa				

- Na sua opinião, qual representação de fração “gasta menos lápis” para ser escrita: usando notação simbólica matemática, escrevendo por extenso ou pintando?
- Na sua opinião, qual a representação que mais rapidamente ajuda a decidir quem comeu mais e quem comeu menos pizza?

Manual do Professor

Atividade 5

Objetivos específicos: Levar o aluno a

- ★ Comparar diversas maneiras de se representar uma fração (por extenso, simbolicamente e graficamente).
- ★ Discutir aspectos dessas representações.

Recomendações e sugestões para o desenvolvimento da atividade:

- ★ Essa é uma atividade que o aluno pode fazer individualmente.
- ★ É possível que os alunos utilizem frações equivalentes como resposta para um mesmo item. Por exemplo, as frações $\frac{4}{12}$, $\frac{2}{6}$ e $\frac{1}{3}$ descrevem corretamente a quantidade de pizza consumida por Pedro. Nestes casos, dê oportunidade para que cada aluno explique como chegou à sua resposta pois, procedendo desta maneira, mesmo de forma pontual, os alunos perceberão que uma mesma quantidade pode ser descrita por frações com nomes diferentes, o que vai motivar o assunto "frações equivalentes" que será tratado na Lição 4.
- ★ Esta atividade procura mostrar uma das qualidades da notação simbólica matemática: expressar um conceito com economia de escrita. Ela permite encapsular detalhes, simplificar procedimentos, abstrair e generalizar conceitos. Assim, é muito importante fazer com que seus alunos se familiarizem com a notação simbólica matemática para frações: ela será fundamental nas lições sobre operações com frações, por exemplo.

Fonte: Livro Aberto de Matemática.

Exemplo 2: Representações de Vetores no Ensino Médio

Vetores são normalmente estudados na disciplina de Física, porém a segunda versão da BNCC trouxe uma inovação e um desafio ao propor que este tópico fosse estudado em Matemática. Diante dessa proposta, um texto sobre este tópico foi desenvolvido pelo projeto Um Livro Aberto (bit.ly/43qzILG) articulando e integrando o conceito de vetores com situações estudadas na Física e com o apoio de geometria dinâmica.

Nos cursos de Geometria Analítica para formação de professores, os vetores são normalmente representados como segmentos orientados que dão direções e sentidos e cujos comprimentos dão o módulo.

Neste contexto, **a experiência metacognitiva se deu em torno da seguinte pergunta conceitual: toda seta é vetor?** (Figura 3) O objetivo é levar o aluno a tomar consciência (metacognição!) de setas como símbolos de representação gráfica de vetores. Como foi feito para o exemplo de frações, deixamos explícito o propósito metacognitivo e semiótico da atividade no Manual do Professor.

A questão das representações dos vetores é reforçada no Material Suplementar do texto, em que se mostra como entes não humanos, no caso, formigas e abelhas, representam e comunicam grandezas vetoriais em suas vidas. Para abelhas, quando uma delas encontra uma fonte de alimentação, a comunicação da posição desta fonte é representada por uma dança: a direção e sentido da dança dão a direção e sentido da fonte de alimentação e sua duração codifica a distância (Figura 4).

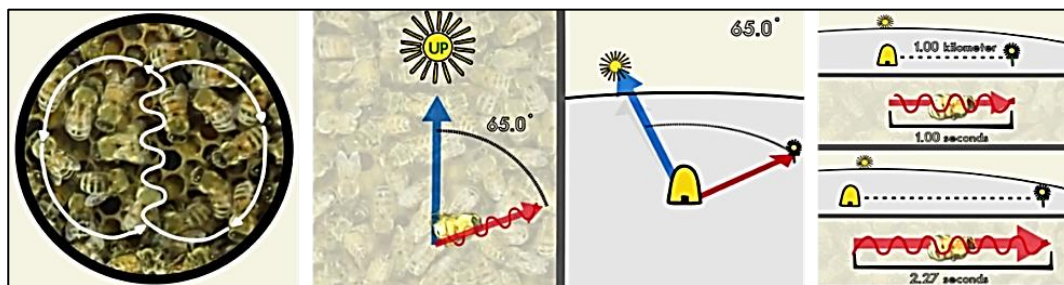
Figura 3. Promovendo o pensamento metacognitivo e o desenvolvimento conceitual sobre representações de vetores.

Toda seta é vetor?

Vimos que vetores são representados geometricamente por setas. Mas será que toda seta em um desenho representa um vetor? Analise as imagens a seguir e decida se as setas desenhadas representam um vetor, isto é, se as setas, de algum modo, estão "codificando" direção, sentido e módulo. Justifique sua resposta!

Fonte: Livro Aberto de Matemática.

Figura 4. Como abelhas representam vetores com sua dança.



Fonte: <https://youtu.be/RGxyhqKsKQk>.

Exemplo 3: Vistas Ortogonais e Representações em Perspectiva no Ensino Médio

Este texto (bit.ly/3N1wkRY) foi concebido para contemplar a habilidade EM13MT01 da segunda versão da BNCC: “Estabelecer relações entre vistas ortogonais e representações em perspectiva de figuras geométricas espaciais e de objetos do mundo físico e aplicar esse conhecimento em situações relacionadas ao mundo do trabalho”.

Ficou claro que, antes de tratar desses dois modos particulares de representação (projeção ortogonal e projeção em perspectiva), **deveria haver no capítulo uma reflexão mais geral e mais conceitual sobre as representações “do que se vê”.** Como aprender a fazê-las? Existem representações que são “melhores” do que outras? Em que sentido elas são representações? Assim, toda a primeira seção desse texto foi redigida no sentido de promover uma grande experiência metacognitiva nos alunos. E essa intenção está registrada no *Manual do Professor*.

A primeira seção é iniciada com imagens rupestres na Caverna de Chauvet na França e no Parque Nacional Serra da Capivara no Piauí com o intuito de mostrar para o aluno que o desejo de representar “o que se vê” acompanha a humanidade desde os seus primórdios. Em seguida, duas atividades são propostas: o “Atelier Geométrico” e o “É O Lobo!” (Figura 5). O objetivo da primeira atividade para o aluno é levá-lo a criar desenhos próprios com os quais será possível, após a realização desta e da próxima atividade, e sob a condução do professor, refletir sobre representações de objetos 3D no plano; o objetivo para o professor é realizar um diagnóstico da turma no que se refere às habilidades de representação por meio de desenhos. Os alunos que terminam a Atividade 1 são orientados a pensarem na Atividade 2.

Figura 5. Fazendo e analisando representações “do que se vê”.



Fonte: Projeto Livro Aberto de Matemática, para a Atividade 1; adaptação de Quillin e Thomas (2015), para a Atividade 2.

Sugere-se que a discussão se inicie com a Atividade 2. Em um primeiro momento, a fotografia (A) pode parecer a “melhor representação” de um lobo, mas “melhor representação” em que sentido? O “melhor” sempre pressupõe um critério e, por conseguinte, um contexto. Por exemplo, caso se queira fazer menção a um lobo em uma mensagem de texto enviada por um aplicativo de celular, então certamente a representação (F) é a mais adequada. Por outro lado, quem não sabe ler em português, pouco uso fará dessa representação. Já no caso de se uma editora exigir que, por questões orçamentárias, um determinado livro de Biologia contenha apenas figuras em preto e branco, então seria melhor representar o lobo como em (B) e (C). Caso a situação acontecesse em um livro infantil, as representações (D) e (E) poderiam ser mais adequadas para dar um tom artístico mais pessoal ao livro. Oficinas realizadas com alunos do Ensino Médio, professores da Escola Básica e alunos de licenciatura mostraram o potencial dessa atividade em promover uma metacognição sobre a instrumentalidade das representações 2D de objetos 3D.

Iniciar a discussão com a Atividade 2, para, em seguida, discutir os desenhos subsequentes dos touros de Pablo Picasso, e, então, discutir se a habilidade de desenhar pode ser desenvolvida ou é uma questão de dom, apresentar estudos que mostram como o registro de objetos tridimensionais muda com a idade e é influenciado por fatores culturais, enfim, toda essa sequência de reflexões foi concebida com o intuito de o aluno:

(1) avaliar o próprio desenho que o aprendiz fez na Atividade 1 sem constrangimentos;

(2) perceber que ele pode autorregular a sua capacidade de produzir e interpretar representações 2D de objetos 3D;

(3) ganhar consciência que representações diferentes têm propósitos diferentes e que é importante usar a representação adequada no contexto em questão. Esse reconhecimento será fundamental para o caso das projeções paralela e em perspectiva, tema do texto. Todo esse delineamento está escrito e justificado no Manual do Professor.

A seção do texto é finalizada com uma atividade e uma discussão (Figura 6). A atividade pede para o aluno desenhar um ponto no quadro para ganhar um prêmio. O professor pode complementar dizendo que, quem desenhar ou mostrar no mundo físico um quadrado, ou uma circunferência, também ganhará o prêmio.

O objetivo da atividade é levar o aluno a perceber (ganhar a consciência) (metacognição!) de que, em última análise, os objetos matemáticos são abstratos e não existem no mundo físico (uma questão ontológica em Matemática). A única maneira de acessá-los (como lembra Duval) é por meio de suas representações. Várias oficinas deste capítulo realizadas com alunos do Ensino Médio, alunos de licenciatura e de professores da Escola Básica mostraram que a percepção desse fato é uma grande surpresa e que, no contexto escolar, há ainda uma forte identificação de um objeto matemático com uma de suas representações. A atividade, então, procura desafiar esse senso comum.

Por fim, sistematiza-se o que foi feito até então e apresenta-se o próprio conceito de semiótica (incluindo a clássica pintura “Isto não é um cachimbo.” de Magritte) (Figura 6).

Figura 6 – Representações, semiótica e questões ontológicas em Matemática.



Fonte: Projeto Livro Aberto de Matemática.

Considerações Finais

Reiteramos que os exemplos apresentados no texto tratam de uma articulação metacognitiva com o desenvolvimento conceitual feita *a priori* (isto é, embutida e de forma deliberada durante a própria concepção/redação da atividade) e não um exercício ou

adequação a posteriori (isto é, que poderia ser feito para qualquer exercício, mesmo aqueles sem pretensões metacognitivas “de fábrica”).

Ainda no contexto de atividades metacognitivas, recomendamos a leitura de Gusmão e Moll (2022), que analisam as práticas que um professor realiza com seus estudantes para resolver um problema de medição de áreas, nos quais aspectos de natureza metacognitiva estão envolvidos, e Rosa (2011), que investiga a possibilidade de inserir momentos explícitos de evocação do pensamento metacognitivo durante a realização de atividades experimentais desenvolvidas na disciplina de Física no Ensino Médio.

Enquanto os materiais desenvolvidos para o Projeto Livro Aberto tiveram preocupação primária na compreensão dos exercícios metacognitivos como veículos do entendimento conceitual por parte do professor, nossa percepção é a de que este entendimento também deva ocorrer por parte dos próprios alunos. Quando os alunos estão cientes dos conceitos e estratégias metacognitivas, eles se tornam protagonistas ativos em seu próprio processo de aprendizagem. Eles passam a compreender como aprendem, quais são suas fortalezas e desafios, e como podem ajustar suas abordagens para alcançar melhores resultados. Ao entenderem os benefícios de monitorar seu próprio pensamento, eles se tornam mais conscientes de suas metas de aprendizagem e podem tomar medidas para alcançá-las de forma mais eficaz.

Além disso, os alunos que possuem conhecimentos sobre metacognição são capazes de identificar estratégias adequadas para diferentes situações de aprendizagem. Eles podem escolher as abordagens mais adequadas para diferentes tarefas, ajustar sua abordagem conforme necessário e avaliar sua própria compreensão. Essa habilidade de autorregulação é essencial para o desenvolvimento da autonomia acadêmica e para a promoção de uma aprendizagem significativa. Alguns autores denominam este entendimento de **metacognição de segunda ordem** (PEÑA-AYALA, 2015). A metacognição de segunda ordem refere-se a um nível mais avançado de reflexão e consciência sobre os próprios processos de pensamento e aprendizagem. Enquanto a metacognição de primeira ordem envolve a capacidade de monitorar e regular os processos cognitivos básicos, como atenção, compreensão e memorização, a metacognição de segunda ordem vai além, englobando a reflexão sobre a própria metacognição.

Pretendemos, em uma próxima etapa, adaptar o material desenvolvido. Textos e atividades que conduzam os alunos a esta metacognição de segunda ordem e, no professor, uma metacognição de terceira ordem.

O propósito deste trabalho consistiu em sensibilizar os produtores de materiais didáticos sobre a importância da metacognição, utilizando como estratégia a apresentação de problemas exemplares. Como destacado por Rodríguez, Bosch e Gascón (2008), a adequada formulação de um problema dentro de um quadro teórico representa o passo inicial essencial para sua abordagem. Portanto, buscamos enfatizar que, ao incorporarem a metacognição em seus materiais, os educadores podem promover uma aprendizagem mais profunda e eficaz, fundamentando-se na premissa de que compreender e refletir sobre o próprio processo de aprendizado é crucial para o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Por fim, observamos que além da pedagogia e educação, metacognição é empregada em outras áreas como:

- *Sistemas inteligentes e Inteligência Artificial*. Os sistemas inteligentes podem ser projetados via metacognição para monitorar seu próprio desempenho e processo de aprendizado. Eles podem avaliar a qualidade dos resultados produzidos, identificar incertezas ou lacunas de conhecimento e refletir sobre suas próprias limitações. Isso permite que o sistema seja consciente de suas próprias falhas e pontos fortes, auxiliando na tomada de decisões futuras. Com base na autorreflexão e no monitoramento, os sistemas inteligentes podem adaptar suas estratégias e abordagens de aprendizado. Eles podem ajustar parâmetros, modificar algoritmos ou explorar diferentes técnicas para melhorar o desempenho. Essa capacidade de autogerenciamento permite que o sistema otimize seu próprio processo de aprendizado ao longo do tempo. A metacognição tem sido incorporada em algoritmos de aprendizado de máquina, como redes neurais artificiais, para melhorar sua capacidade de generalização e detecção de padrões. Os sistemas podem ser projetados para monitorar sua própria confiança nas previsões feitas e ajustar o nível de confiança com base na precisão dos resultados. Isso ajuda a evitar decisões equivocadas ou a confiar em informações não confiáveis. Os avanços nessa interseção entre metacognição e IA têm o potencial de melhorar a capacidade de adaptação, autonomia e tomada de decisões desses sistemas, abrindo caminho para soluções mais inteligentes e eficazes. Para mais detalhes consulte Kawato e Cortese (2021) e Crowder, Carbone e Friess (2014).

- No tratamento de transtornos mentais graves: as deficiências metacognitivas podem limitar a capacidade de reconhecer, expressar e gerenciar emoções dolorosas e problemas sociais rotineiros, bem como compreender as intenções dos outros. A metacognição pode informar a prática clínica e melhorar o tratamento psicoterapêutico desses indivíduos. Para mais detalhes ver Dimaggio e Lysaker (2010) e Wells (2019).

Referências

ARAÚJO, Lúcia de Fátima; LUCENA, Alexandre Marcelino de. Promovendo Estratégias Metacognitivas na Sala de Aula de Matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (ENEM), XII, 2016, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBEM, 2016. p. 1-8. Disponível em: <https://goo.gl/4HD98u>. Acesso em: 29 maio 2023.

AKTURK, Ahmet Oguz; SAHI, Ismail. Literature Review on Metacognition and its Measurement. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 15, p. 3731–3736, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 16 de fev, 2024.

CROWDER, James A.; CARBONE, John N.; FRIESS, Shelli A. *Artificial Cognition Architectures*. New York: Springer-Verlag, 2014.

DESOETE, Annemie; De CRAENE, Brigitte. *Metacognition and mathematics education: an overview*. ZDM Mathematics Education v.51, p. 565–575, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01060-w>. Acesso em: 28 de maio 2023.

DIMAGGIO, Giancarlo; LYSAKER, Paul H. (Eds.). *Metacognition and Severe Adult Mental Disorders: From Research to Treatment*. 1. ed. New York: Routledge, 2010.

EDUCATION ENDOWMENT FOUNDATION. *Teaching and Learning Toolkit: An Accessible Summary of The International Evidence On Teaching 5-16 Year-Olds*. Department of Education, United Kingdom, 2019. Disponível em: <<http://bit.ly/2IKd8xF>>. Acesso em: 28 maio 2023.

GAMA, Claudia Amado. *Integrating Metacognition Instruction in Interactive Learning Environments*. 2004. 418 f. Tese (Doutorado) – School of Science and Technology, Department of Informatics, University of Sussex, Falmer, 2004.

FLAVELL, John H. Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive - Developmental Inquiry. *American Psychologist*, [S.l.], v. 34, n. 10, p. 906-911, 1979.

GEORGHIADES, Petros. From the general to the situated: three decades of metacognition. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 3, p. 365-383, May 2012. Disponível em: <http://10.1080/0950069032000119401>. Acesso em: 28 de maio 2023.

GUSMÃO, Tânia; MOLL, Vicenç. Análisis metacognitivo de un aula de matemática sobre medida de superficies. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, v. 25, n. 2, p.169-196, 2022.

KAWATO, Mitsuo; CORTESE, Aurelio. From internal models toward metacognitive AI. *Biological Cybernetics*, [s.l.], v. 115, p. 415-430, out. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8551129/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

KOPCKE FILHO, Henrique. Estratégias para Desenvolver A Metacognição e A Compreensão de Textos Teóricos na Universidade. *Psicologia Escolar e Educacional*, [S.l.], v. 1, n. 2-3, p. 59-67, 1997. Disponível em: <https://goo.gl/uPwcBJ>. Acesso em: 29 maio 2023.

MAHDAVI, Mohsen. An Overview: Metacognition in Education. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, v. 2, p.529-535, May/June 2014. Disponível em: <http://ijmcr.com/an-overview-metacognition-in-education/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

MEVARECH, Zemira; KRAMARSKI, Bracha. *Critical Maths for Innovative Societies: The Role of Metacognitive Pedagogies*. [S.l.]: Paris: OECD Publishing, 2014. Disponível em: <https://goo.gl/9zoFWB>. Acesso em: 28 maio 2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE SINGAPURA. *History: Teaching and Learning Syllabus, Pre-University, H2*. Singapura: Ministério da Educação, 2016. Disponível em: <https://goo.gl/gNDdDi>. Acesso em: 28 maio 2023.

MOVIMENTO PELA BASE NACIONAL COMUM. *Dimensões e Desenvolvimento das Competências Gerais da BNCC*. 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/8vzXdM>>. Acesso em: 28 maio 2023.

PEÑA-AYALA, Alejandro. *Metacognition: Fundaments, Applications, and Trends – A Profile of the Current State-Of-The-Art*. Mexico City: Springer-Verlag, 2015. (Intelligent Systems Reference Library)

RIBEIRO, Célia. Metacognição: Um Apoio ao Processo de Aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 109-116, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prc/v16n1/16802.pdf>. Acesso em: 28 maio 2023.

RODRÍGUEZ, Esther; BOSCH, Marianna; GASCÓN, Josep. A networking method to compare theories: metacognition in problem solving reformulated within the Anthropological Theory of the Didactic. *ZDM Mathematics Education*, v. 40, p. 287-301, 2008.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da. *A metacognição e as atividades experimentais no ensino de física*. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SILVER, Naomi. Reflective Pedagogies and the Metacognitive Turn in College Teaching. In: KAPLAN, Matthew; SILVER, Naomi; LAVAQUE-MANTY, Danielle; MEIZLISH, Deborah (Eds.). *Using Reflection and Metacognition to Improve Student Learning: Across the Disciplines, Across the Academy*. New York and London: Routledge, 2013. p. 1-17. (New Pedagogies and Practices for Teaching in Higher Education)

SMORTCHKOV, Joulia; SHEA, Nicholas. Metacognitive Development and Conceptual Change in Children. *Review of Philosophy and Psychology*, Oxford, v 11, p. 745-763. 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13164-020-00477-7>. Acesso em: 29 maio 2023.

QUILLIN, Kim; THOMAS, Stephen. Drawing-to-Learn: A Framework for Using Drawings to Promote Model-Based Reasoning in Biology. *CBE—Life Sciences Education*, [S.l.], v. 14, n. 1, p.1-16, 2015.

TAY, Lee Yong; CHAN, Melvin; CHONG, Sau Kew; TAN, Jing Yi; AIYOOB, Thaslim Begum. Learning of Mathematics: A Metacognitive Experiences Perspective. *International Journal of Science and Mathematics Education*, [s.l.], v. 22, p. 561-583, 2024.

THIOLLENT, Michel. *Metodologia da Pesquisa-Ação*. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2023.

TEIXEIRA, Ricardo C. Ensino da Matemática: O Método de Singapura. *Atlântico Expresso*, segunda-feira, 19 Outubro 2015. Disponível em: https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/3489/1/Atl%C3%A2ntico_Expresso_RT23A.pdf. Acesso em: 29 maio 2023.

VAMVAKOOUSSI, Xenia; VOSNIADOU, Stella. Understanding the structure of the set of rational numbers: A conceptual change approach. *Learning and Instruction*, v.14, n.5, p. 453-467, 2004.

WELLS, A. Breaking the Cybernetic Code: Understanding and Treating the Human Metacognitive Control System to Enhance Mental Health. *Frontiers in Psychology*, v. 10, art. 2621, 12 dez. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6920120/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

Como citar este documento:

BORTOLOSSI, Humberto José; CRISSAFF, Lhaylla dos Santos; REZENDE, Wanderley Moura. Alguns exemplos de exercícios metacognitivos que promovem o desenvolvimento conceitual em Matemática. *Revista Espaço Pedagógico*, Passo Fundo, v. 30, e14943, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5335/rep.v30.14943>.