VIDYA

VIDYA, v. 45, n. 2, p. 413-432, jul./dez. - Santa Maria, 2025.

Recebido em: 01.07.2025. Aprovado em: 21.12.2025.
ISSN 2176-4603 | DOI: doi.org/10.37781/vidya.v45i2.5468

ANÁLISE DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS MOBILIZADAS NA RESOLUÇÃO E PROPOSIÇÃO DE PROBLEMAS

ANALYSIS OF EXECUTIVE FUNCTIONS MOBILIZED IN PROBLEM POSING AND PROBLEM SOLVING

ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS MOVILIZADAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y PROPUESTA

JADER OTAVIO DALTO[1]
KARINA ALESSANDRA PESSOA DA SILVA[2]
ADRIANA HELENA BORSSOI[3]

RESUMO

Este artigo tem como objetivo evidenciar que funções executivas foram mobilizadas na proposição e resolução de problemas por alunos do Ensino Superior. Considerando os procedimentos que permeiam a Proposição de Problemas e a Resolução de Problemas discutidos na literatura e aos processos cognitivos que subsidiam as Funções Executivas, atentamo-nos na proposição e resolução de problemas por um grupo de alunos de um curso de Engenharia de Materiais na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral de mais de uma variável real de uma universidade pública paranaense. As gravações em áudio dos alunos resolvendo e propondo problemas, bem como os registros escritos e fotográficos compuseram os dados que analisamos. A análise qualitativa de cunho interpretativo subsidiada no quadro teórico sobre Funções Executivas revelou a mobilização integrada da memória de trabalho, do controle inibitório e da flexibilidade cognitiva, com destaque para as duas primeiras, especialmente durante a proposição de problemas e nas intervenções docentes. Os resultados evidenciam o potencial da Resolução e Proposição de Problemas para favorecer o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores no Ensino Superior.

Palavras-chave: Educação Matemática; Proposição e Resolução de Problemas; Funções Executivas; Cálculo Diferencial e Integral de mais de uma variável real; Engenharia de Materiais.

ABSTRACT

This paper aims to highlight which executive functions were mobilized in the proposition and resolution of problems by higher education students. Considering the procedures involved in Problem Posing and Problem Solving as discussed in the literature, as well as the cognitive processes underlying Executive Functions, we focused on the problem posing and solving by a group of students from a Materials Engineering course in a Multivariable Calculus class at a public university in Paraná, Brazil. Audio recordings of students solving and proposing problems, along with written and photographic records, composed the data analyzed. The qualitative and interpretative analysis, grounded in the theoretical framework on Executive Functions, revealed the integrated mobilization of working memory, inhibitory control, and cognitive flexibility, with particular emphasis on the first two, especially during problem posing and through instructional interventions. The results highlight the potential of problem solving and problem posing to foster the development of higher-order cognitive skills in higher education.

Keywords: *Mathematics Education; Problem Solving and Posing; Executive Functions; Multivariable Differential and Integral Calculus; Problem Solving and Problem Posing; Materials Engineering.*

1 Doutorado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: jaderdalto@utfpr.edu.br. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7684-2480
2 Doutorado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: karinasilva@utfpr.edu.br. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1766-137X
3 Doutorado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: adrianaborssoi@utfpr.edu.br. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1725-6307

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo demostrar qué funciones ejecutivas se movilizaron en la proposición y resolución de problemas por estudiantes de educación superior. Considerando los procedimientos que permean la Proposición y Resolución de Problemas discutidos en la literatura y los procesos cognitivos que sustentan las Funciones Ejecutivas, nos centramos en la proposición y resolución de problemas por un grupo de estudiantes de un curso de Ingeniería de Materiales en la disciplina de Cálculo Diferencial e Integral de más de una variable real en una universidad pública en Paraná. Las grabaciones de audio de los estudiantes resolviendo y proponiendo problemas, así como los registros escritos y fotográficos, comprendieron los datos que analizamos. El análisis interpretativo cualitativo apoyado en el marco teórico reveló que las tres funciones ejecutivas - memoria de trabajo, control inhibitorio y flexibilidad cognitiva - se movilizaron durante la proposición y resolución de problemas, con énfasis en la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva.

Palabras-clave: *Educación Matemática; Proposición y Resolución de Problemas; Funciones Ejecutivas; Cálculo 2; Ingeniería de Materiales.*

INTRODUÇÃO

Etimologicamente, a palavra problema, formada pelo prefixo *pró* (diante, à frente) mais *bállein* (colocar-se, lançar-se), significa lançar-se à frente. Em Educação Matemática, existe uma gama de caracterizações para problema. Segundo Onuchic (1999, p. 215), um problema é “tudo aquilo que não se sabe fazer, mas que se está interessado em resolver”. Neste sentido, considerando a epistemologia da palavra, o que se pretende é lançar-se à frente para transpor uma dificuldade que se almeja resolver e essa resolução pode ser subsidiada por conhecimentos matemáticos.

Na literatura, defende-se que a Resolução de Problemas pode se configurar como uma metodologia de ensino, em que o problema, chamado problema-gerador, é o ponto de partida para as atividades matemáticas. Por meio dessa metodologia, “os alunos podem aprender tanto sobre resolução de problemas, quanto aprendem Matemática para resolver novos problemas, enquanto aprendem Matemática através da resolução de problemas” (Allevato, 2013, p. 215). Ademais, Lester Jr e Cai (2016, p. 123) afirmam que “propor problemas matemáticos com base em situações pode envolver os alunos para a aprendizagem da matemática e desenvolver suas importantes habilidades de resolução de problemas”.

Do ponto de vista cognitivo, a resolução e proposição de problemas exigem a ativação de processos cognitivos complexos que vão além da simples aplicação de fórmulas ou procedimentos mecânicos, bem como adaptação a novas situações, o que implica em lidar com incertezas e desafios não previsíveis. Nesta direção, as funções executivas são essenciais para lidar com as demandas de um problema matemático, exigindo do aluno a capacidade de planejar, organizar e avaliar diferentes estratégias.

O conceito de Funções Executivas (FE) refere-se a um conjunto de habilidades cognitivas de ordem superior, envolvidas nos processos de autorregulação do comportamento humano. Tais habilidades possibilitam ao indivíduo planejar, controlar impulsos, tomar decisões, resolver problemas e adaptar estratégias em contextos diversos, abrangendo horizontes temporais de curto, médio e longo prazo (Miyake *et al.*, 2000; Diamond, 2013; Malloy-Diniz *et al.*, 2014; Dias; Malloy-Diniz, 2020). Como muitos alunos ainda não possuem estratégias consolidadas para a resolução e proposição de problemas, a compreensão de como as funções executivas são mobilizadas nesses contextos pode fornecer *insights* valiosos sobre as barreiras cognitivas enfrentadas, além de possibilitar o desenvolvimento de abordagens pedagógicas mais eficazes para o ensino de matemática por meio da resolução de problemas.

Pesquisas recentes têm sinalizado potencialidades com relação à aprendizagem quando os alunos, para além de resolver problemas, se envolvem na proposição de problemas (Allevato; Possamai, 2022; Teixeira; Moreira, 2023; Tortola *et al.*, 2023), visto que emergem processos como criação, formulação, elaboração e apresentação, dos quais conhecimentos de diferentes naturezas se fazem presentes. Essas pesquisas, de modo geral, foram desenvolvidas no âmbito da Educação Básica.

Ao abordar aspectos visuais do conceito de derivadas, Valdez (2024, p. 248) sinaliza que a Resolução de Problemas, para o estudo desse conteúdo, "não somente fortalece as habilidades matemáticas específicas, mas também fomenta uma variedade de competências cognitivas e sociais essenciais para o desenvolvimento integral dos alunos". É sabido que a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral está inserida no Projeto Político Pedagógico de diferentes cursos do Ensino Superior, em especial nos cursos de Engenharia. Todavia, pesquisas que se debruçam a implementar a Resolução de Problemas "no ambiente de sala de aula de disciplinas do Ensino Superior, em particular, de Cálculo, bem como a inserção de atividades de formulação de problemas aparecem como uma lacuna de pesquisa" (Azevedo; Figueiredo; Palhares, 2019, p. 167).

Entendemos que não é pela indicação da existência de lacuna que uma pesquisa se sustenta, mas pelo fato de poder apresentar resultados significativos quando uma prática é implementada e subsidiada por um quadro teórico consistente. Neste sentido, nos debruçamos em trazer reflexões para a questão de pesquisa: *Que funções executivas foram mobilizadas na proposição e na resolução de problemas por alunos de um curso de Engenharia de Materiais no contexto de uma disciplina de Cálculo Diferencial e Integral?*

As abordagens relacionadas às Funções Executivas são tratadas no tópico subsequente ao nosso entendimento sobre Proposição e Resolução de Problemas e constituem o quadro teórico da investigação que realizamos. Além dos tópicos relativos ao quadro teórico e à introdução, apresentamos outros três que correspondem aos aspectos metodológicos da pesquisa, à descrição e à análise da resolução e da proposição de problemas por uma turma do 3º período (regime semestral) do curso de Engenharia de Materiais e às considerações finais.

PROPOSIÇÃO E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

No contexto educacional, entendemos que um problema pode ser caracterizado como "qualquer tarefa ou atividade na qual os alunos não tenham nenhum método ou regra já receitados ou memorizados e nem haja uma percepção por parte dos alunos de que haja um método 'correto' específico de solução" (Van de Walle, 2009, p. 57). A Resolução de Problemas, neste caso, tem se configurado como uma das tendências em Educação Matemática, que se mostra como uma "força propulsora para a construção de novos conhecimentos e, reciprocamente, novos conhecimentos proporcionam a resolução de intrigantes e importantes problemas" (Allevato; Onuchic, 2021, p. 37).

Para Lester (2013, p. 246),

> [...] os professores devem decidir sobre os problemas e as experiências de resolução de problemas a serem utilizados, quando dar atenção especial à resolução de problemas, quanta orientação dar aos alunos e como avaliar o progresso dos alunos. Além disso, há a questão de saber se a resolução de problemas é o resultado final

> da instrução ou o meio pelo qual os conceitos, processos e procedimentos matemáticos são aprendidos.

No entanto, um "problema não precisa ser complicado nem ter um formato sofisticado" (Lester Jr; Cai, 2016, p. 123), o que mais importa é que promova a aprendizagem da matemática. Neste sentido, para a Resolução de Problemas, Allevato e Onuchic (2021) sugerem algumas ações, como selecionar, elaborar ou mesmo aceitar um problema proposto pelos alunos; solicitar a leitura individual e conjunta do problema; observar e incentivar os alunos a resolver o problema propriamente dito; pedir que os alunos registrem as resoluções na lousa, justificando seus pontos de vista e comparando os diferentes resultados; realizar a plenária, com o intuito de buscar um consenso para um resultado correto a partir das apresentações feitas pelos alunos; formalizar o conteúdo, apresentando, de modo organizado e estruturado, os conceitos, os princípios e os procedimentos utilizados na resolução do problema; e solicitar a proposição e a resolução de novos problemas relacionados.

Barwell (2011) acena que se faz relevante que os alunos aprendam a ler e a escrever problemas. Para ele, na leitura de um problema, "simplesmente decodificar palavras ou extrair operações aritméticas não é suficiente: os alunos devem aprender a ler nas entrelinhas e entender o que se espera que eles façam matematicamente" (Barwell, 2011, p. 1), já na escrita de um problema, os alunos lançam mão "sobre quais recursos eles conhecem, não apenas como uma tarefa matemática, mas também como uma forma de texto" (Barwell, 2011, p. 2).

Na literatura, existem pesquisas que têm revelado resultados consistentes no que diz respeito à mobilização de conhecimentos dos alunos na proposição de problemas, que, segundo Allevato e Possamai (2022, p. 157) "pode acontecer antes, durante ou depois da resolução de problemas". De acordo com as autoras, a expressão "proposição de problemas" se refere a

> todo o conjunto de ideias que constitui os processos envolvendo a *criação de problemas*, que inicia com a organização e construção das primeiras ideias matemáticas e da estrutura de constituição do problema - *formulação*; e avança para a sua expressão, na qual se estabelece o enunciado, associando as linguagens materna e matemática - *elaboração*. Então, a proposição segue para a *apresentação* do problema criado a um potencial resolvedor (Allevato; Possamai, 2022, p. 156, grifos das autoras).

Os processos de criação, formulação e elaboração de problemas mobilizam conhecimentos de diferentes naturezas, em que os alunos precisam se fazer entender. Com isso, "quando o aluno cria seus próprios textos de problemas, ele precisa organizar tudo que sabe e elaborar o texto, dando-lhe sentido e estrutura adequados para que possa comunicar o que pretende" (Chica, 2001, p. 151). Neste sentido, a apresentação do problema requer uma comunicação que esteja atenta ao cenário de contextualização do problema, às informações disponibilizadas e à questão proposta (Barwell, 2011).

De acordo com Allevato e Possamai (2022), o que determina a proposição de problemas enquanto a primeira etapa no âmbito da Resolução de Problemas é a relação existente entre o problema criado com um potencial resolvedor. Esse resolvedor pode ser o próprio aluno que propõe o problema ou um grupo do qual faz parte, ou, ainda, outro aluno ou grupo quando há a troca de problemas entre si. A proposição de um problema pode ocorrer a partir de problemas secundários, mediados por reflexões sobre o contexto e as estratégias utilizadas para resolver o problema "maior". Allevato e Onuchic (2021) indicam que a proposição de problemas pode ser realizada após a resolução de problemas, em que os alunos podem propor problemas associados ou a partir de problemas já resolvidos. De modo geral, segundo Baumanns (2022, p. 92), “as atividades de proposição visam desenvolver problemas que exigem uma solução”.

Kilpatrick (2016), ao estabelecer uma sumarização de temáticas relacionadas às pesquisas que versaram sobre a tríade Alunos, Proposição de Problemas e Resolução de Problemas, assevera que

> As questões relacionadas à aprendizagem da resolução de problemas [...] dizem respeito a abordar as demandas cognitivas que os problemas impõem, ajudar grupos de alunos a trabalhar em problemas, promover o raciocínio indutivo e analógico, lidar com dificuldades de aprendizagem e usar a tecnologia da informação na resolução de problemas. As questões relacionadas à aprendizagem de como propor problemas matemáticos dizem respeito a ajudar os alunos a representar problemas e formular problemas relacionados (Kilpatrick, 2016, p. 255).

De todo modo, “as atividades de proposição de problemas pelos estudantes contribuem para a valorização do conhecimento matemático de acordo com a cultura na qual eles estão inseridos” (Gieseler; Possamai, 2022, p. 245) e promovem o desenvolvimento cognitivo. No âmbito de nossa investigação, os alunos estão inseridos em um curso de Engenharia de Materiais, em uma disciplina de Cálculo Diferencial e Integral de mais de uma variável real (Cálculo 2), em que nos valemos de inferir sobre as Funções Cognitivas enquanto processos cognitivos, conforme abordamos no tópico subsequente.

FUNÇÕES EXECUTIVAS

Dentre as diversas variáveis que interferem na resolução de problemas, estão as Funções Executivas. Embora a literatura apresente divergências quanto à estrutura das FE - ora compreendidas como um constructo unitário, ora como um conjunto de habilidades inter-relacionadas - há um consenso crescente acerca de sua natureza multidimensional (Malloy-Diniz *et al.*, 2014). Nesse sentido, destacam-se três componentes amplamente aceitos: controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva, também denominada *shifting* (Dias; Malloy-Diniz, 2020, p. 37-38).

O modelo proposto por Miyake *et al.* (2000) organiza as FE a partir de três pilares centrais: atualização da memória de trabalho, que envolve o monitoramento constante de informações relevantes e a substituição daquelas que se tornaram obsoletas; flexibilidade cognitiva, definida como a capacidade de alternar o foco atencional entre diferentes tarefas e adaptar-se a novas exigências contextuais; inibição, compreendida como a capacidade de suprimir respostas automáticas, impulsos ou comportamentos inadequados, favorecendo ações mais apropriadas à situação.

Esses componentes atuam de maneira integrada, sendo fundamentais para a regulação eficiente do funcionamento cognitivo. Com base nesse modelo, Diamond (2013) identifica os três elementos mencionados como os núcleos centrais das Funções Executivas - Memória de Trabalho, Flexibilidade Cognitiva e Controle Inibitório - os quais sustentam outras FE de ordem superior, como o planejamento, o raciocínio e a tomada de decisões.

Pesquisas têm mostrado de maneira consistente a importância das FE no desempenho e na aprendizagem matemática em diferentes etapas do desenvolvimento humano. Por exemplo, o estudo longitudinal de Blair e McKinnon (2016) evidenciou que habilidades executivas mais desenvolvidas aos 48 meses de idade, aliadas a uma relação positiva com o professor da educação infantil, influenciam significativamente o progresso das crianças em matemática até o final do *kindergarten*. Santana *et al.* (2019) identificaram, em uma revisão de literatura, que a memória de trabalho é o componente executivo mais investigado e frequentemente associado ao desempenho matemático, embora não haja consenso sobre qual componente prediz melhor esse desempenho. Complementando essa análise, Santana, Roazzi e Melo (2020) observaram que a memória de trabalho, seguida da flexibilidade cognitiva e do controle inibitório, são os preditores mais relevantes para o rendimento matemático em crianças de 8 a 12 anos. Já Cai *et al.* (2023) demonstraram que intervenções voltadas ao treinamento das FE podem gerar melhorias imediatas na resolução de problemas matemáticos, ainda que com efeitos limitados a longo prazo. Gilmore *et al.* (2024) destacam que as FE estão associadas à aprendizagem de conceitos matemáticos complexos, como os números racionais, indicando que as diferenças individuais na capacidade de mobilizar essas funções no contexto escolar explicam, em parte, o ritmo de aprendizagem entre os alunos.

Braga (2024) realizou um estudo com o objetivo de investigar quais Funções Executivas (FE) são mobilizadas por alunos do 8º ano do Ensino Fundamental durante a resolução de tarefas rotineiras envolvendo equações do 1º grau, bem como compreender de que maneira essas funções contribuem para o desempenho em Matemática. Os resultados revelaram que a resolução das tarefas proporcionou a mobilização de diversas Funções Executivas, com destaque para a memória de trabalho. Os resultados indicaram que o estímulo a essas habilidades cognitivas, por meio de atividades matemáticas bem estruturadas, pode oferecer aos alunos oportunidades significativas de pensar, resgatar conhecimentos prévios e construir novos saberes, o que está diretamente relacionado a um melhor desempenho em Matemática. Nesta mesma direção, Lima (2025) investigou a mobilização das (FE) em alunos do 7º ano do Ensino Fundamental na resolução de tarefas envolvendo frações e como ocorre essa mobilização. Os resultados indicaram a mobilização de diferentes FE, com destaque para o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva.

Dalto (2024) analisou a relação entre FE e a resolução de questões de matemática do ENEM em alunos de um curso de Licenciatura em Matemática. Os participantes realizaram testes psicológicos para avaliação das FE e resolveram questões com diferentes níveis de carga cognitiva. Os resultados indicaram que os participantes com melhor desempenho nas funções executivas também obtiveram melhores resultados em matemática. Observou-se ainda que a redução da carga cognitiva das questões favoreceu alunos com habilidades executivas abaixo da média.

Esses achados reforçam a relevância de considerar as FE como um elemento central não apenas no ensino e na aprendizagem da matemática, mas também na resolução e proposição de problemas.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa empírica considera como contexto uma turma de vinte alunos de um curso de Engenharia de Materiais de uma instituição federal de Ensino Superior paranaense que cursavam, no primeiro semestre de 2025, a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral de funções de mais de uma variável real (Cálculo 2). A disciplina é ofertada no terceiro semestre do curso e é dedicada ao estudo de funções de várias variáveis a valores reais e a valores vetoriais, derivadas parciais, integrais duplas e triplas e integrais de linha.

O plano de ensino da disciplina, propõe que os alunos atinjam dez resultados de aprendizagem (RA), dentre os quais: RA1: Analisar funções de duas e de três variáveis, identificando comportamentos dessas funções, representando-as graficamente, a partir do reconhecimento das suas

VIDYA, v. 45, n. 2, p. 413-432, jul./dez. - Santa Maria, 2025.

características próprias, RA2: Interpretar o limite de uma função real de duas variáveis, a partir dos cálculos realizados, das propriedades aplicadas e da definição utilizada, RA3: Calcular as derivadas parciais das funções de duas ou mais variáveis aplicando propriedades e, RA5: Resolver problemas de otimização a partir de resultados que garantem a existência de máximos e mínimos de funções.

A fim de ampliar as discussões de uma questão que foi proposta em uma atividade avaliativa, a professora da disciplina, uma das autoras deste artigo, organizou os alunos em grupos, para desenvolver uma atividade complementar, como enunciada na Figura 1.

Figura 1 - Questão complementar desenvolvida em grupos pelos alunos.

Q_{05}: A questão Q_{04} da Avaliação 1 tinha o seguinte enunciado:

Uma fábrica está liberando um poluente gasoso na atmosfera. A concentração C desse poluente, em partes por milhão (ppm), em um ponto (x, y, z) do espaço (em metros), é dada pela função: $C(x, y, z) = 100e^{-0{,}01(x^2+y^2+0{,}5z^2)}$. Um monitor ambiental está localizado no ponto $P = (10,\ 5,\ 4)$ metros da fonte de emissão. Considerando as informações, responda.

a) Qual é a concentração de poluente no ponto em que se encontra o monitor?

b) Qual é a taxa de variação da concentração do poluente no ponto P na direção do vetor $\vec{v} = (2, -\ 1,\ 3)$? Como pode ser interpretado esse resultado?

c) Elabore e responda um problema envolvendo o enunciado e conceitos já estudados.

i) A figura a seguir traz uma proposição feita em resposta ao item c) da Q_{04}. Analise-a e respondam.

c) O que acontece com a concentração de poluente quando $(x, y, z) = (1000, 2500, 300)$? Qual é a taxa de variação nesse ponto na direção de $\vec{v} = (5, -2, 3)$?

ii) Agora, o grupo deve fazer a proposição de um problema a partir da função $C(x, y, z)$ dada, mas, de modo a reduzi-la a uma função de duas variáveis. O problema deve ser resolvido.

Fonte: Arquivo dos pesquisadores.

A questão Q_{04} da Figura 1 foi desenvolvida de forma individual pelos alunos, em aula anterior. O item c) solicitou que cada um realizasse a proposição e a resolução de um problema, considerando o enunciado e os conceitos de Cálculo 2 já estudados.

Na aula do dia 30 de abril, dezesseis dos vinte alunos estiveram presentes e foram organizados em quatro grupos: Grupo A, com cinco integrantes, Grupo B, com três integrantes, Grupo C e Grupo D, com quatro integrantes, que trabalharam durante 100 minutos. Na aula do dia 07 de maio todos apresentaram seus resultados no formato de comunicação oral com tempo para discussão, o que totalizou mais 100 minutos. Nessa aula, compareceram quatro alunos que não estavam presentes na aula inicial da atividade, por isso foram orientados a constituir o Grupo E, que apresentou o trabalho em aula posterior.

Os dados que serão discutidos neste artigo foram obtidos a partir do registro da produção escrita dos alunos, bem como de registros de áudio e vídeo gravados durante os dois encontros (30 de abril e 07 de maio).

Para referenciar os alunos neste artigo, vamos usar a identificação do Grupo (A, B, C, D, E) e um número variando de acordo com o número de integrantes do grupo (de 1 a 5). Considerando que, além da professora da turma, em cada aula um dos outros dois autores estiveram presentes para dar suporte técnico para a coleta de dados e tiveram falas em alguns momentos, a professora da turma será referenciada por Professora, e os demais por ProfA (presente em 30 de abril) e ProfE (presente em 07 de maio).

Para responder à questão de pesquisa: *Que funções executivas foram mobilizadas na proposição e na resolução de problemas por alunos de um curso de Engenharia de Materiais no contexto de uma disciplina de Cálculo Diferencial e Integral?*, vamos voltar a atenção aos dados do Grupo D, durante o desenvolvimento do dia 30 de abril e aos dados da apresentação dos grupos no dia 07 de maio. Os integrantes de todos os grupos se mobilizaram para o desenvolvimento da atividade. Quanto a resolução do item i) da questão Q_{05}, referente à proposição feita por um dos alunos da turma, B2: “O que acontece com a concentração do poluente quando $(x,y,z) = (1000,2500,300)$? Qual é a taxa de variação nesse ponto na direção de $v = (5,-2,3)$?”, todos os grupos tiveram encaminhamentos parecidos. Já na Q_{05}, item ii): “Agora, o grupo deve fazer a proposição de um problema a partir da função $C(x,y,z)$ dada, mas, de modo a reduzi-la a uma função de duas variáveis. O problema deve ser resolvido.”, o Grupo D fez uma proposição que levou em conta uma contextualização do problema, não apenas focou em abordar os conceitos matemáticos como os demais grupos. Assim, justificamos a escolha do Grupo D em nossa análise.

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, caracterizada pela coleta de dados em ambiente real e pela interpretação dos significados atribuídos pelos participantes às suas experiências, alinhado com a perspectiva de Creswell e Creswell (2017). A análise focou nos diálogos e interações dos alunos trabalhando em grupos e com a professora, permitindo identificar, categorizar e interpretar as manifestações das Funções Executivas de memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e controle inibitório conforme descritas no referencial teórico, sem a imposição de categorias predefinidas que pudessem limitar a riqueza dos dados observados.

RESULTADOS E ANÁLISE

A partir das transcrições dos vídeos, registros escritos e gestuais dos participantes do Grupo D, foram identificados os momentos em que as funções executivas controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva foram mobilizadas durante as etapas de resolução (item i), proposição (item ii) de problemas (conforme Q_{05} - Figura 1) e apresentação em uma plenária.

No dia 30 de abril, os alunos se reúnem em grupos na sala de aula. Inicialmente, D1 mobiliza os colegas para compreender o que devem fazer para resolver o problema que tinha sido proposto por um dos colegas da turma e considerada pela Professora para o momento em sala de aula, conforme transcrição:

> **D1:** [...] A questão 5, ela pega a mesma questão da 4 da prova, da avaliação, e ele fala o seguinte. No item i), ele traz uma proposta feita em resposta ao item c). Ou seja, na prova ele fez essa resposta. Que é fazer a derivada direcional no ponto 1.000, 1.250, 300, na direção 5, menos 2 e 3. Aí no ii), a mesma coisa, só que a gente tem que fazer, reduzir, a gente tem que reduzir a função do C, x, y, z […]. Reduzir essa função em uma variável, uma função de duas variáveis só, e responder. E resolver o problema, o problema qual? O problema é c) aqui, ele colocou ali?

Por meio da leitura individual, D1 mobiliza a memória de trabalho (manutenção e manipulação de múltiplas informações da prova e da nova atividade) e flexibilidade cognitiva (interpretação e adaptação do enunciado a partir de diferentes fontes) para compartilhar com os colegas o que compreendeu do enunciado. A flexibilidade cognitiva também se mostra quando D1 organiza o raciocínio para explicar a atividade: "*Seguinte, tá? Tem a derivada direcional. Para ver se o vetor é unitário*". O controle inibitório se manifesta ao passo que contém impulsos de ação imediata para analisar conceitos prévios. Neste momento, vemos D1 esclarecendo D3 quanto à resolução do problema elaborado por um colega, como sugere Barwell (2011), sobre a importância de aprender a ler o problema e ler nas entrelinhas:

> **D3:** Calma, não entendi o que você tá fazendo?
> **D1:** Oh, o primeiro item é o seguinte, [...] a gente vai fazer o que? Vai responder esse c que alguém fez. Entendeu? Alguém abençoado fez. Que é o que acontece na concentração do poluente, quando o x, y e z aí é um ponto, quando a taxa de variação da direção *v*.

O uso da memória de trabalho ocorre para manter as operações em mente e avançar na normalização do vetor quando D1 diz: *"Tá, não é vetor unitário, então a gente pode falar que é diferente de 1. Então agora a gente faz vetor unitário",* e para inibição de respostas incorretas automáticas. Ao resolver o problema propriamente dito, a aluna deixa evidente seus conhecimentos sobre o conteúdo estudado. Com isso, entendemos que o referido problema tem "o potencial de fornecer os contextos intelectuais para o desenvolvimento matemático dos alunos" (Lester Jr; Cai, 2016, p. 122). Na sequência do excerto, evidenciamos que os alunos, em grupo, conseguem operacionalizar.

> **D2:** A gente só vai fazer 1 dividido pelo o que vai dar a raiz.
> **D1:** É …
> **D2:** Coloca na calculadora, *velho*
> **D1:** 5 ao quadrado mais menos 3 ao quadrado, mais 3 ao quadrado.
> **D1:** Aí, mais 38, tá certo.
> [...]
> **D3:** Ah, aqui vai a raiz de 38, né? Você me explicou por isso aqui. Tá bom. Não, era só pra saber se tá tudo certo.
> **D1:** Essa parte é mais fácil. O duro é a segunda
> [...]
> **D2:** O gradiente separado é isso aqui né?
> **D1:** Então…
> **D3:** Eu escrevi diferente na prova
> **D1:** É… escreve o seu aí. Porque, aqui eu fiz pela regra… não, isso aí você copia o de baixo e multiplica pelo de cima, e multiplica pela derivada do de cima.

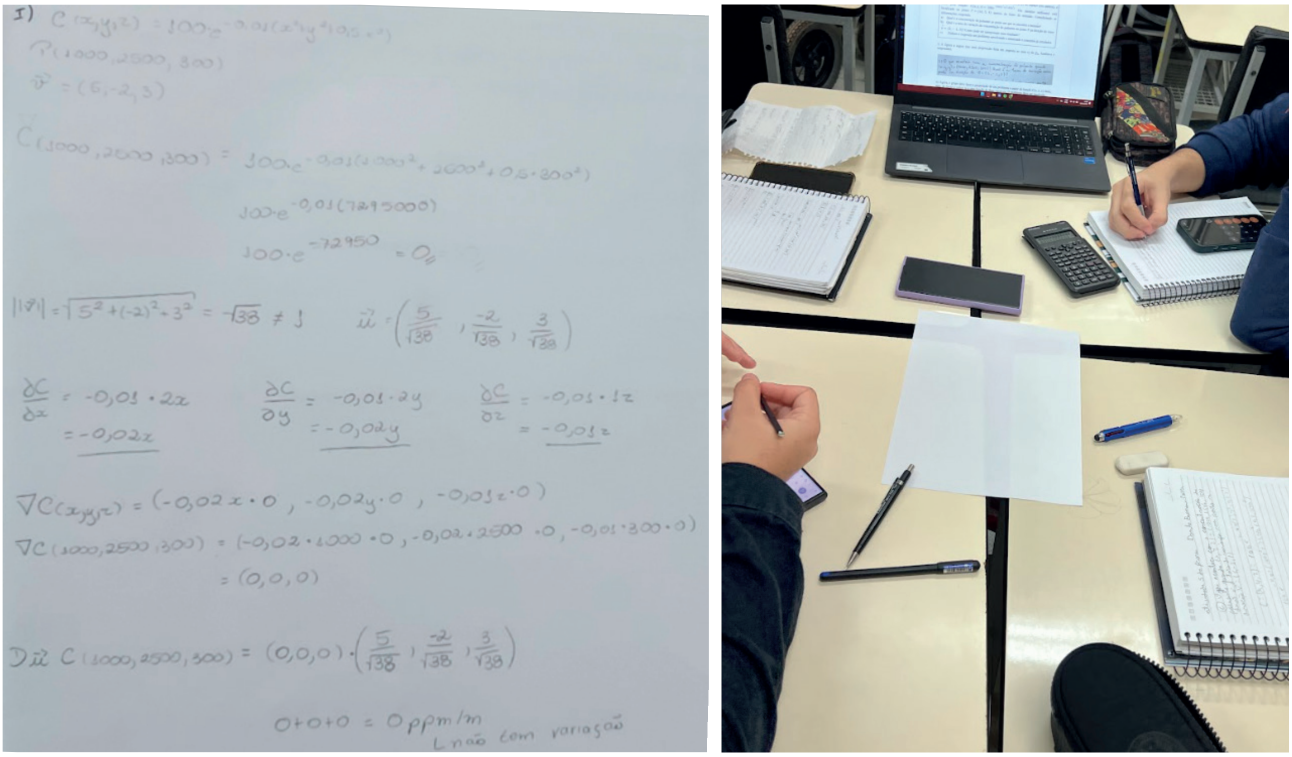
VIDYA

VIDYA, v. 45, n. 2, p. 413-432,
jul./dez. - Santa Maria, 2025.

> **D2:** É que eu fiz direto já. Porque como é… é que no caso eu fiz, eu fiz o 0 vírgula, menos 0,01 vezes menos 2, né porque você vai multiplicar, depois eu vou colocar 0,01 vezes 2x, 0,01 vezes 2y, isso.
> **D1:** Quanto deu o resultado do seu na da prova? O ponto 354.
> **D2:** Por isso que eu vou escrever agora do jeito certo.

A mobilização da memória de trabalho foi encaminhada no sentido de comparar abordagens e integrar diferentes cálculos feitos em aulas anteriores, em que os alunos buscam nas notas de aula os procedimentos que precisam seguir, relacionam com a situação que precisa ser resolvida para apresentar uma solução (Figura 2).

Figura 2 - Registros da resolução do problema (i) pelo Grupo D, na aula de 30 de maio



Fonte: Relatório do Grupo D e arquivo da professora.

A forma como foi inserido o item (ii), encaminhou a “proposição de problemas, [...] como um aspecto parcial da resolução de problemas” (Baumanns, 2022, p. 37), visto que os alunos se concentraram em entender que procedimentos poderiam ser utilizados, focando, especificamente na abordagem matemática que acabaram de utilizar para a resolução do problema, indicado no item (i), conforme transcrição:

> **D2:** Não, a gente tava pensando, a gente não pensou no problema, a gente tava pensando se deveria ter as 3 variáveis para no problema reduzir em 2 ou se a gente já podia usar as 2 variáveis no problema.

VIDYA, v. 45, n. 2, p. 413-432,
jul./dez. - Santa Maria, 2025.

> **ProfA:** Pode ser. Mas você queria o que?
> **D1:** Se a gente tiver que diminuir a função para 2 variáveis… porque eu acho mais difícil ter que reduzir a função para 2 variáveis do que propor um problema com 3 variáveis que você tem uma zerada.
> **ProfA:** Mas pode pensar dessa forma. Qual seria a sua proposição se fosse esse caso segundo o que você falou?
> **D1:** O duro é achar o problema. Eu acho que seria mais fácil achar a equação dos traços. Aí a gente diminuiria uma variável, só que aí ia gerar um problema em cima disso.
> **ProfA:** O grupo concorda? É um problema? Como que estaria escrito esse enunciado?
> **D1:** Aí nós temos que pensar agora.
> **ProfA:** Então pensa. Pensa no problema, o que seria o enunciado desse problema.
> **D1:** Tem que ser o problema da poluição…

O que fica evidente é que a resolução do problema do item (i) se configurou como uma "força propulsora para a construção de novos conhecimentos" (Allevato; Onuchic, 2021, p. 37), com relação à proposição de um novo problema seguindo orientações de redução de uma variável. Porém, a intervenção da ProfA, ao mesmo tempo em que requer uma explicação para o que os alunos estão considerando propor como problema - *Mas você queria o que?* -, coloca em debate o interesse do grupo - *O grupo concorda?*. No encaminhamento da proposição do problema, a professora foi responsável "por ouvir atentamente as ideias dos alunos e pedir que esclareçam e justifiquem suas ideias oralmente e por escrito, além de monitorar sua participação nas discussões e decidir quando e como incentivar cada aluno a participar" (Lester Jr; Cai, 2016, p. 125).

Esse encaminhamento, mobilizou a memória de trabalho de D1 que buscou expor o que estavam considerando na proposição do problema, como também contribuiu para uma mudança na abordagem considerada, visto que D1 sentiu necessidade de fazer uma contextualização - *Tem que ser o problema da poluição* - mobilizando a flexibilidade cognitiva.

Todavia, mesmo que o grupo tenha revelado que o interesse em uma abordagem contextualizada, a discussão matemática se concentrou em anular uma das variáveis até a intervenção da professora:

> **Professora:** Zerar é a opção de vocês ou vocês acham que é a única opção?
> **D2:** Acho que é a única opção que a gente pensou.
> **D1:** É, porque se a gente zerar a gente anula uma variável.
> **Professora:** E se você não zerasse?
> **D1:** Mas aí não continuaria com três variáveis? Ah, verdade, a gente poderia esquematizar um problema com só duas variáveis e uma função de três.
> **Professora:** Mas se ao invés de zerar, você usasse um outro valor?
> **D1:** Constante?
> **Professora:** Isso também faz reduzir, ou não?
> **D2:** Que ela é uma constante.
> **D1:** Daria pra fazer o que eu falei.

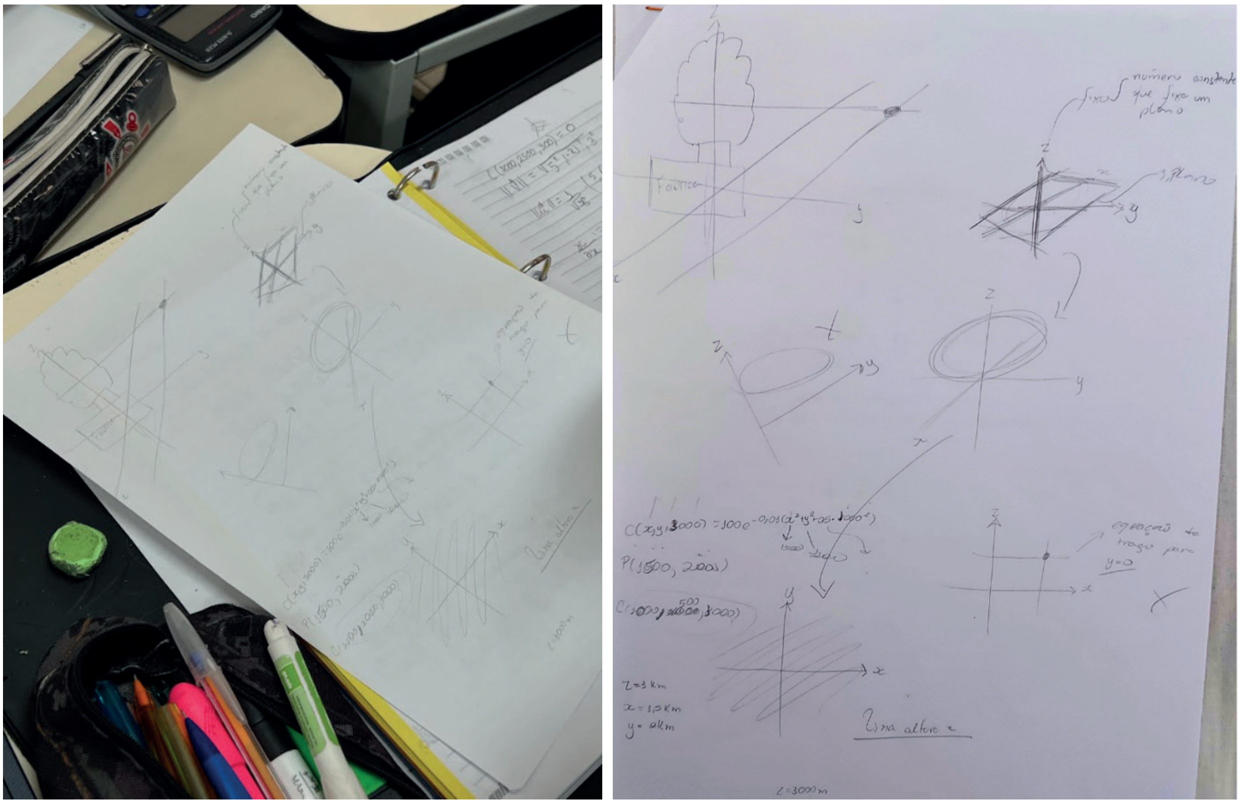
No excerto supracitado, é possível inferir que à "medida que os alunos explicam e justificam seu pensamento e desafiam as explicações de seus colegas e professores, eles também se envolvem no esclarecimento de seu próprio pensamento" (Lester Jr; Cai, 2016, p. 124), mobilizando a memória de trabalho. O fato de considerar um valor constante e diferente de zero para *z* era suficiente para reduzir a função para duas variáveis. Porém, uma instabilidade ainda se manteve entre os integrantes do grupo: o entendimento do que seria considerar *z* uma constante. Neste momento, a professora orienta a abordagem para que os alunos se expressem, ao mesmo tempo, em que um encaminhamento para o conteúdo matemático é estruturado:

> **Professora:** O zerar é uma ideia, mas não precisa ser a única, perguntei se essa que vocês estão considerando… O que significa o zero? O que significa um outro valor? Usar um outro número?
> **D1:** A gente fixa o número, no plano e aí a gente só vê a variação da variável.
> **Professora:** Escreve. Ao fazer isso, o que está acontecendo? O que vocês estão influenciando na função, que era de três para virar duas? E aí com duas você consegue fazer representação?
> **D1:** Dá para fazer.
> **D2:** Aí se a gente pensar no aqui [anotando na folha], a gente vai ter meio que um plano aqui [esquematizando a situação], a gente vai usar só o e nesse plano.
> **Professora:** Você está percebendo o que você está fazendo aí? Encaminha esse rascunho depois que é legal de ver, para eu lembrar o que vocês estavam pensando. Faz uma imagem e adiciona lá [no Moodle]. Porque quando você faz essa representação, vocês percebem que você está pensando só no domínio? são fatores do domínio da função, certo? Porque a quarta variável, ela depende do comportamento dessas três, em que ponto você está. Então, legal é quando você fala, aí você vai ter tipo um plano, é isso que acontece ao fixar um valor para uma. Pensarem no , você está pensando em fixar na altura, aí você vai olhar a concentração só nesse plano né, nessa altura, certo?
> **D2:** Dá para fazer. A gente tinha pensado umas ideias diferentes, mas acho que a dele fica mais.

Os questionamentos da professora parecem ter esclarecido para os alunos o que a atribuição de um valor para representava na função. A abordagem realizada teve como objetivo “encorajar os alunos a raciocinar e refletir sobre seu raciocínio e demonstrar sua compreensão dos conceitos matemáticos incorporados” (Lester Jr; Cai, 2016, p. 125). A D2, embora tivesse estruturado um encaminhamento - *A gente tinha pensado umas ideias diferentes* -, pareceu não estar convencida de que seria a abordagem mais relevante, mobilizando a flexibilidade cognitiva. Com a abordagem, os alunos apresentaram por meio de um esquema o que compreenderam (Figura 3).

VIDYA, v. 45, n. 2, p. 413-432,
jul./dez. - Santa Maria, 2025.

Figura 3 - Registros da resolução e proposição de problemas do Grupo D, na aula de 30 de abril.



Fonte: Ambiente virtual Moodle de integrantes do Grupo D.

A abordagem do grupo, a partir de então, se respaldou em considerar uma situação em que a poluição poderia ser considerada um problema, ao fixar um valor para a variável , enquanto a altura de uma chaminé que lançava poluentes no ar, transpondo para o contexto matemático a partir de algumas pesquisas, conforme excertos a seguir:

> **D1:** Devido aos pássaros migrando, a gente não pode ter um nível de poluente superior a tal número, que a gente pode colocar o número a mais. Aí a gente calcula e calcula o número.
> **D4:** Acabei de falar para ele, formula, depois você fala.
> [alunos discutem brevemente sobre qual pássaro vai se referir na questão - D2 utiliza o computador para pesquisar sobre passarinhos que realizam migrações]
> **D3:** Não é permitido conter determinada quantidade, acima de determinada quantidade?

Na intenção de contextualizar o problema para que esse fizesse sentido em um contexto real, os alunos realizam pesquisas para se ampararem de recursos conhecidos “não apenas como uma tarefa matemática, mas também como uma forma de texto” (Barwell, 2011, p. 2). Neste momento, tanto a flexibilidade cognitiva quanto a memória de trabalho são as funções executivas mobilizadas para que os alunos migrem para uma situação-problema realista e reconheçam nela o conteúdo matemático presente. Além disso, os alunos se dedicam a entender o que D1 está estruturando para

VIDYA, v. 45, n. 2, p. 413-432, jul./dez. - Santa Maria, 2025.

poderem produzir um texto compreensível - [...] *formula, depois você fala*. Trata-se, portanto, de reconhecer e expor "tudo que sabe e elaborar o texto, dando-lhe sentido e estrutura adequados para que possa comunicar o que pretende" (Chica, 2001, p. 151).

Neste sentido, D2 se mantém atenta a procurar informações sobre a poluição e sobre o ser vivo que pode considerar no problema, conforme transcrição que se segue:

> **D2:** A gente pode colocar maçarico.
> **D1:** Maçarico?
> **D2:** Tem um passarinho que se chama maçarico. [D2 mostra o computador]
> **D1:** Aí, daí bota que... Tem que ter um nível de poluente acima. [...] Qual o ponto a gente vai colocar? Qual a altura? Vamos colocar uma altura alta só para a gente, não ficar tão poluente na cara do passarinho.
> **D2:** Qual que é uma altura maior do que a do passarinho? [D2 pesquisa mais informações sobre os passarinhos]
> **D2:** De 5 a 6 quilômetros.
> **D1:** Então realmente não vai ter poluente aí, mano. Então, mas bota menor, bota aí, dois quilômetros e meio?
> **D3:** Três quilômetros?
> **D1:** Acima de três mil metros do ponto de emissão.

Munidos das informações sobre a situação em estudo, os alunos buscam estabelecer "o enunciado, associando as linguagens materna e matemática" (Allevato; Possamai, 2022, p. 156).

> **D3:** O problema tá aqui. Atualmente, o pássaro maçarico que se encontra ameaçado de extinção e com o intuito de ajudá-lo, a União nanana… decretou que um específico poluente não pode ser detectado acima de 3.000 metros de seu ponto de emissão.
> **D1:** Mas é detectado a certa concentração tem que colocar.
> **D3:** Tá bom.
> [...]
> **D2:** Parte por milhão por metro, esse daí, parte por milhão por metro e vai ser parte por milhão por quilômetro. Ó, vai ser 3 quilômetros. Ó, a gente vai fixar a altura de 3 quilômetros. Então, o é igual a 3 km, o vai ser 1,5 km e vai ser 2 km.

Baseados nas pesquisas e na troca de ideias entre os integrantes do grupo e com a ProfA, os alunos elaboram um enunciado para o problema: *"Atualmente o pássaro maçarico-de-peito-vermelho encontra-se ameaçado de extinção. Com o intuito de preservá-lo, a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), decretou que o poluente A não pode ser detectado na altura de 30m com uma concentração acima de 0,06 ppm/km de seu ponto de emissão. A concentração C(x,y,z) é dada por* $100e^{-0{,}01(x^2+y^2+0{,}5z^2)}$*. Um fiscal dessa instituição foi medir a concentração no ponto P=(10,10,15) em metros na altura de 30m. No ponto fiscalizado a concentração ultrapassou o limite estabelecido?"*

Na aula do dia 30 de abril, para a proposição e resolução de problemas, inferimos que a memória de trabalho foi a função executiva mais frequentemente mobilizada, o que se justifica pelo tipo de procedimentos realizados em sala de aula, no trabalho em grupo. A atividade exigia a realização de variados cálculos, interpretação de expressões matemáticas e a transposição de informações para a construção de novos enunciados. Neste processo, os alunos precisaram manter em mente, de forma contínua, regras e procedimentos, manipular/comparar informações tanto para resolver o problema quanto para elaborar novas situações.

Já o controle inibitório foi evidenciado principalmente em momentos de revisão de cálculos e reavaliação de estratégias inicialmente adotadas de forma automática. Em diversos trechos da transcrição, os alunos interrompem o fluxo de resolução para corrigir erros, abandonar procedimentos impulsivos (como a anulação de variáveis sem critério) e buscar caminhos mais adequados.

Por fim, a flexibilidade cognitiva se destacou na etapa de proposição do problema, sendo mobilizada nas decisões sobre como reduzir variáveis, selecionar o contexto da situação e reinterpretar a função em linguagem algébrica de acordo com os objetivos da atividade. Essa função foi fundamental, por exemplo, quando os alunos optaram por utilizar um pássaro - o maçarico - como sujeito afetado pela poluição, além de explorarem diferentes planos de representação (,), revelando capacidade de adaptação e reorganização do pensamento matemático.

Há de se destacar também a importância das intervenções docentes, destacando o papel fundamental que sua mediação exerceu na mobilização das funções executivas dos alunos durante a resolução e proposição de um problema. Tais intervenções, ao longo da atividade, revelam uma intencionalidade pedagógica voltada não apenas ao conteúdo matemático, mas ao desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais para a aprendizagem. Ao estimular a flexibilidade cognitiva, por exemplo, a professora incentivou a exploração de diferentes estratégias e a reformulação de ideias, ampliando o repertório dos alunos diante de situações novas. Com perguntas pontuais, também promoveu o controle inibitório, ao levá-los a revisar decisões impulsivas, como zerar variáveis automaticamente, e a considerar alternativas mais coerentes com o contexto do problema. Além disso, ao retomar conceitos e estruturar etapas do trabalho, favoreceu a memória de trabalho, auxiliando na manutenção e integração de informações relevantes. Essas ações, embora breves, sinalizam que a professora atuou de forma estratégica e sensível, conduzindo os alunos a refletirem criticamente sobre seus processos, o que contribuiu tanto para a qualidade matemática das soluções quanto para o desenvolvimento das funções cognitivas superiores.

No dia 07 de maio, durante a apresentação/socialização da resolução e da proposição de problemas, também foi evidenciada a mobilização de funções executivas. Em sua fala, D1 expressa memória de trabalho ao armazenar e manipular informações: *[...] A gente viu que a gente tinha que diminuir as variáveis. Aí o que a gente pensou? Como disse nosso amigo E4, a gente pensou em fazer a equação do traço. Faz um plano, a gente consegue zerar, por exemplo o y, aí da xz, que a gente consegue já diminuir uma variável da função. Aí a gente pensando, beleza, das curvas… A gente imaginou as curvas, né, que ia dar [...] mas a gente não conseguiu encaixar ali num problema, especificamente".* Na tentativa de adaptar diferentes ideias à estrutura do problema, D1 mobilizou também flexibilidade cognitiva. Mais adiante, ao explicar a lógica do grupo, D1 afirmou: "*nosso problema é [...] com o intuito de preservar o pássaro maçarico [...], e o foco é a concentração do poluente no espaço"*. Nessa formulação, observa-se também o controle inibitório, já que a aluna opta por uma abordagem mais elaborada e contextualizada, em detrimento de respostas mais diretas, porém menos significativas.

Verifica-se, na apresentação, a mobilização tanto da memória de trabalho quanto da flexibilidade cognitiva de D2 ao justificar a fixação do plano em : *"como a gente fixou um ponto para z, a gente veio e fez um plano em z. Então a gente vai usar a concentração nessa área que tá alaranjada* [aponta para a representação feita na lousa]*"*. Essa fala exige a manutenção e manipulação de informações de múltiplos elementos - parâmetros espaciais, dados gráficos e interpretações ambientais - que são integrados na formulação da solução. Em outro momento, D2 refletiu sobre a escolha do modelo: *"A gente tinha duas opções de problema [...] pensou no poluente saindo da chaminé [...]"*. Isso evidencia a capacidade de comparar diferentes caminhos para a resolução, característica da flexibilidade cognitiva.

O controle inibitório também se manifesta na fala de D2 quando ela decide abandonar uma proposta por não ser realista: *"só que não ia fazer sentido quilômetro, a concentração [...] acaba muito baixa [...] a gente deixou tudo mais próximo, em metros".* Aqui, a aluna reprime uma escolha inicial e opta por uma alternativa mais coerente com os dados e o contexto do problema, sinalizando, ao mesmo tempo, controle inibitório e flexibilidade cognitiva.

Durante a apresentação, a professora fez várias intervenções/interações com os alunos que também promoveram a mobilização das funções executivas. Ao questionar os alunos: *"Então o (0,0,0) de vocês representa o quê?",* a professora induziu D1 a elaborar: *"Ele é o ponto de emissão, a gente tá vendo a chaminé, o poluente para cima",* promovendo uma reestruturação do pensamento espacial e o reforço do vínculo entre representação gráfica e realidade. Esta intervenção exigiu que o aluno recorresse à memória de trabalho e reorganizasse suas justificativas espaciais, mobilizando também flexibilidade cognitiva.

Por fim, a professora sugere uma ampliação metodológica: *"O legal mesmo seria modelar desde a coleta dos dados [...]"*. Essa provocação não gerou resposta imediata dos alunos, mas representou um convite à metarreflexão sobre os limites e possibilidades do problema proposto. Tal comentário favorece o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva, pois amplia o escopo de estratégias e técnicas disponíveis para futuras abordagens de modelagem matemática.

A interconexão das funções é clara. A memória de trabalho permite reter as informações para que a flexibilidade cognitiva possa operar sobre elas, explorando diferentes soluções. O controle inibitório, por sua vez, garante que o processo seja guiado de forma eficiente, evitando desvios e erros precipitados. A necessidade de "matutar" sobre o problema, como D1 descreve, reflete a atividade dessas funções executivas em conjunto, especialmente quando os alunos se deparam com um problema que exige a criação de algo novo e não apenas a aplicação de um método conhecido, conforme Van de Walle (2009).

A proposição de um problema, em particular, exigiu uma mobilização complexa das FE. Os alunos precisaram resolver dar conta dos aspectos matemáticos, como redução de uma variável, mas também criar um enunciado coerente e contextualizado, o que envolveu a "organização e construção das primeiras ideias matemáticas e da estrutura de constituição do problema - formulação; e avança para a sua expressão, na qual se estabelece o enunciado, associando as linguagens materna e matemática - elaboração" (Allevato; Possamai, 2022, p. 156). Isso demandou um esforço considerável de flexibilidade para transitar entre o contexto real e o modelo matemático, e de memória de trabalho para integrar todas as informações. O fato de terem pesquisado sobre o pássaro e a organização indica uma busca ativa por informações para fundamentar o problema, o que também está ligado à memória de trabalho, como para reter a informação pesquisada, e à flexibilidade cognitiva para integrar essa informação ao problema.

Em suma, a atividade de resolução e proposição de problemas mobilizou de forma integrada as Funções Executivas dos alunos, impulsionando a construção de conhecimentos e a capacidade de aplicar conceitos matemáticos em cenários mais complexos e criativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo trazemos reflexões para a questão de pesquisa: *Que funções executivas foram mobilizadas na proposição e na resolução de problemas por alunos de um curso de Engenharia de Materiais no contexto de uma disciplina de Cálculo Diferencial e Integral?* A investigação realizada evidenciou o potencial da Resolução e da Proposição de Problemas como estratégias pedagógicas que não apenas promovem a aprendizagem de conteúdos matemáticos, mas também favorecem a mobilização e o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, em especial das Funções Executivas (FE). A partir da análise qualitativa das interações de um grupo de alunos - o Grupo D - na resolução e proposição de problemas na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral de funções de mais de uma variável real (Cálculo 2), foi possível observar a mobilização recorrente das FE de memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva em diferentes momentos da atividade - seja na compreensão do enunciado, na resolução do problema proposto, na elaboração de um novo problema ou na socialização das resoluções.

A memória de trabalho mostrou-se em situações que exigiam o gerenciamento simultâneo de informações matemáticas, como fórmulas, procedimentos e interpretações gráficas, sendo a função executiva mais recorrente ao longo da atividade. Já o controle inibitório emergiu especialmente quando os alunos precisaram abandonar estratégias automáticas ou equívocos iniciais em favor de abordagens mais adequadas, revelando consciência diante dos próprios erros. A flexibilidade cognitiva, por sua vez, foi fortemente mobilizada na etapa de proposição de problemas, momento em que os alunos articularam diferentes ideias, contextos e representações matemáticas para construir um enunciado significativo, com destaque para a contextualização ambiental que envolveu a espécie maçarico-de-peito-vermelho e a interpretação tridimensional da função.

Além das ações autônomas dos alunos, as intervenções da professora foram decisivas para o aprofundamento do raciocínio e para a mobilização das FE. Ao fazer perguntas abertas, propor alternativas e solicitar justificativas, a docente estimulou mudanças de perspectiva, promoveu o raciocínio espacial e incentivou a formalização dos argumentos, o que destaca o papel do professor como mediador da aprendizagem e catalisador de processos cognitivos complexos.

Os resultados encontrados neste estudo dialogam com achados de pesquisas empíricas recentes que investigam a mobilização das funções executivas em contextos de aprendizagem matemática. Estudos como os de Santana *et al.* (2019) e Santana, Roazzi e Melo (2020) evidenciam que a memória de trabalho se destaca como a função executiva mais frequentemente associada ao desempenho matemático, especialmente em tarefas que exigem a manipulação simultânea de múltiplas informações, como aquelas envolvendo resolução de problemas. Esses achados ajudam a explicar a recorrência da memória de trabalho nas interações observadas no Grupo D, tanto na resolução quanto na proposição de problemas.

Do mesmo modo, os resultados convergem com investigações que apontam a flexibilidade cognitiva como um componente central em situações que demandam adaptação de estratégias, reformulação de representações e tomada de decisões diante de informações novas ou ambíguas (Cai *et al.*, 2023; Gilmore *et al.*, 2024). A etapa de proposição de problemas, em especial, exigiu que os alunos transitassem entre diferentes registros - algébrico, gráfico e contextual - o que é consistente com a literatura que associa a proposição de problemas a maiores demandas cognitivas e executivas.

Além disso, os resultados apontam que, em contextos do Ensino Superior, atividades de resolução e proposição de problemas podem contribuir significativamente para a ativação e o desenvolvimento das funções executivas, desde que estejam articuladas a uma mediação pedagógica intencional e sensível às necessidades cognitivas dos alunos. Tais intervenções docentes estratégicas, que instigaram a revisão de escolhas iniciais e a exploração de alternativas, encontra respaldo em estudos que destacam o papel do professor como mediador no contexto da aprendizagem matemática (Lester; Cai, 2016; Cai *et al.*, 2023).

Tais evidências fortalecem a importância de integrar essas abordagens ao currículo, principalmente em disciplinas classicamente delineadas por práticas pedagógicas expositivas, como o Cálculo 2, que está presente no Projeto Político e Pedagógico de cursos como os de Engenharia de modo a oportunizar aprendizagem matemática autorregulada e contextualizada. A identidade profissional dos estudantes de Engenharia (de Materiais) mostrou-se um elemento central na interpretação dos resultados, uma vez que a escolha de uma situação-problema relacionada à poluição ambiental evidenciou a articulação entre conhecimentos matemáticos, fenômenos físicos e impactos ambientais próprios de sua formação. Essa identidade contribuiu para potencializar a mobilização das funções executivas, sobretudo a flexibilidade cognitiva, ao exigir a adaptação do conteúdo matemático a um contexto aplicado e interdisciplinar, bem como o controle inibitório, necessário para justificar escolhas e descartar soluções matematicamente possíveis, porém pouco realistas do ponto de vista profissional, qualificando assim a aprendizagem matemática e fortalecendo a validade interpretativa do estudo.

De todo modo, entendemos que as inferências apresentadas neste artigo se concentram nas discussões realizadas por um grupo formado por quatro integrantes, do total de 20 alunos da turma, o que pode ser uma limitação quando se considera as funções executivas mobilizadas na Resolução e Proposição de Problemas no Ensino Superior. Entretanto, os achados deste estudo apontam caminhos promissores para investigações futuras. Pesquisas posteriores podem ampliar a análise para outros grupos da turma ou para diferentes cursos de Engenharia, permitindo compreender como distintas identidades profissionais influenciam a mobilização das funções executivas em atividades de resolução e proposição de problemas. Além disso, estudos comparativos que integrem o uso de tecnologias digitais, ambientes de modelagem matemática ou diferentes formatos de mediação docente podem contribuir para aprofundar a compreensão sobre como as funções executivas se desenvolvem e se articulam no Ensino Superior. Tais investigações podem subsidiar a construção de práticas pedagógicas mais intencionais, voltadas não apenas ao domínio conceitual da matemática, mas também ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

REFERÊNCIAS

ALLEVATO, N. S. G. Trabalhar através da Resolução de Problemas: possibilidades em dois diferentes contextos. **Vidya**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 209-232, jan./jun. 2014.

ALLEVATO, N. S. G.; ONUCHIC, L. de la R. Ensino-aprendizagem-avaliação de Matemática: por que através da Resolução de Problemas? In: ONUCHIC, L. R. *et al.* (org.). **Resolução de problemas: teoria e prática**. 2. ed. Jundiaí: Paco Editorial, 2021. p. [inserir páginas se houver].

ALLEVATO, N. S. G.; POSSAMAI, J. P. Proposição de Problemas: possibilidades e relações com o trabalho através da Resolução de Problemas. **Com a Palavra, o Professor**, Vitória da Conquista, v. 7, n. 18, p. 153-172, maio/ago. 2022.

AZEVEDO, E. B.; FIGUEIREDO, E. B.; PALHARES, P. M. B. Um panorama sobre as pesquisas brasileiras relacionadas com o ensino e a aprendizagem de Cálculo com ênfase em Resolução de Problemas. **Vidya**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 153-178, 2019.

BARWELL, R. Word Problems: connecting language, mathematics and life. In: ONTARIO. **What works? Research into practice**. Ontario: The Literacy and Numeracy Secretariat, 2011. (Research Monograph, n. 34).

BAUMANNS, L. **Mathematical Problem Posing: conceptual considerations and empirical investigations for understanding the process of problem posing**. Germany: Springer Nature, 2022.

BLAIR, C.; MCKINNON, R. D. Moderating effects of executive functions and the teacher-child relationship on the development of mathematics ability in kindergarten. **Learning and Instruction**, [s. l.], v. 41, p. 85-93, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.10.001.

BRAGA, D. G. A. **Mobilização das funções executivas na resolução de tarefas de equação do 1° grau**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2024.

CAI, D. *et al.* Executive functions training for 7- to 10-year-old students with mathematics difficulty: instant effects and 6-month sustained effects. **Journal of Learning Disabilities**, [s. l.], v. 56, n. 5, p. 392-409, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1177/00222194221117513.

CHICA, C. H. Por que formular problemas? In: SMOLE, K. S.; DINIZ, M. I. **Ler, escrever e resolver problemas: habilidades básicas para aprender matemática**. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 151-173.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 5. ed. Thousand Oaks: Sage, 2017.

DALTO, J. O. Funções executivas e desempenho em questões do Exame Nacional do Ensino Médio: um estudo na formação inicial de professores. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9., 2024. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2024. p. 1-11. Disponível em: https://www.sbembrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/348. Acesso em: 30 jun. 2025.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annual Review of Psychology**, [s. l.], v. 64, p. 135-168, 2013.

DIAS, N. M.; MALLOY-DINIZ, L. F. **Funções executivas: modelos e aplicações**. São Paulo: Pearson Clinical Brasil, 2020.

GIESELER, L. C.; POSSAMAI, J. P. Um ponto de partida para a proposição de problemas nos anos iniciais. **Com a Palavra, o Professor**, Vitória da Conquista, v. 7, n. 18, p. 241-254, maio/ago. 2022.

GILMORE, C. *et al.* The role of cognitive and applied executive function skills in learning rational number knowledge. **Learning and Individual Differences**, [s. l.], v. 110, p. 102408, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102408.

KILPATRICK, J. Reaction: students, Problem Posing, and Problem Solving. In: FELMER, P.; PEHKONEN, E.; KILPATRICK, J. (ed.). **Posing and Solving Mathematical Problems: advances and new perspectives**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. p. 255-260.

LESTER JR., F. K.; CAI, J. Can Mathematical Problem Solving Be Taught? Preliminary Answers from 30 Years of Research. In: FELMER, P.; PEHKONEN, E.; KILPATRICK, J. (ed.). **Posing and Solving Mathematical Problems: advances and new perspectives**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. p. 117-135.

LESTER, F. K. Thoughts About Research On Mathematical Problem-Solving Instruction. **The Mathematics Enthusiast**, [s. l.], v. 10, n. 1-2, p. 245-278, 2013.

LIMA, J. W. C. **Mobilização de funções executivas na resolução de tarefas envolvendo frações**. 2025. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2025.

MALLOY-DINIZ, L. F. *et al.* Neuropsicologia das funções executivas e da atenção. In: FUENTES, D. *et al.* (org.). **Neuropsicologia: teoria e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. p. 115-138.

MIYAKE, A. *et al.* The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. **Cognitive Psychology**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 49-100, 2000.

ONUCHIC, L. R. Ensino-aprendizagem de Matemática através da resolução de problemas. In: BICUDO, M. A. V. (org.). **Pesquisa em Educação Matemática: concepções e perspectivas**. São Paulo: UNESP, 1999. p. 199-218.

SANTANA, A. N. *et al.* Funções executivas e matemática: explorando relações. **Revista Amazônica**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 130-151, 2019.

SANTANA, A. N.; ROAZZI, A.; MELO, M. R. A. Os três componentes executivos básicos e o desempenho matemático escolar. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 101, n. 259, p. 620-645, set./dez. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.101i259.4137.

TEIXEIRA, C. de J.; MOREIRA, G. E. A reformulação de problemas na perspectiva da proposição de problemas nas aulas de matemática. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, Campo Mourão, v. 12, n. 27, p. 276-298, 2023.

TORTOLA, E. *et al.* Conhecimentos de alunos do Ensino Médio na proposição e resolução de problemas. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, Campo Mourão, v. 12, n. 27, p. 415-440, 2023.

VALDEZ, J. N. A Resolução de Problemas de Cálculo Diferencial e a construção da linha tangente a uma curva. **Vidya**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 247-264, 2024.

VAN DE WALLE, J. A. **Matemática no Ensino Fundamental: formação de professores e aplicação em sala de aula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.