

Resolução de Problemas de Cálculo Diferencial e Integral Contextualizados na Engenharia Civil*

Resolution of Contextualized Problems of Differential and Integral Calculus in Civil Engineering

Renaldo Sodré¹
João Bosco Laudares²
Saulo Furletti³

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa, a partir da aplicação de atividades investigativas, na forma de problemas, no contexto da Educação Matemática no Ensino Superior e Educação em Engenharia, cujo objeto foi o ensino-aprendizagem contextualizado de Cálculo Diferencial e Integral. O referencial teórico-metodológico teve como suporte a Resolução de Problemas e a Interdisciplinaridade da Matemática com Engenharia. A problematização se fundamentou na necessidade de entregas didáticas motivadoras e efetivas quanto ao ensino-aprendizagem dos conteúdos das disciplinas de Cálculo. A criação das atividades aconteceu trazendo situações concretas da tecnologia no campo da Engenharia Civil, que demandaram suporte de Cálculo. A análise da aplicação das atividades teve categorias analíticas fundantes, provenientes dos referenciais teóricos adotados, consoante aos critérios em perspectiva metodológica qualitativa. Os resultados encontrados se mostraram satisfatórios quanto ao envolvimento e interação entre os estudantes nas atividades de resolução dos problemas. A motivação dos estudantes foi identificada pela inserção dos conceitos matemáticos no contexto da engenharia e pela promoção de interação entre os mesmos.

Palavras-chave: Problemas contextualizados. Educação Matemática. Educação em Engenharia. Engenharia Civil. Cálculo diferencial e integral.

*Submetido em 22/04/2023 - Aceito em 02/10/2023

¹Mestre em Ensino de Ciência de Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), Brasil – E-mail: renaldosodre@yahoo.com.br.

²Doutor em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), Brasil – E-mail: jblaudares@terra.com.br.

³Doutor em Educação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), Brasil – E-mail: saulofurletti@gmail.com.

Abstract

This article presents the application results of investigative activities in the form of problems in the context of Mathematics Education in Higher Education and Engineering Education. The research object was the contextualized teaching and learning of Differential and Integral Calculus, with a theoretical-methodological framework based on Problem Solving and the Interdisciplinarity of Mathematics with Engineering. The need for motivating and effective didactic deliveries regarding the teaching-learning of the contents of the Calculus disciplines defined the problematization. The creation of the activities happened through concrete situations of Civil Engineering involving technology, which required Calculus support. The data analysis was based on the founding analytical categories from the theoretical framework adopted, according to the criteria in qualitative methodological perspective. The results were satisfactory regarding the involvement and interaction between the students in problem-solving activities. We identified the students' motivation by inserting mathematical concepts in the context of engineering and promoting interaction between them.

Keywords: Contextualized problems. Mathematics education. Engineering education. Civil engineering. Differential and integral calculus.

1 INTRODUÇÃO - EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E ENSINO DE CÁLCULO

1.1 A Educação Matemática no Ensino Superior

O ensino superior, em específico o ensino da engenharia, demanda discussões na perspectiva metodológica, tendo em vista os seus índices de evasão e rendimento apresentado por estudantes nas disciplinas de Cálculo. Essa premissa se sustenta em resultados de pesquisa, como por exemplo, no trabalho de Almeida e Godoy (2016), que analisaram de 2000 até 2014 a evasão em cursos de Engenharia Civil. Segundo esses autores, a principal causa da evasão concentra-se nos aspectos pedagógicos dos cursos, e ao se aprofundar a análise sobre a categoria pedagógica, o que mais resulta em evasão são as reprovações sucessivas nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral.

Segundo Farias e Neta (2020), no período de 2012 a 2017, a taxa média de evasão dos cursos superiores de Engenharia de instituições públicas foi de 13,8%, enquanto nas privadas foi de 21,6%. As principais causas apontadas para a evasão foram a elevada reprovação em disciplinas, a separação da matriz curricular entre ciclo básico e profissional e também a condução de disciplinas teóricas sem contextualização nas práticas da profissão de Engenheiro. Esses autores trouxeram a necessidade de investimentos na formação continuada dos professores, para que o ensino de Engenharia tenha melhor qualidade.

D'Ambrosio (2008) afirmou que a Educação Matemática tem a função de dar suporte para o ensino e para investigação na área da Educação Tecnológica, com possibilidade de contínuas mudanças e inovações metodológicas visando melhor performance dos estudantes dessa área e, conseqüentemente, a diminuição da evasão dos cursos da área de Ciências Exatas e Tecnológicas.

Assim, os docentes de Matemática precisam conhecer e realizar pesquisas e se atualizar na área da Educação Matemática para atender as novas diretrizes curriculares educacionais, cujas origens se fundamentam em processos de renovação de conteúdos e métodos: como modelagem, a etnomatemática, a gamificação, a história da matemática, a resolução de problemas e as novas tecnologias.

Para Pais (2015), há que se pesquisar sobre o “como” atingir a meta do ensino superior de Matemática, no âmbito da busca por melhor qualidade da educação superior. Isso significa que é preciso elaborar ferramentas para diagnosticar onde e como utilizar essas novas tendências do ensino da matemática que demandam permanente renovação didática. A investigação que deu origem a esta pesquisa objetiva contribuir para essa atualização do ensino de engenharia.

1.2 O Cálculo Diferencial e Integral no Contexto Educacional da Engenharia

O ensino da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral se baseia no estudo de funções, preliminarmente. As funções são o esteio de tudo que é trabalhado nesta disciplina - limites, derivadas e integrais - e em disciplinas subsequentes, tanto na área de Matemática, quanto na área da Física e, especialmente, nas disciplinas profissionalizantes dos cursos da área de Ciências Exatas.

O Cálculo Diferencial e Integral possibilita, nas mais variadas áreas do conhecimento, a análise de modelos que permitem prever, calcular, otimizar, medir e analisar o desempenho e performance de fenômenos, assim como estimar, proceder análises estatísticas e, ainda, desenvolver padrões de eficiência que auxiliam o desenvolvimento social e econômico.

De acordo com Rezende (2003), o Cálculo é imprescindível no mundo acadêmico, porque é o suporte para o avanço da Ciência e para o desenvolvimento de novas tecnologias, sendo indispensável para a formação do cidadão, uma vez que a solução dos mais variados problemas sociais (como os que envolvem juros, crescimento populacional, taxas de variações de grandezas e otimização), exige habilidades procedimentais e de interpretação gráfica dos fenômenos estudados.

A pesquisa⁴ que gerou este artigo objetivou estudar a partir de atividades investigativas, na forma de resolução de problemas, o ensino-aprendizagem contextualizado na construção civil, para o conteúdo de Cálculo Diferencial e Integral em curso Superior em Engenharia Civil. E com isso trazer novos elementos para apoiar ações de suporte ao processo de ensino-aprendizagem na Educação Matemática e em Engenharia.

Conforme Barbosa (2004), a falta de significado conceitual na aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral, acontece quando os vínculos do conteúdo estudado não ficam compreensíveis para o estudante, quanto às mudanças que estão ocorrendo no interior da própria Matemática e no contexto de aplicação.

Desse modo, usar a estratégia da contextualização no ensino de Cálculo conecta os conhecimentos criados e aplicados, ou seja, uma aprendizagem mais significativa e situada num novo ambiente da ciência e tecnologia, no caso específico de cursos de engenharia (NASSER; GENECCI; TORRACA, 2015).

2 APORTES TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DA PROPOSTA

2.1 Resolução de Problemas

Um fenômeno gera uma situação na qual se configura uma problematização, isso é, uma interpretação, e consequente análise do estabelecimento de um problema. Um problema se

⁴Esta pesquisa foi desenvolvida na dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da PUC Minas (SODRÉ, 2021).

caracteriza por um questionamento a partir de contextos para responder uma pergunta. Exige do sujeito, que se propõe a buscar uma solução, uma atitude ativa, reflexiva e um grande esforço mental analítico e sintético para encontrar suas próprias respostas.

A problematização criada, exige do sujeito na ação de resolução um movimento de imersão e emersão, para, em situações abertas, estabelecer um plano operacional, mas projetado em base de seus saberes colocados em ação, por sucessivas etapas objetivas no intuito de encontrar uma solução. Assim, procurar um domínio de procedimentos com utilização de conhecimentos disponíveis e com instrumentos para dar resposta a situações variadas, diferentes e desafiadoras (POZO, 2008).

Pela resolução de um problema, o seu agente se transforma no desenvolvimento das suas etapas e põe em prática suas habilidades ao utilizar seus conhecimentos em situações postas e não resolvidas. A resolução de problema também facilita a aprendizagem contínua do “aprender a aprender”, seja na colaboração, seja por iniciativa própria do aprendiz.

A identificação e a diferenciação dos tipos de um problema podem facilitar seu enfrentamento, pela análise da situação na qual o mesmo é originado: problema científico, problema tecnológico, problema acadêmico, problema cotidiano da vida real. Há um núcleo que caracteriza a resolução de todos estes tipos de problema que é saber questionar, levantar uma pergunta, traçar um plano operacional e buscar a solução.

Na área de conhecimento da Resolução de Problemas, a obra de Pólya (1956), em primeira edição, mas constantemente citada e com várias edições, traz os fundamentos que dão suporte para as categorias definidas no campo da Metodologia, bem como para investigação. Para a Didática oferece passos e etapas que definem um processo heurístico de problematização de uma situação ou contexto.

Desta forma, Allevato e Onuchic (2014) discutem sobre a posição da Resolução de Problemas nos percursos das pesquisas, práticas e políticas nos Estados Unidos e entendem que permanece a relevância da resolução de problemas no trabalho em sala de aula e na investigação em Educação Matemática. As mesmas autoras afirmam que a construção de conceitos acontece quando o estudante é colocado numa situação problematizadora.

O professor ao propor um problema para o estudante, segundo Polya (2006), precisa proporcionar situações pelas quais haverá o desenvolvimento da capacidade de imitar e praticar com a execução de etapas, tais como: uma análise do contexto problematizado, a identificação dos itens dados e questionados, o estabelecimento de um plano bem como uma retrospectiva ao final da resolução para sua viabilização e coerência dos dados e das respostas encontradas.

Segundo Dante (2007), um problema está num espaço que exige do agente de resolução estratégias de pensar um método de resolução. Mas o problema de matemática exige saberes específicos da disciplina num processo heurístico orientado para descoberta.

Já para Laudares *et al.* (2017) a aprendizagem em Matemática, ligada à compreensão, leva apreensão do significado por meio da busca de relações com outros objetos, fenômenos e situações. O tratamento do conteúdo em compartimentos estanques e a sucessão linear são substituídos por uma abordagem, em que as conexões e a capacidade de transferência sejam

favorecidas e destacadas. Esses tratamentos e abordagens são inerentes na resolução de problemas, especialmente quando se trabalha a interdisciplinaridade.

A pesquisa realizada, cujos resultados são apresentados neste artigo, se baseou nesses dois fundamentos: Resolução de problema e Interdisciplinaridade.

2.2 Interdisciplinaridade

Na produção científica da área da Educação Matemática e na área da Didática, especificamente do Ensino de Matemática, há uma profícua produção de investigação e de metodologia, principalmente, na interdisciplinaridade da Matemática com a Física, Química, Informática e disciplinas dos cursos da Educação Profissional e Tecnológica em seus diferentes níveis. Segundo Rachelli, Denardi e Bisognin (2022), a disciplina de Cálculo é geralmente tratada de modo dissociado das disciplinas específicas do curso de Engenharia, o que acaba gerando dificuldade no relacionamento e conexões entre os conceitos disciplinares. Para Lima *et al.* (2021) a interdisciplinaridade no curso de Engenharia deve articular a teoria e a prática tendo como referência, o que os futuros profissionais encontrarão em seu campo de atuação. Nessa perspectiva, a disciplina de Cálculo tem a possibilidade de realizar conexões com problemas reais ligados à construção civil, enfatizando, entre os diversos aspectos, os que dizem respeito a Física e a Matemática.

A interdisciplinaridade proporciona um campo de contínua exploração nas produções na área de Educação Matemática. Conceitualmente, a interdisciplinaridade surge para corrigir possíveis fragmentações disciplinares com excessiva compartimentalização e falta de comunicação. Assim, o intercâmbio entre disciplinas pode ser motivado por inúmeros fatores: espaciais, temporais, econômicos, técnicos e tecnológicos, sociais, políticos. Todos esses fatores são baseados em demandas da sociedade, da cognição e da tecnologia.

Nesse cenário, as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia trazem indicativos para a importância da interdisciplinaridade no percurso formativo do estudante. Pois, a capacidade de realizar conexões entre conceitos pode aumentar a possibilidade de sucesso nos desafios da profissão. Com a interdisciplinaridade é possível dar maior sentido ao processo de ensino-aprendizagem e favorecer uma dinâmica de participação dos alunos em atividades práticas desde o início do curso (BRASIL, 2019).

Em vista disso, esta pesquisa toma como um dos fundamentos de seus aportes teórico-metodológicos a concepção de interdisciplinaridade que, por sua vez, dá sustentação para problematização. Trata-se ainda de um esforço em atender às exigências de um mundo em transformação, em que não cabe mais a fragmentação do conhecimento. Em 2012 a CAPES convocou as Instituições de Ensino Superior para formalizarem práticas e métodos relativos à interdisciplinaridade no âmbito acadêmico. O esforço da CAPES em se institucionalizar o saber interdisciplinar está na verificação de que a experiência na universidade é hoje, para a maioria dos discentes, uma vivência compartimentalizada de conhecimentos, representada pelo aprendizado de

disciplinas dos diversos campos do saber ao longo de sua formação (LEITE; BENÍCIO, 2015).

A caracterização da interdisciplinaridade se faz em vários níveis, quando duas ou mais disciplinas trabalham com intercâmbios e conexões com a utilização de parâmetros de metodologias próprias ou originadas de outras áreas.

A interdisciplinaridade composta trata-se da problematização de uma situação com equipe de especialistas originados de diversas disciplinas e, na interdisciplinaridade complementar tem-se uma sobreposição de estudos no trabalho de um mesmo objeto de estudos (SANTOMÉ, 1998).

Na perspectiva de Morin (2007), ensinar interdisciplinarmente requer a religação dos saberes. É operar com uma nova mentalidade didática que desenvolve procedimentos efetivos de ligação entre os saberes, garantindo que os graduandos estejam aptos para organizar o pensamento. O caminho é o da contextualização, no qual as pessoas mudam seu modo de pensar pelos princípios do conhecimento, converge para o sentido em que tudo liga e religa, em permanente ampliação de relações.

Muitas vezes os alunos aprendem ou copiam soluções, em lugar de investigar e buscar quais são as melhores soluções. Nesse sentido, há que se ter cuidado com a armadilha positivista que, de algum modo, incita a fragmentação.

Ainda que obstáculos sejam encontrados para a experiência da interdisciplinaridade, ela é imprescindível, dado que os conhecimentos fragmentados não permitem ao ser humano avançar na ciência e na tecnologia, ambas desenvolvidas com referenciais relacionais de parâmetros de natureza multidisciplinar.

A interdisciplinaridade é um processo sempre inacabado, dificilmente alcançado na sua plenitude, um permanente devir, que demanda não só uma proposta teórica, mas, essencialmente, prática e operacional.

2.3 Hierarquização de Etapas ou Níveis de Colaboração entre as Disciplinas

Quanto à hierarquização de etapas ou níveis de colaboração entre as disciplinas se tem, segundo Santomé (1998): (1) multidisciplinaridade: etapa inferior de associação, praticamente uma justaposição de disciplinas diferentes; (2) interdisciplinaridade num segundo nível, com o estabelecimento de intercâmbios reais com reciprocidade e enriquecimentos integrados em ações cooperadas; (3) transdisciplinaridade, sendo a etapa ou nível superior do trabalho com disciplinas diferenciadas, que visa à construção de um sistema total, sem fronteiras disciplinares, o que pode gerar novos campos do saber como atualmente a Informática Computacional, Biotecnologia de várias especialidades, Mecatrônica, Controle e Automação, Geoprocessamentos entre muitas outras.

O trabalho colaborativo multi, inter ou transdisciplinar pode ser caracterizado por uma resolução de problemas, alcançando, em várias situações, uma modelagem. É importante diferenciar um problema – processo de reflexão, tomada de decisão, situação nova e aberta, do-

mínio de um contexto; de um exercício - o qual requer procedimentos automáticos, habilidade mecânica de repetição, treinamentos, trabalho com fórmulas ou algoritmos (LAUDARES *et al.*, 2017).

Pelas características da resolução de um problema, há uma diferenciação fundamental entre resolver um exercício e um problema, o qual exige procedimentos reflexivos e não lineares, desafiadores de análise da situação problematizada com operacionalização de um plano em várias etapas, desde sua concepção até sua avaliação, pela compatibilização dos dados, das informações dadas, das descobertas durante a resolução, com a solução encontrada.

Entretanto, se considerarmos níveis de hierarquia de resolução de exercício, de resolução de problemas e de modelagem, essa última pode ser considerada o nível mais elevado pelos seus parâmetros definidores. Mas, a modelagem, inicialmente, é constituída por um problema, o qual está num cenário a ser problematizado e, que necessita sair da abstração e operacionalizar na concretude da tecnologia e da técnica para, em etapas aproximadas e acumulativas, formular um modelo (MEYER; CALDEIRA; MALHEIROS, 2011).

A perspectiva que norteia estes três componentes da metodologia matemática: Resolução de Exercícios, Resolução de Problemas e Modelagem é de criar um ambiente de aprendizagem, que acontece em passos ou etapas.

3 ESCOLHAS METODOLÓGICAS

3.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa apresentada neste artigo é de abordagem qualitativa, a partir de uma intervenção didática com a aplicação de atividades investigativas, na forma de problemas, no contexto da Educação Matemática no Ensino Superior e Educação em Engenharia. Segundo Minayo (2011), a pesquisa qualitativa considera o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, equivalendo a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. Damiani *et al.* (2012) discutem que as intervenções no campo didático, são mudanças propositadamente realizadas, por professores/pesquisadores, em suas práticas pedagógicas. Para os autores essas mudanças são planejadas com base em um referencial teórico com o objetivo melhorar a prática e avançar o conhecimento sobre o processo de ensino-aprendizagem.

3.2 Participantes da Pesquisa

Os participantes deste estudo foram 18 estudantes, matriculados e cursantes da disciplina de Cálculo II, sendo 6 do turno matutino e 12 do turno noturno, do curso de Engenharia da Faculdade de Engenharia da Fundação Mineira de Educação e Cultura (FUMEC), localizada na

cidade de Belo Horizonte/MG.

3.3 As Atividades de Pesquisa como Problemas: Considerações Iniciais

A Educação Matemática, nos últimos anos, tem tido uma evolução bastante significativa de metodologias ativas para o desenvolvimento de uma aprendizagem mais eficiente, nos processos, e com mais eficácia, dos resultados. Na investigação realizada, objetivou-se diversificar os processos de ensino-aprendizagem com diferentes métodos, fugindo da limitação de treinamentos, estritamente com procedimentos de cálculos e algoritmos. Foi edificada uma proposta de resolução de problemas contextualizados na Engenharia Civil com interpretação de modelos matemáticos e da interdisciplinaridade, com várias representações em diagramas.

A criação das atividades foi ao encontro das iniciativas relativas à proposição de fazer com que o estudante participe de sua formação com autonomia e engajamento, a partir de ação reflexiva e operante. O planejamento didático das atividades privilegiou problemas sem detalhes técnicos específicos, que poderiam ser empecilhos para compreensão da situação em estudo e para seu desenvolvimento. Os problemas envolvem conceitos e processos introdutórios da Engenharia Civil com cálculos básicos da disciplina Cálculo Diferencial e Integral.

A formação de um dos autores desta pesquisa, como engenheiro-professor, com experiência em projetos de engenharia, foi fundamental para a idealização e criação dos problemas, objeto da investigação.

As questões relativas ao Cálculo são do conteúdo de Derivada, com problemas de otimização e, de Integral, com aplicações em cálculo de áreas de superfícies planas, comprimento de curvas e centro de gravidade de seções planas.

Já, da Engenharia Civil, os problemas foram elaborados para estar no nível de dificuldade para estudantes ingressantes no ensino superior, ainda sem conhecimentos dos conteúdos das disciplinas técnicas, que são ministradas a partir do segundo período do curso.

A forma de apresentação dos problemas em contexto da Engenharia Civil teve como proposta familiarizar o aluno com os desenhos projetivos. Para resolvê-los, o estudante deve entender o que são seções transversais de superfícies espaciais e trabalhar com dimensionamentos. Os desenhos ilustrados e os diagramas em perspectivas contribuem para o desenvolvimento da visão espacial, bem como facilitam o entendimento da questão a resolver.

Complementando, todos problemas tiveram seu enunciado ilustrado com diagramas e desenhos como suporte para compreensão do contexto trazido para a situação em estudo. Para os desenhos técnicos, perspectivas e fotos, foi utilizado o aplicativo Autodesk AutoCAD e, para as perspectivas, foram usados os aplicativos Sketchup e Photoshop.

Ao final de cada atividade, foram inseridos boxes destacando conteúdos técnicos, históricos e culturais alusivos a cada situação estudada. De forma gradual, o aluno foi conhecendo os termos técnicos utilizados na Engenharia.

Para a pesquisa de Mestrado Profissional de Sodré (2021), foram elaborados 13 (treze)

problemas, sendo 7 (sete) relativos ao conteúdo de Derivada, com um total de 34 questões e 6 (seis) relativos ao conteúdo de Integral, com um total de 19 questões, conforme descrito nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Derivada e suas aplicações: Problemas de otimização

Título da Atividade	Questões (n.º)
Delimitação de área retangular para assentamento de painéis fotovoltaicos.	3
Cálculo das dimensões de um reservatório de água cilíndrico.	3
Demarcação de área para construção de edifício.	2
Delimitação de área retangular para construção de uma piscina.	8
Determinação de elementos de uma viga de alta resistência de madeira.	7
Determinação de elementos necessários para a construção de um reservatório metálico.	3
Determinação de elementos de caixa d'água com formato de paralelepípedo retângulo.	8

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Quadro 2 – Centroide e volume de sólidos de revolução. Problemas de integral

Título da Atividade	Questões (n.º)
Determinação de elementos de fachada de um edifício com portais de vidro e fachada revestida em placas de ACM.	3
Capacidade volumétrica de um caminhão betoneira.	3
Determinação de elementos de peça pré-moldada de concreto para a marquise de um edifício.	4
Determinação de quantitativos de uma coluna de concreto.	3
Determinação do volume interno de uma edificação.	2
Dimensionamento de volumes de elementos estruturais de uma edificação.	4

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Neste artigo são apresentados e analisados 2 (dois) problemas dos 13 (treze) da pesquisa de Sodré (2021), sendo um problema de Derivada, que trata da delimitação de área retangular para assentamento de painéis fotovoltaicos e, um problema de Integral, que trata da determinação de elementos de fachada de um edifício com portais de vidro e fachada revestida com placas de *Aluminium Composite Material* (ACM). Na sequência, são apresentadas sinteticamente, as percepções dos participantes das atividades com resolução de problemas de Cálculo Diferencial e Integral que foram contextualizados na Engenharia Civil.

No planejamento didático dos problemas contextualizados na interdisciplinaridade da Matemática com a Engenharia, foram usados os mesmos elementos: “Itens estruturantes da atividade”, abrangendo: Título, Enunciado, Questões, Desenhos, Perspectivas e Ilustrações, Informações tecnológicas ou Conteúdo Técnico Informativo.

Problema 1: Delimitação da área retangular para assentamento de painéis fotovoltaicos

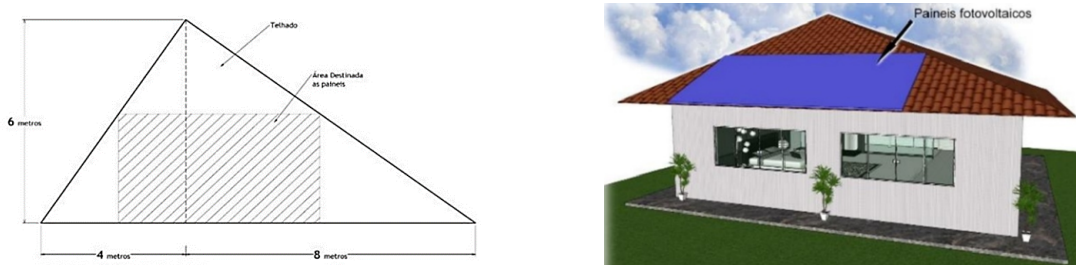
Enunciado: Em um telhado triangular, o proprietário decidiu colocar painéis de energia fo-

tovoltaica para a produção de energia elétrica. Para tanto reservou uma área retangular no telhado, posicionada conforme o croqui abaixo.

Questões:

- Determine as dimensões da maior área regular que pode ser reservada para esta finalidade.
- Calcule a produção mensal de energia elétrica, sabendo-se que será utilizado painel monocristalino de 2m x 1m que gera 48 KW h/mês.
- Calcule o valor da economia mensal, considerando que a tarifa da CEMIG em baixa tensão (residencial) é de R\$ 0,90 (noventa centavos de reais) / KWh.

Figura 1 – Desenhos técnicos, perspectivas e ilustrações



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

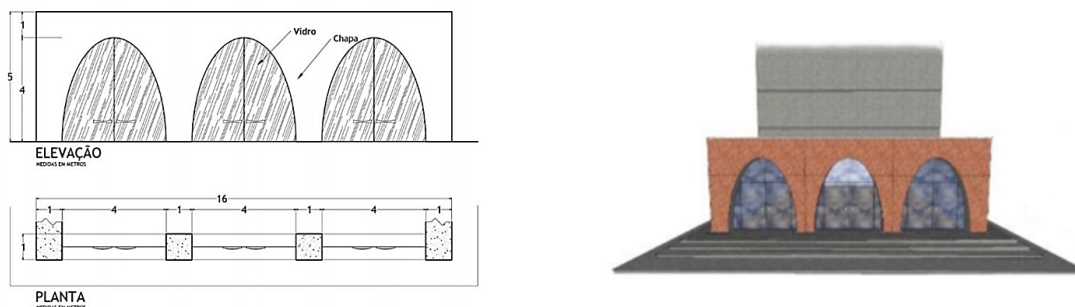
Conteúdo informativo: A energia solar fotovoltaica é a energia elétrica pela luz solar. É uma fonte de energia alternativa, renovável, limpa e sustentável. O painel fotovoltaico é o equipamento para captar a energia solar e iniciar o processo de transformação em energia elétrica. Existem no mercado diversos tipos e tamanhos de painéis. Os painéis em silício monocristalino são os mais eficientes (PORTAL SOLAR, 2022).

Problema 2: Determinação de elementos de fachada de um edifício com portais de vidro e fachada revestida em placas de *Aluminium Composite Material* (ACM).

Enunciado: A fachada deste edifício foi projetada com os portais em vidro temperado e revestimento em ACM para a parede e as espaldas das portas. A curva das portas tem formato parabólico sendo que o vidro será fixado em uma esquadria de alumínio que contorna a curva.

Questões:

- Determine a quantidade total de vidro para a confecção dos portais.
- Determine a quantidade de perfil de alumínio das esquadrias.
- Determine a área de revestimento em ACM.

Figura 2 – Desenhos técnicos, perspectivas e ilustrações

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conteúdo informativo: As placas de *Aluminium Composite Material* (ACM), são compostas pela junção de duas chapas de alumínio com uma chapa de polietileno em seu interior. O material é leve, porém forte e resistente. São chapas de 3 mm de espessura confeccionadas com lâminas de alumínio de 0,21 mm de pintura em poliéster de diversas cores (ACTOS, 2021).

3.4 Aplicação dos problemas

Os problemas foram aplicados para estudantes de Cálculo da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da FUMEC, sediada na cidade de Belo Horizonte. Participaram da pesquisa, de maneira voluntária, um total de 18 alunos, sendo 6 do curso diurno (Turma CA) e 12 do curso noturno (Turma CH).

Os estudantes do curso diurno foram divididos em 2 grupos de 3 alunos e, os do curso noturno, foram divididos em 3 grupos de 4 alunos. Com esta divisão, buscou-se a interação entre seus componentes e socialização de conhecimentos. As atividades, com todas as instruções para o seu desenvolvimento, foram disponibilizadas por meio do *Google Classroom*.

3.4.1 Análise dos resultados da aplicação - Interlocução com os participantes da pesquisa

A análise dos resultados foi qualitativa, enfatizando uma descrição analítica e reflexiva da resolução dos problemas à luz do referencial teórico sobre Resolução de Problemas na educação matemática e da interdisciplinaridade.

Assim, realizou-se uma apuração dos questionamentos aflorados no processo de resolução dos estudantes para identificar itens relevantes do ensino-aprendizagem, para a formação do engenheiro.

A aplicação das atividades aconteceu de modo remoto, devido a pandemia do coronavírus. Situação que não prejudicou a interlocução do pesquisador com os participantes da pesquisa.

Como a resolução dos problemas foi em grupo, identificou-se a existência das interações

aluno-aluno e aluno-professor/pesquisador.

Destaca-se que a ação didática ocorreu com cautela, para a não realização de ações à frente dos estudantes, o que poderia configurar antecipação de respostas ou doação de caminhos a percorrer, o que invalidaria a investigação.

Entretanto, é importante salientar que o conteúdo da Matemática trabalhado se configurou como de alta exigência cognitiva, pois demandou uma sequência de saberes prévios do Cálculo Diferencial e Integral.

Os problemas de otimização (maximização ou minimização), bem como os problemas de cálculo de áreas planas e comprimentos de curvas planas em Matemática, quando trabalhados com as concepções e algoritmos do Cálculo Diferencial e Integral, precisam de um suporte conceitual e de procedimentos, pois são vinculados às essências desse Cálculo, numa perspectiva do movimento e da variação.

Essa exigência de raciocínio e de habilidades do estudante para adentrar ao questionamento, peculiar nestes tipos de problemas, não se trata de conhecer os modelos ou as fórmulas apenas, mas de buscar relações que definem processos dinâmicos e de complexidade criativa e crítica da resolução de problemas e na interpretação de modelos matemáticos.

Apesar da metodologia ter sido de resolução de problemas, os estudantes foram levados a interpretar modelos com a contextualização em situações de engenharia; houve uma demora, mas com continuada procura do entendimento dos fenômenos estudados. Foram facilitadoras as reflexões dialogadas existentes nas interações aluno-aluno e aluno-professor/pesquisador.

Acresce à dificuldade dos alunos, entenderem os fenômenos, a própria temática matemática e a abordagem interdisciplinar, que traz consigo parâmetros da transposição didática, o que consiste em análises críticas da configuração das variáveis explicitamente matemáticas, Dessa forma é a mudança das variáveis “x” e “y”, para outras mais pertinentes à conformação das grandezas inerentes à situação em contexto.

Assim, os obstáculos se apresentaram no início do estudo com o aparecimento da falta de compreensão do cenário criado pelo contexto proposto. Os estudantes tiveram dificuldades de ler o enunciado do problema e traduzi-lo, buscando a compreensão da proposição implícita no enunciado. Dessa forma é, cumprir as etapas da metodologia de Resolução de problemas de Polya (2006), tais como identificar os dados e a questão levantada. Desta forma, surgiram empecilhos que dificultaram uma imersão necessária na problematização, que se apresenta parametrizada como uma vizinhança da modelagem. Assim, de novo, cumprir outra etapa de Polya (2006), quanto a edificar um plano para a resolução do problema. As dificuldades para fazer a leitura analítica da situação problematizadora e efetivar o plano de resolução, foram coerentes com as categorias de Polya (2006), Dante (2007), Allevato e Onuchic (2014), Laudares *et al.* (2017), Miranda *et al.* (2019) que preconizam obstáculos para e resolver um problema, o que foi observado na pesquisa, tais como:

- Definir as incógnitas ou variáveis, caracterizando-as na sua dependência ou independência;
- Descobrir relações de diferentes combinações entre variáveis ou parâmetros pertinentes

ao contexto pesquisado;

- Identificar os saberes da Matemática estudados previamente da geometria, tais como semelhanças de triângulos, áreas das figuras planas e volume das figuras sólidas, entre outros; da álgebra quanto aos procedimentos, cálculos operacionais e uso de algoritmos;
- Quanto ao conteúdo do Cálculo Diferencial e Integral; uma falta de desenvoltura no cálculo de derivadas e integrais; determinação do domínio da função a extremar e da identificação dos extremos locais;
- Esboçar o gráfico e compatibilizar o traçado dele, respeitando a contextualização dos problemas; justificar a limitação das variáveis nos seus respectivos domínios, usando, assim, apenas uma parte do gráfico, de acordo com as condições da situação problematizada;
- Escolher uma unidade de medida conveniente com os dados e informações pertinentes à problematização da realidade da situação em estudo;
- Obtidos os resultados, não houve uma continuidade da justificativa da dimensão deles e sua compatibilização com os dados e as informações inerentes ao problema, etapa final da metodologia de resolução de Problema de Polya (2006), denominada retrospecto da solução.

Entretanto, quanto a estes obstáculos identificados, algumas considerações efetuadas pelo pesquisador podem ainda ser colocadas, advindas das observações dos participantes.

De uma maneira geral, resolver um problema, num nível mais básico, pode ser uma atividade mais simples, mais próxima da resolução de um exercício, que se configura como uma aplicação direta de fórmulas, de modelos, procedimentos algébricos e operacionais. Entretanto, pode-se definir a resolução de problemas com suas bases estruturantes, que exigem passos ou fases de uma sequência lógica a constituir a essência da situação problematizadora. E, num terceiro nível, resolver um problema demanda uma vizinhança com a modelagem, construir um modelo ou interpretá-lo com uso das ferramentas de análise matemática: tratamento gráfico, numérico ou estatístico, quando se requer maior quantidade de dados. A investigação realizada se caracteriza como resolução de problema, mas com parâmetros intervenientes da modelagem, não na criação de modelos, mas de sua interpretação em situações problematizadas.

Na pesquisa desenvolvida, como houve uma problematização, na interdisciplinaridade, foram exigidas habilidades dos participantes, em contínua ação com reflexão, uma efetiva práxis. Por isso, foram requeridos laços relacionais da conexão dos parâmetros e variáveis da matemática no contexto, que foi exposto aos estudantes. Não foi fácil nem imediata a correlação matemática e contexto, pelos estudantes.

Assim, as construções mentais, no processo de abstração, que fomentam o raciocínio e sua expressão em representações, na concretização dos modelos, demandam verbalização para exteriorizar os construtos teóricos que vão se formalizando no pensamento e, precisam uma expressão na concretude da modelação. Verbalizar, com ou sem a simbologia da Matemática,

traz a possibilidade de elaboração processual ao falar ou escrever no contexto matemático, não reduzindo a verbalização apenas à ação de ler. Aconteceram vestígios de uma verbalização, durante a investigação, mas carecendo de uma efetivação interpretativa pelos estudantes.

Os estímulos, sejam conceituais ou procedimentais, dados pelo professor/pesquisador, foram suporte importante para os estudantes perseverarem com a investigação na resolução dos problemas.

3.4.2 Problemas aplicados e análise de questões mais específicas

Problema 1 – Delimitação de área retangular para assentamento de painéis fotovoltaicos:

No desenvolvimento dessa metodologia, Desta formaé, o ensino-aprendizagem baseado na resolução de problemas, o professor dá suporte para o estudante entrar em ação com uma atitude ativa, logo não prescreve métodos específicos para obtenção da solução. (ALLEVATO; ONUCHIC, 2014).

Desta forma, durante o desenvolvimento da atividade, o professor – pesquisador limitou-se a somente mediar, sem indicar diretamente as soluções das dúvidas e dificuldades encontradas pelos estudantes, participantes da pesquisa.

Polya (2006) em suas considerações, descreve que, na primeira etapa, não basta somente a compreensão do problema, mas também é preciso o desejo de resolvê-lo, assim, a escolha adequada do problema é muito importante.

Como os problemas selecionados estavam contextualizados em temas relativos à engenharia, foi possível constatar que os estudantes ficaram muito motivados.

Na maioria dos trabalhos percebe-se a ausência da verbalização, somente os cálculos são apresentados, resultando na ausência de justificativas das operações realizadas.

Houve um erro sequencial em alguns trabalhos que mostravam, inicialmente, a relação entre as variáveis da função, através da análise gráfica da semelhança de triângulos, quando o primeiro item a ser apresentado deveria ser da função extremada. Questionados pelo pesquisador, quando da entrega dos trabalhos, os alunos justificaram que esse erro passou imperceptível.

A justificativa procede, uma vez que todos os grupos determinaram as equações com duas variáveis independentes a serem analisadas. Para a solução do problema seria necessário transformar as equações com uma única variável, pois se tratava na pesquisa de Cálculo Diferencial e Integral de uma variável. Encontrar a relação entre as variáveis do problema foi a grande dificuldade dos grupos. Nesse momento, houve a necessidade da intermediação do pesquisador ao perceber que aquele entrave poderia comprometer toda a pesquisa.

O pesquisador, preocupado em não prescrever regras específicas ou métodos para resolver aquele entrave, no papel de mediador, limitou-se a dar a informação de que a relação estava registrada no enunciado do problema ou na sua geometria. Bastou essa informação para os alunos perceberem que a relação estava na semelhança de triângulos.

Em alguns trabalhos, não foram desenhados os triângulos utilizados na relação de se-

melhança. É importante registrar, de maneira positiva, que esta relação foi obtida de forma diferente pelos alunos.

Destacamos, também, que na formulação dos modelos matemáticos, para alguns grupos, a seleção das variáveis não ficou restrita somente ao uso de “x” e “y”, mas de outras letras como “r” (raio) e “h” (altura). Assim, as equações dos modelos matemáticos têm como variáveis relativas as grandezas envolvidas nos problemas.

No problema dos painéis fotovoltaicos, os três grupos da turma CH, no item b, ao calcular o número de painéis que poderiam ser instalados, limitaram somente a dividir a área máxima retangular definida para a instalação dos mesmos pela área de cada painel. Esse resultado obtido é matemático, para confirmação dele, uma análise geométrica deveria ser feita, verificando se a quantidade de painéis calculada caberia na área retangular definida.

Os procedimentos algébricos foram corretos na maioria dos trabalhos. As conclusões também foram corretas, porém não houve tempo suficiente para uma análise retrospectiva, de acordo com as fases de resolução de problemas de Polya (2006).

Problema 2 - Determinação de elementos de fachada de um edifício com portais de vidro e fachada revestida em placas de ACM

Durante o desenvolvimento da atividade, o professor- pesquisador novamente limitou-se a mediar, sem indicar diretamente as soluções das dúvidas e dificuldades encontradas pelos participantes da pesquisa. Percebeu-se a motivação e o comprometimento dos estudantes na resolução de mais um problema contextualizado em temas relativos à engenharia.

Inicialmente, durante a leitura do enunciado, houve a necessidade de o professor definir espala e esquadria que são termos técnicos de engenharia, desconhecidos pela maioria dos participantes da pesquisa, que são estudantes ingressantes no curso de Engenharia sem conhecimento técnico ou tecnológico, ainda a serem abordados nas disciplinas específicas profissionalizantes do curso.

O primeiro desafio dessa atividade era o cálculo da área de vidro dos portais. Nos livros de Cálculo, os problemas relativos ao cálculo de áreas planas têm dois padrões:

- Primeiro Padrão: As curvas delimitadoras da área são determinadas no enunciado do problema, cabendo ao aluno esboçar o gráfico da região.
- Segundo Padrão: O esboço gráfico da região é dado com indicação das equações das curvas limítrofes da área e eventualmente, cabe ao aluno apenas calcular os limites de integração.

O problema contextualizado em questão difere desses padrões. Nem as equações das curvas delimitadoras da área foram fornecidas, nem o esboço da região, cabendo aos estudantes a sua construção. Por esta razão, apresentaram dificuldades.

A primeira dificuldade verificada foi a plotagem da curva quadrática com seus parâmetros no sistema de coordenadas cartesianas.

Um grupo chegou a plotar as curvas dos três portais no sistema de coordenadas, indagando se deveriam calcular a área de cada uma das regiões.

Bastou que o professor/pesquisador perguntasse ao grupo se as áreas dos portais eram iguais, para demovê-los dessa ideia.

Foi verificado na análise dos extratos das resoluções, que os alunos posicionaram a curva quadrática em diferentes posições.

Depois de plotadas as curvas no sistema de coordenadas, o próximo obstáculo foi a determinação das respectivas equações. A maioria dos estudantes não se lembrava do processo operacional para consegui-la. Como esse conteúdo havia sido ministrado, o professor sugeriu uma consulta ao tema, para a recuperação de conhecimentos prévios.

Uma vez superado esse obstáculo, com a região totalmente definida, partiu-se para o cálculo da área com a aplicação da integral definida.

Nessa etapa, pode-se identificar o término da fase de planejamento de Polya (2006), que consiste no estabelecimento do plano estratégico da resolução de problema. Montar uma abordagem operacional com os dados, as variáveis, os parâmetros numa intensa inter-relação para se ter os procedimentos da resolução.

A partir do plano estruturado, parte-se para a terceira fase de Polya (2006) que é da execução do plano, enfatizando a correlação com os conhecimentos previamente adquiridos num processo de recursividade permanente. Assim, no envolvimento do processo operacional, questionamentos são demandados para variação do problema na particularização/generalização e, se necessário, reformulações com recursos de analogias.

O plano consistiu da montagem das equações das curvas e a execução no cálculo da área. Os grupos II e III da turma CH apresentaram dificuldade no cálculo da área, assim, foi sugerido pelo professor uma consulta ao material sobre o assunto, ministrado em aulas anteriores a essa atividade, novamente a consulta aos conhecimentos prévios. Uma vez programadas as integrais definidas para o cálculo das áreas, os grupos não tiveram dificuldade em calculá-las.

Aberta a discussão, em decisão coletiva, os grupos optaram por trabalhar com a curva $y = x^2$, adotada pelo Grupo II da Turma CH, pelo fato de ela apresentar a integral definida mais simplificada. Na sequência do debate, eles ainda perceberam que poderiam usar dos benefícios da simetria da curva.

O segundo desafio da atividade consistia no cálculo do comprimento do arco da curva quadrática, cujo valor resultaria na metragem do perfil de alumínio da esquadria e também na área de revestimento das espalas.

Para a solução deste problema, com o uso das equações cartesianas das curvas, bastaria a aplicação de uma fórmula cuja dedução é apresentada na maioria dos livros de Cálculo. Essa fórmula foi disponibilizada para os grupos.

As integrais definidas para o cálculo dos comprimentos de arcos são, em sua maioria, de difícil solução, porque o integrando tem raiz quadrada, o que leva a adoção de métodos numéricos para resolução ou também o uso de um integrador numérico presente em calculadoras.

Entretanto, o professor/pesquisador solicitou que a integral definida não fosse soluci-

onada por métodos numéricos e nem com uso de calculadoras, Dessa forma, pelos métodos algébricos. Os grupos foram orientados para apresentar a todos componentes as suas integrais programadas, comparando-as, num processo de interação, que foi incentivado durante toda realização das atividades.

Uma vez programada a integral definida para o cálculo do comprimento do arco da curva, outra dificuldade verificada foi na solução da integral. Novamente, o professor fez intervenção, perguntando aos participantes, quais as técnicas de integração já ministradas poderiam ser aplicadas no caso. Depois de um novo consenso, optaram pela técnica da substituição de variável em detrimento da técnica por substituição trigonométrica.

Todos os grupos da turma CH solucionaram corretamente a integral, já os grupos da turma CA cometeram um erro ao substituir o limite inferior $x=0$ na integral definida, chegando ao valor de $\ln 17^{1/2}$, quando deveria ser $\ln 1$ (sendo $\ln$ = logaritmo neperiano). Esse erro pode ser creditado à falta de atenção dos componentes dos grupos.

Observou-se uma melhora na verbalização da memória de cálculo apresentada, pois a tendência dos estudantes era simplificar os processos de cálculos, usando a simbologia, sem descrição verbal inerente aos passos e às sequências dos processos operacionais.

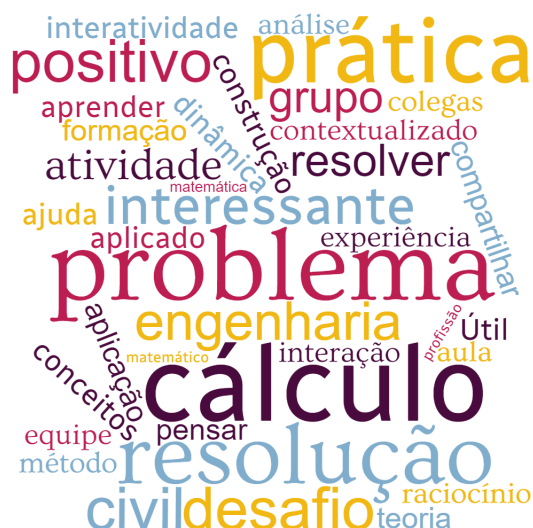
A escolha adequada da unidade de medida conveniente para o quantitativo de placas ACM (termo técnico da Engenharia Civil, apresentado no problema), que deveria ser em m^2 , o Grupo I da turma CH, apresentou erroneamente a medida em volume, multiplicando a área obtida pela espessura da chapa. Os cálculos da área dos vitrais e do comprimento da curva plana foram corretos. Exceção do Grupo I da turma CH, os demais grupos chegaram às respostas corretas, desconsiderando o erro, por falta de atenção, cometido pelos dois Grupos da Turma CA.

Quanto ao conteúdo do problema contextualizado, que abordou o cálculo de área plana e o comprimento de curva plana, o resultado foi satisfatório, uma vez que todos grupos tiveram uma boa performance. O trabalho de Sodré (2021) apresenta de forma detalhada os extratos e a análise das resoluções dos alunos.

3.4.3 Síntese dos relatos dos participantes

Após a realização das atividades, os participantes foram provocados a se manifestarem por escrito, na forma de um breve relato, sobre as percepções, sentimentos, significados e sensações que estiveram presentes durante a execução das atividades de resolução de problemas de Cálculo com contextualização na Engenharia Civil.

A partir dos 18 relatos recebidos, foi possível mapear os termos pela frequência de ocorrência e com isso apresentamos como resultado uma nuvem de palavras.

Figura 3 – Nuvem palavras construída a partir dos relatos de realização das atividades

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Segundo Allevato e Onuchic (2014), Pozo (2008) e Polya (1994), para o sucesso da resolução de um problema, o estudante, além de compreender a situação ou o contexto, precisa querer e também estar motivado a responder às questões postas. Compreensão e interesse são fatores básicos para resolução de um problema.

De forma complementar são apresentados sinteticamente alguns extratos dos relatos dos participantes.

Figura 4 – Relato sobre a pesquisa: Protocolo participante A12

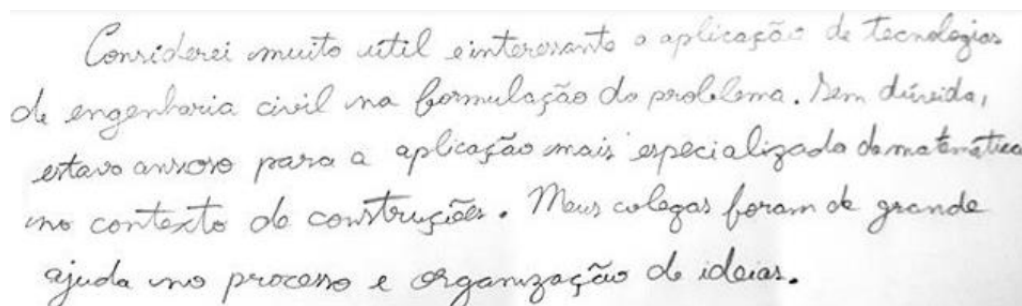
ACHEI MUITO BOM ESSE MÉTODO DE
ATIVIDADE POIS SÃO PROBLEMAS QUE JÁ VEM
COLOCANDO EM PRÁTICA O QUE VAMOS ENCONTRAR
NA CARREIRA COMO ENGENHEIRO

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 5 – Relato sobre a pesquisa: Protocolo participante A06

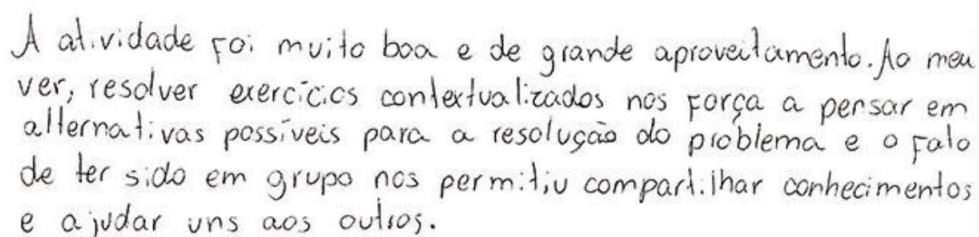
O aspecto técnico da proposta foi
muito bem selecionado, ao elaborar um
desafio dentro da temática da engenharia, foi
possível despertar o interesse pelo cálculo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 6 – Relato sobre a pesquisa: Protocolo participante A09


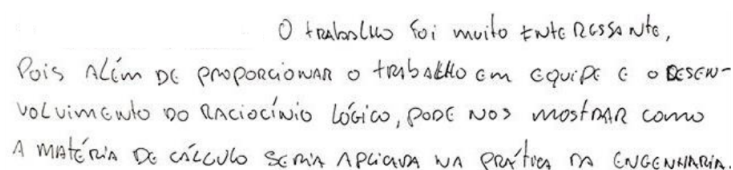
Considereei muito útil e interessante a aplicação de tecnologias de engenharia civil na formulação do problema. Bem ditado, estava ansioso para a aplicação mais especializada da matemática no contexto de construções. Meus colegas foram de grande ajuda no processo e organização de ideias.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 7 – Relato sobre a pesquisa: Protocolo participante A17


A atividade foi muito boa e de grande aproveitamento. Ao meu ver, resolver exercícios contextualizados nos força a pensar em alternativas possíveis para a resolução do problema e o fato de ter sido em grupo nos permitiu compartilhar conhecimentos e ajudar uns aos outros.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 8 – Relato sobre a pesquisa: Protocolo participante


O trabalho foi muito interessante, pois além de proporcionar o trabalho em equipe e o desenvolvimento do raciocínio lógico, pode nos mostrar como a matéria de cálculo se aplica na prática na engenharia.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Percebemos por essa síntese, que a inserção de problemas contextualizados na Engenharia Civil em uma disciplina teórica de Cálculo foi citada de maneira positiva, e também que gerou motivação e comprometimento na busca das soluções. As atividades realizadas mostraram para alguns alunos a importância do aprendizado dos conceitos básicos da matemática e, principalmente, as aplicações do Cálculo nas disciplinas técnicas e profissionalizantes. Allevato e Onuchic (2014) enfatizam o trabalho colaborativo e em grupo para efetivar a resolução de problemas, pela colaboração e cooperação para o desenvolvimento da criatividade, da autonomia e da aquisição da habilidade do pensamento crítico.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção desta pesquisa num Projeto de nivelamento⁵ de Estudantes de Engenharia e sua Integração à Universidade, foi um fator motivador que proporcionou condições para dire-

⁵ Pesquisa desenvolvida no âmbito de Projeto financiado pelo Fundo Incentivo à Pesquisa da PUC Minas, denominado “Nivelamento dos estudantes de cursos de Engenharia e sua integração à universidade - ano de 2020/2021.

cionar a criação das atividades investigativas, caracterizadas por problemas contextualizados. Neste Projeto foram definidos alguns pilares para criação de uma metodologia do Cálculo entre os quais: o trabalho com conceitos, procedimento relativo aos cálculos, definição entendida como inerente à conceituação, mas buscando a formalização, e a resolução de problemas. A identificação dos pesquisadores, com este último pilar, foi determinante para a definição do objeto da Pesquisa desenvolvida.

A concepção e a efetivação dos problemas, que geraram o objeto da investigação, trouxeram um resgate de toda trajetória do pesquisador mestre engenheiro-professor, uma vez que, ao elaborar a situação em estudo, procurou ilustrar e estruturar o problema com dados e informações técnicas para motivar o estudante, bem como facilitar sua aprendizagem. As figuras, os dimensionamentos, os diagramas foram todos tratados com pertinência ao contexto em estudo, de acordo com a cognição matemática necessária para processar o problema.

Ao optar por aplicar atividades, constituídas pela resolução de problemas, num curso de engenharia, partiu-se do pressuposto que cursos de graduação formam o engenheiro na sua concepção integradora da ciência e da técnica. Assim, ao levar para estudantes de engenharia, situações nas quais irão encontrar na sua vida profissional, ficou facilitada a motivação para o pesquisador e estudantes, o que efetivamente ocorreu como apresentado na análise dos resultados da pesquisa.

Entretanto, para Laudares *et al.* (2017) e também Miranda *et al.* (2019) é de se aguardar dificuldades no processo de resolução dos problemas, devido sua natureza interdisciplinar e de se constituir como método diferente de resolver exercícios. Para isto, uma imersão numa situação posta a partir de um contexto não somente escolar, em espaço tecnológico, por exemplo, que exige postura ativa do aprendiz, aqui considerados professor e estudante, demanda atitudes do aprender a aprender contínuo, facilitando o desenvolvimento desta habilidade ao resolver um problema (ALLEVATO; ONUCHIC, 2014).

Como relatado nas análises dos resultados da aplicação, aconteceram diversas dificuldades na resolução dos problemas, tais como: a leitura do seu enunciado para o entendimento da proposta a ser estudada, que envolveu saberes da própria matemática, isto é otimização, a demandar conhecimentos de derivadas; cálculo de área plana e comprimento de curvas a partir de integrais definidas, cálculos agregados a um cenário tecnológico da engenharia. Termos técnicos também foram necessários, porém facilitados pelos pesquisadores, pois os estudantes não tinham estudado disciplinas técnicas profissionalizantes.

Apesar da aplicação ter sido virtual, devido aos problemas da pandemia, aconteceu uma continua interação com pesquisador ao responder aos questionamentos dos estudantes, fornecendo-lhes estímulos para a continuidade das atividades. Os estudantes, na sua totalidade, não desistiram, ainda que alguns tenham chegado aos resultados quantitativos esperados com alguns erros, mas sem comprometer a efetivação do processo da resolução dos problemas.

Os referenciais teóricos proporcionaram parâmetros que direcionaram a investigação, especialmente de Allevato e Onuchic (2014), Laudares *et al.* (2017), Miranda *et al.* (2019), Polya (2006) e Pozo (2008). As leituras na produção em Educação em Engenharia de Rezende

(2003), de Vaz (2010) e de Oliveira (2010) podem trazer indicações para planejamento da estrutura das atividades a refletir na formação do engenheiro.

Finalmente, esta produção está no contexto da Educação Matemática no Ensino Superior e contribui para debates da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), bem como da Associação de Educação em Engenharia (ABENGE).

REFERÊNCIAS

- ACTOS. **Alumínio composto (ACM)**. 2021. Disponível em: <<https://www.actos.com.br/produtos/chapas/aluminio-composto-acm/>>. Acesso em: 17 abr. 2023.
- ALLEVATO, N. S.; ONUCHIC, L. R. Ensino-aprendizagem-avaliação de matemática: por que através da resolução de problemas? In: ONUCHIC, L. R. e. a. (Ed.). **Resolução de problemas: teoria e prática**. Jundiaí: Paco Editorial, 2014. p. 35–52.
- ALMEIDA, E.; GODOY, E. V. A evasão nos cursos de engenharia: uma análise a partir do cobenge. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 44., Natal, 2016. **Anais [...]**. Natal: UFRN, 2016. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/3/anais/anais/159848.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- BARBOSA, M. A. **O Insucesso no Ensino e Aprendizagem na Disciplina Cálculo Diferencial e Integral**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação) — Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <http://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=291>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. 2019. Resolução CNE/CES nº: 1/2019. Aprovado em 24/04/2019. Brasília: Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Superior, 2019.
- D'AMBROSIO, U. **Educação Matemática: Da Teoria à Prática**. Campinas, SP: Papirus, 2008.
- DAMIANI, F. *et al.* Sobre pesquisas do tipo intervenção. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICAS DE ENSINO, 16., Campinas, 2012. **Anais [...]**. Campinas: Unicamp, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/caduc/article/view/3822/3074>>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- DANTE, L. R. **Didática da Resolução de Problemas de Matemática**. São Paulo: Ática, 2007.
- FARIAS, G.; NETA, M. d. L. da S. **Revista do Instituto de Políticas Públicas de Marília**, v. 6, n. 2, p. 47–62, 2020. Disponível em: <<https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/RIPP/MAR/article/view/11644>>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- LAUDARES, J. B. *et al.* **Equações Diferenciais Ordinárias e Transformadas de Laplace: Análise Gráfica de Fenômenos com Resolução de Problemas: Atividades com Softwares Livres**. Belo Horizonte: Artesã, 2017.
- LEITE, F.; BENÍCIO, J. Interdisciplinaridade no ensino superior: Proposta de um novo método. **Ampliando: Revista Científica da Facerb**, v. 2, n. 1, p. 45–54, 2015. Disponível em: <https://www.academia.edu/25885326/INTERDISCIPLINARIDADE_NO_ENSINO_SUPERIOR_proposta_de_um_novo_m%C3%A9todo>. Acesso em: 27 ago. 2023.
- LIMA, G. L. *et al.* O ensino da matemática na engenharia e as atuais diretrizes curriculares nacionais: o modelo didático da matemática em contexto como possível estratégia. **Currículo sem Fronteiras**, v. 21, n. 2, p. 785–816, 2021. Disponível em: <<https://www.curriculosemfronteiras.org/vol21iss2articles/lima-bianchini-gomes-philot.pdf>>. Acesso em: 20 setembro. 2023.
- MEYER, J. F. d. C.; CALDEIRA, A. D.; MALHEIROS, A. P. d. S. **Modelagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

MINAYO, M. C. d. S. (Ed.). **Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2011.

MIRANDA, D. D. *et al.* **Objetos de Aprendizagem para o Ensino de Matemática: Uma Prática Educativa – Abordagem de Conteúdos para o Ensino Médio e Educação Profissional Técnica**. Belo Horizonte: Editora PUC Minas, 2019.

MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 2007.

NASSER, L.; GENECCI, A. S.; TORRACA, M. A. A. Aprendizagem de cálculo: dificuldades e sugestões para a superação. *In*: COMITÉ INTERAMERICANO DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA, Educación matemática en las Américas, 2015. República Dominicana. **Anais [...]**. República Dominicana: [s.n.], 2015. Disponível em: <https://xiv.ciaem-redumate.org/index.php/xiv_ciaem/xiv_ciaem/paper/view/654>. Acesso em: 18 ago. 2023.

OLIVEIRA, V. F. Retrospecto e atualidade da formação em engenharia. *In*: OLIVEIRA, V. F. (Ed.). **Trajетória e Estado da Arte da Formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia: Volume 1 - Engenharias**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira: Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, 2010. p. 21–52.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: Uma Análise da Influência Francesa**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2015.

PÓLYA, G. **A Arte de Resolver Problemas: Um Novo Aspecto do Método Matemático**. Rio de Janeiro: Interciência, 1956.

PORTAL SOLAR. **Painel solar fotovoltaico**. 2022. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 17 abr. 2023.

POZO, J. I. **A Solução de Problemas: Aprender a Resolver, Resolver para Aprender**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

RACHELLI, J.; DENARDI, V.; BISOGNIN, V. Estudo da integral definida por meio de problemas interdisciplinares do cálculo com a físico-química. **Revista Thema**, v. 21, n. 1, p. 274–288, 2022. Disponível em: <<https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/2359/2036>>. Acesso em: 20 setembro. 2023.

SANTOMÉ, T. J. **Globalização e Interdisciplinaridade: o Currículo Integrado**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

SODRÉ, R. **Resolução de Problemas Contextualizados de Cálculo Diferencial e Integral em Engenharia Civil**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) — Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Ensino_RenaldoSodre_19267_Textocompleto.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2023.

VAZ, I. C. **Os conceitos de limite, derivada e integral em livros didáticos de cálculo e na perspectiva de professores de matemática e de disciplinas específicas e m cursos d e engenharia**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) — Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Acesso em: 20 abr. 2023. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&coobra=197346>.