

Conhecimentos de Engenheiros Sobre Aplicação do Cálculo em Situações Profissionais

Knowledge of Engineers on How to Apply Calculus in Professional Situations

José Carlos Martins Junior^{ab}; Ruy Cesar Pietropaolo^c; Angelica da Fontoura Garcia Silva^{*d}

^aEscola de Engenharia de Piracicaba. SP, Brasil.

^bFATEC. SP, Brasil.

^cCentro Universitário Anhanguera de São Paulo, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Matemática, SP, Brasil.

^dUnopar, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Metodologias para o Ensino de Linguagem e suas Tecnologias. PR, Brasil.

*E-mail: angelicafontoura@cogna.com.br

Resumo

Muitas das atividades da engenharia estão alicerçadas na aplicação de noções e técnicas de várias ciências, sobretudo os relativos à Matemática. Assim, os engenheiros devem ter o domínio de conceitos e procedimentos de Cálculo Diferencial e Integral (CDI), pois permitem o tratamento de grandezas distribuídas por superfícies e volumes, tendo em vista a maneira como as grandezas físicas “ocorrem” na natureza. No entanto, a literatura aponta não apenas dificuldades dos estudantes de engenharia na aprendizagem de conceitos basilares do cálculo, mas também a falta da habilidade para aplicá-los em situações profissionais. Para compreender melhor este cenário, foi aplicado um questionário diagnóstico a um grupo de sete engenheiros recém-formados, todos com bom desempenho nas disciplinas de cálculo, com o propósito de identificar: a Imagem Conceitual, que possuem sobre o CDI, conhecimentos e procedimentos de cálculo aprendidos e se aplicam esses conhecimentos para resolver problemas rotineiros de engenharia apresentados geralmente pela disciplina obrigatória Resistência dos Materiais. Para a análise das respostas foi utilizada a noção de imagem conceitual, segundo Tall e Vinner e a Teoria dos Três Mundos da Matemática de David Tall. Foi possível identificar que os engenheiros, durante a graduação, tiveram mínimo contato com aplicações práticas do CDI, pois o foco foi a realização de extensas listas de exercícios para aprendizagem mnemônica das técnicas de integração sem que entendessem claramente o que estavam calculando e menos ainda em quais situações poderiam aplicá-las.

Palavras-chave: Cálculo Diferencial e Integral. Engenharia. Aplicação do Cálculo.

Abstract

Many engineering activities are based on notions and techniques taken from various sciences, especially mathematics-related ones. Thus, engineers must master differential and integral calculus concepts and procedures, as they allow the treatment of quantities distributed across surfaces and volumes, considering the way in which physical quantities “occur” in nature. However, the literature points out not only the difficulties engineering students face in learning basic calculus concepts, but also the lack of ability to use them in their profession. To better understand this scenario, a diagnostic questionnaire was applied to a group of seven recently graduated engineers, all with good performance in the calculus subjects, to identify the image they have of the differential and integral calculus, knowledge, and learned calculation procedures, and whether they apply that knowledge to solve routine engineering problems generally presented by the mandatory subject Strength of Materials. Tall and Vinner’s conceptual image notion and David Tall’s theory of the three worlds of mathematics were used to analyze the answers. It was possible to identify that, during their undergraduate course, the engineers had minimal contact with practical applications of differential and integral calculus because the focus was on extensive lists of exercises for mnemonic learning of integration techniques without a clear understanding of what they were calculating, let alone in which situations to apply them.

Keywords: *Differential and Integral Calculus. Engineering. Application of Calculus.*

1 Introdução

Os eventos físicos, em sua maioria, ocorrem sob ação de grandezas físicas que se manifestam agindo sobre superfícies ou volumes. Exemplos disto são as forças de contato e as forças de campo respectivamente. Forças pontuais ou que tenham seu efeito distribuído em uma reta são passos iniciais utilizadas no ensino da Física, mas que não ocorrem desta forma na realidade. Para que seja possível aplicar os conceitos físicos em muitas situações é necessária a utilização do Cálculo Diferencial e Integral (CDI) que justamente traz a possibilidade de obter, por meio de sua operacionalização, o valor resultante de uma grandeza física distribuída.

Uma das características que diferencia um técnico de um

engenheiro é o fato de o engenheiro possuir as ferramentas matemáticas do CDI, necessárias para solucionar as situações ao passo que o técnico geralmente não as tem. Em situações como essas, os técnicos utilizam tabelas disponíveis, utilizando regras práticas que são aplicáveis às situações-padrão. O engenheiro deve ter conhecimento de noções, conceitos e procedimentos pertinentes ao CDI para dar prosseguimento às análises seja de uma aplicação padrão, seja de uma aplicação não padrão, sobretudo quando não existir tabelas ou algoritmos próprios.

O que causou inquietude e despertou nosso interesse por este tema foi a discussão sobre o fato: o primeiro autor desta pesquisa ao concluir a graduação em Engenharia, tinha grande

dificuldade em modelar situações práticas da profissão, embora tivesse conhecimentos suficientes sobre as diversas técnicas associadas para o cálculo de uma integral. Ou seja, ele naquele momento não dispunha de situações de referência que pudessem alicerçar etapas da modelagem matemática, que pudessem solucionar o caso prático sob análise.

O interesse por este tema se intensificou na atividade docente do referido autor em cursos de Engenharia onde lecionava disciplinas técnicas. Segundo ele, por meio de situações apresentadas em discussões durante as aulas foi possível observar que os estudantes, mesmo aqueles que tinham um bom aproveitamento nas disciplinas ligadas à matemática, em especial, nos quatro ou cinco semestres de CDI, ficavam completamente sem recursos, quando precisavam aplicar os conhecimentos desenvolvidos, em situações propostas. Outro fato que nos intrigou foram as considerações de professores de CDI em cursos de engenharia, que não sabiam modelar uma situação prática. Esse cenário motivou desenvolver esta pesquisa com engenheiros recém-formados sobre a Imagem, segundo Tall & Vinner (1981), que tinham a respeito do CDI e dos conhecimentos e habilidades desse grupo para aplicar conceitos dessa disciplina em situações práticas. Para desenvolver este estudo foi necessário identificar o que a bibliografia traz sobre este tema.

O cenário descrito motivou a pesquisa sobre a Imagem Conceitual, segundo Tall & Vinner (1981), sobre o CDI de um grupo de recém-formados em engenharia e os conhecimentos e habilidades para aplicar conceitos de CDI em situações práticas. Em paralelo a isto, identificar o que a bibliografia traz sobre este tema.

Este artigo discute resultados da investigação de Martins Junior (2022). Com ele, temos o objetivo de analisar conhecimentos explicitados por um grupo de sete engenheiros recém-formados, todos com bom desempenho nas disciplinas de CDI, de modo a identificar: a Imagem Conceitual que possuem sobre o CDI, seus conhecimentos de cálculo aprendidos e se os aplicam, para resolver problemas rotineiros de engenharia apresentados geralmente pela disciplina Resistência de Materiais.

2 Material e Métodos

Esta pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética de Pesquisa do Sistema CEP/Conep do Conselho Nacional de Saúde segundo o parecer de número 4.652.609 em 15 de abril de 2021.

Tendo como base as considerações encontradas na revisão bibliográfica realizada e nas experiências do primeiro autor como engenheiro e como docente em cursos de engenharia, concebemos um questionário diagnóstico. Os questionamentos foram divididos em três frentes de interesse: sobre a Imagem Conceitual que os participantes têm do CDI, sobre conhecimentos de conceitos e de procedimentos básicos do CDI e finalmente sobre sua aplicação na engenharia.

Este estudo foi realizado com a colaboração de um grupo de sete engenheiros recém-formados em Engenharia de Produção. Dentre os recém-formados, no momento da realização dos encontros, um já havia terminado a graduação há dois anos, quatro há um ano e dois há menos de um ano. Desses sete engenheiros, quatro são do sexo masculino e três do feminino.

Todos obtiveram bom desempenho nas disciplinas de CDI ao longo do curso de engenharia. Os participantes foram identificados ao longo de todo o trabalho pelas letras de A a G como forma de que nossas considerações e análises fossem adequadas dentro dos critérios de sigilo e respeito a eles.

Seis participantes tinham idades, no momento da realização dos encontros, compreendidas entre 25 e 26 anos, e um deles, o participante C, tinha 31 anos. Este participante teve um intervalo de 5 anos entre o final do ensino médio e início da graduação em engenharia. O participante A recebeu o reconhecimento do Crea SP como melhor aluno de sua turma na cerimônia de sua formatura.

As respostas aos questionamentos foram realizadas de forma individual e em virtude das exigências sanitárias relativas à pandemia COVID-19, cada participante respondeu em sua residência. Nenhum limite de tempo foi colocado para o preenchimento. Reiteramos aos participantes que suas respostas e o envolvimento nos encontros teriam o propósito de identificar possibilidades e limitações do processo de ensino de CDI e, quem sabe, até propor sugestões para favorecer a aprendizagem de estudantes de engenharia.

Cada uma das questões foi analisada e relacionada com o que foi encontrado na pesquisa bibliográfica sobre o tema. Esta análise e discussão é apresentada a seguir.

3 Resultados e Discussão

Os resultados e discussão abordam brevemente o que foi encontrado na revisão bibliográfica e, em seguida, apresentam as respostas às questões propostas analisadas e discutidas observando as três frentes de interesse: sobre a Imagem Conceitual, segundo Tall & Vinner (1981) que os participantes têm do CDI, sobre o conhecimento dos conceitos e dos procedimentos de Cálculo e sobre a aplicação sua aplicação na engenharia.

3.1 Pesquisa bibliográfica e fundamentação teórica

Durante a pesquisa bibliográfica, que identificou trabalhos desenvolvidos nos últimos 40 anos, pudemos identificar vários relatos das insatisfações e do baixo desempenho dos estudantes de engenharia com a disciplina de CDI (Gomes & Stahl, 2020, Nascimento, 2017, Reis, 2015, Zarpelon, 2016). Parte desta insatisfação é decorrente da dificuldade de entender os seus conteúdos e de reconhecer ferramentas que podem ser aplicadas na solução dos problemas de engenharia (Campos & Reis, 2019, Silva, 2017). Desta forma, a disciplina de CDI é reconhecida como um obstáculo a ser transposto

para a graduação em engenharia, como se fosse uma prova de fogo a ser vencida (Zarpelon, 2016). Não foi encontrado um trabalho que apresentasse posicionamento contrário a este. O que julgamos interessante ressaltar é que estes trabalhos não se concentram em um período específico e sim tornam claro um problema que tem se arrastado por décadas.

Para analisar as respostas utilizamos o conceito de Imagem Conceitual de Tall & Vinner (1981) e a teoria dos três mundos de Tall (2004).

Para analisar as respostas utilizamos o Conceito de Imagem e a teoria dos três mundos de Tall & Vinner (1981). O que constitui a Imagem de conceito sobre um tema matemático para Tall & Vinner (1981) é a totalidade, a multiplicidade e diversidade de contatos, experiências e vivências que o indivíduo traz consigo sobre o conceito matemático ou mesmo sobre um conjunto de conceitos. Estes contatos com o tema matemático podem ocorrer de forma consciente ou inconsciente, intencional ou não, desde o início da vida do indivíduo até o momento atual, e está em permanente transformação.

Na teoria dos três mundos Tall & Vinner (1981) descrevem que o conhecimento matemático ocorre em três formas de conhecimento sobre a matemática – diferentes em sua essência – a saber: o mundo conceitual corporificado, o mundo operacional simbólico e o mundo formal axiomático que, por vezes, serão descritos como mundo corporificado, mundo simbólico e mundo formal respectivamente.

O mundo corporificado, “diz respeito às percepções acerca do mundo e o pensamento a respeito das coisas que são percebidas e sentidas não apenas no mundo físico, mas em um mundo mental de significados” (Tall, 2004, p.2). Segundo Tall (2004, p.3), “as atividades, do mundo simbólico, têm início com ações e são incorporadas como conceitos por meio da utilização de símbolos”. E finalmente, segundo o mesmo autor, no mundo formal o conhecimento é baseado em propriedades, expressas como definições formais que são utilizadas como axiomas para construir estruturas matemáticas.

3.2 Sobre a imagem que os participantes têm do Cálculo Diferencial e Integral

As quatro primeiras questões tiveram a intenção de identificar as concepções que os participantes sobre a disciplina CDI. Cabe destacar que eles cursaram quatro disciplinas específicas de cálculo e várias outras disciplinas profissionalizantes que tratam também conceitos e procedimentos dessa disciplina.

A primeira questão proposta foi a seguinte:

Quais foram as disciplinas de que você menos gostou no ciclo básico do curso de engenharia? Liste partindo da que menos gostou e vá seguindo a ordem de intensidade

Ela objetivou identificar se as disciplinas ligadas ao CDI, ou até ele mesmo, seria citado. E se fossem citados como seriam comparados em relação às demais disciplinas do ciclo

básico do curso de engenharia. Essas respostas poderiam reforçar (ou não) os resultados de vários trabalhos encontrados na revisão bibliográfica.

O Quadro 1 apresenta as respostas de cada um dos sete participantes.

Quadro 1 - Repostas à primeira questão

PART A	PART B	PART C	PART D
Ergonomia Segurança do Trabalho, Métodos Técnicos de Pesquisa, Pesquisa Operacional I e II, Fenômenos de Transporte, Resistência dos materiais, Criatividade e Empreendedorismo, Marketing Aplicado, PCP I e II, Gestão de Produção, Termodinâmica, Custos Industriais, Cálculos I, II, III e IV, Projeto de Produto, Processos Produtivos e Gestão de Manutenção.	Geometria Analítica, Álgebra Linear, Cálculo III e Cálculo II.	Física e Química	Matemática para engenharia, Representação Gráfica, Sociologia Aplicada, Geometria Analítica, Álgebra Linear I, Cálculo II, Cálculo I, Resistência dos Materiais e Física III.
PART E	PART F	PART G	
Física I, Física II, Física III, Cálculo I, Cálculo II, Cálculo III, Cálculo IV, Probabilidade e Estatística, Algoritmos Lógica de Programação	Química Aplicada, Química Teórica, Processos de Solda, Meio Ambiente, Métodos Técnicos de Pesquisa.	Sociologia, Métodos Técnicos de Pesquisa, Meio Ambiente e Processos Produtivos.	

Fonte: Martins Junior (2022).

Após a leitura e a análise das respostas da primeira questão, foi possível observar que mais da metade dos participantes indicou a disciplina CDI dentre as disciplinas de que menos gostaram durante o curso de engenharia, apesar de terem obtido bom desempenho nela durante a graduação.

Esta percepção dos estudantes é observada em vários trabalhos acadêmicos citados na revisão bibliográfica (Gomes & Stahl, 2020, Gomes, 2016, Nascimento, 2017).

Outra característica interessante é a extensão da lista de disciplinas de que os participantes menos gostaram. Isso poderia suscitar a ideia de que eles teriam escolhido a formação errada, que não gostaram da profissão escolhida, mas não, os participantes desempenham funções na engenharia e consideram que estão bem adaptados às empresas nas quais trabalham. Um dado curioso é que o Participante A, aquele que recebeu o prêmio do CREA de São Paulo por ter sido o aluno de melhor desempenho durante todo o curso, foi um dos que apontou uma lista extensa de matérias que o desgostaram.

A segunda questão proposta foi a seguinte:

Quais foram as disciplinas nas quais você apresentou maior dificuldade de aprendizagem no ciclo básico do curso de engenharia? Descreva em ordem decrescente de dificuldade, se houver mais de uma.

Esta questão buscava a informação quanto ao nível de dificuldade encontrado pelo participante durante a aprendizagem. Ela tinha a intenção de verificar se o objeto de nossa pesquisa, o CDI, apareceria como resposta e, se aparecesse, qual seria sua posição relativa em relação às demais disciplinas indicadas

As respostas a esta questão estão sintetizadas no Quadro 2. Foi possível identificar que mais da metade dos participantes, novamente, apontou a disciplina como uma das mais difíceis.

Quadro 2 - Respostas à segunda questão

PART A	PART B	PART C	PART D
Fenômeno de Transporte, Resistência dos Materiais e Algoritmo e Lógica de Programação.	Geometria Analítica, Álgebra Linear, Cálculo III e Cálculo II.	Física, Química e Cálculo.	Resistência dos Materiais, Materiais para Engenharia II, Física II, Cálculo II, Cálculo III, Geometria Analítica, Álgebra Linear I e Probabilidade e Estatística.
PART E		PART F	PART G
Física I, II e III, Cálculo I, II, III e IV, Algoritmos e Lógica de Programação, Probabilidade e Estatística.		Física I, Química, Segurança do Trabalho e Meio Ambiente.	Processos Produtivos, Sociologia, Economia Aplicada e automação de manufatura.

Fonte: Martins Junior (2022).

Novamente, nesta questão, vários participantes não consideraram apenas as disciplinas do ciclo básico do curso, indicando, igualmente, disciplinas do ciclo profissional do curso. Os participantes B, D e E apontaram a disciplina CDI na primeira e na segunda questões. Já o participante A apontou na primeira questão, mas não na segunda; e o participante C não apontou na primeira questão, mas na segunda.

Como exemplo do que foi encontrado durante nossas pesquisas na literatura, sobre o objeto tratado nas questões 1 e 2, Barbosa (2004, p. 83) discute que as maiores dificuldades encontradas pelos alunos que estudam CDI I são “memorização de fórmulas, provas com questões extensas e difíceis e incompreensão dos métodos de resolução dos exercícios”. Ainda pode ser verificado o alto nível de repetência, muitas vezes levando ao abandono do curso. (Barbosa, 2004 & Nascimento, 2017).

A terceira questão proposta foi a seguinte:

Descreva as disciplinas, do ciclo básico, que você tem maior dificuldade em encontrar aplicação no desempenho na função do engenheiro. Em ordem decrescente, se houver mais que uma

Esta questão tinha a finalidade de verificar se o participante tinha sido apresentado a exemplos de aplicação do CDI em situações da engenharia.

A leitura e a análise das respostas à terceira questão, apresentadas no Quadro 3, permitiram identificar que cinco participantes indicaram a disciplina CDI como uma das que eles mais têm dificuldade em encontrar aplicação no desempenho da atividade de engenharia. Destes, três a colocaram como a disciplina que mais lhes transmite esta percepção. Dos dois que não indicaram Cálculo, um deles não identificou esta característica em nenhuma das disciplinas do curso.

Quadro 3 - Respostas à terceira questão

PART A	PART B	PART C	PART D
Pensei muito e não consigo imaginar alguma disciplina que eu tenha cursado que não possa servir de base para a atuação do engenheiro. Todas desempenham características que nos auxiliam a alguma parte prática ou pelo menos me ajudam constantemente a criar conexões com o que aprendo e estudo na indústria.	Cálculo, Geometria Analítica e Álgebra Linear.	Métodos Numéricos e Geometria Analítica.	Métodos Numéricos, Geometria Analítica, Álgebra Linear II, Química I, Física II e Cálculo II.
PART E	PART F	PART G	
Cálculo I, II, III e IV, Geometria Analítica e Álgebra Linear.	Pesquisa Operacional, Cálculo I, II e III, Química e Meio Ambiente.	Todos os cálculos, Geometria Analítica, Álgebra Linear, Métodos Numéricos, Química Fundamental e Laboratório,	

Fonte: Martins Junior (2022).

As respostas encontradas nesta questão estão em sintonia

com o que as pesquisas apresentam sobre a noção de aplicação do conceito de Integral nos estudantes de engenharia. Por exemplo, Poletti (2001): “segundo os alunos, é a falta de aplicação que faz com que não sintam a necessidade e nem reconheçam a importância do Cálculo.”

Outra característica que pode ser observada nas respostas é a grande ocorrência da presença de disciplinas ligadas à matemática, que não as de CDI. Alguns exemplos são: Geometria Analítica, Métodos Numéricos, Álgebra Linear e Pesquisa Operacional. Estas disciplinas são comuns nos cursos de engenharia em todo o País, e são abordadas geralmente nos dois primeiros anos da graduação.

Por ser um curso de engenharia e ter forte ligação com a aplicação, as disciplinas de Pesquisa Operacional e Métodos Numéricos não seriam esperadas (Gomes & Stahl, 2020).

A quarta questão proposta foi a seguinte:

Na sua opinião, a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral deveria fazer parte do currículo dos cursos de engenharia? Explique.

Essa questão tinha a finalidade de captar a opinião dos participantes quanto à necessidade do CDI para utilização na atividade profissional de um engenheiro. Se eles identificariam a necessidade para a prática profissional ou se, ao menos, identificariam a necessidade para o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático, ou até mesmo se não identificariam razão alguma para o estudo de CDI nos cursos de engenharia.

Por meio da leitura e da análise das respostas dadas pelos participantes, expostas no Quadro 4, é possível perceber que todos eles entendiam que a disciplina CDI deve fazer parte do curso de engenharia. Entretanto, as explicações desta necessidade diferem entre os participantes. Dois ressaltaram que o CDI é importante para a prática das demais disciplinas ministradas no curso de engenharia e que as fórmulas utilizadas em engenharia muitas vezes utilizam o CDI. Outras respostas sugeriram que o CDI deveria ser ensinado de forma mais contextualizada em situações de engenharia.

Quadro 4 - Respostas à questão quatro

PART A	PART B	PART C	PART D
Eu acredito que sim pois com as aulas que tive com o professor K, se não estou confundindo, aprendemos a calcular áreas, volumes e resolver problemas que envolviam cálculo de temperatura, proporcionalidade e taxas de tempo com maior facilidade através da delimitação da integral definida e principalmente facilitava quando era indefinida.	Sim, pois diversas fórmulas e aplicações de Engenharia partem de cálculos integrais.	Como a disciplina é a base de todos os cursos de engenharia, acredito que deva fazer parte sim, principalmente para se ter a noção do conceito da disciplina	Sim, pois daria mais ênfase para o cálculo integral e suas aplicações. Normalmente aprende-se essa matéria no final do Cálculo II e é pouco abrangente.
PART E	PART F	PART G	
Sim, porém os conceitos deveriam ser mais voltados para áreas de atuação do engenheiro	Sim, acho que algumas situações dentro das empresas essa matéria poderia ajudar, isso sendo aplicada de outra forma, que fosse mais aplicada e menos teórica, o conteúdo atual não nos ajuda em nada para o mercado de trabalho.	Sim. Deveria ser explicada de forma mais clara a aplicação, sendo usado exemplos reais. Atualmente é ensinado somente a parte matemática e teórica, o que impede o aluno de entender como é realizado o uso na prática.	

Fonte: Martins Junior (2022).

O que pode ser comentado sobre as respostas dessa questão é que nenhum dos participantes citou que, com grandezas físicas, do tipo que tem seu efeito distribuído por

áreas ou volumes, a única forma de utilizar as teorias da Física para cálculo do valor de grandezas de interesse, no mundo real, é por meio do CDI. A natureza se apresenta, na grande maioria das vezes, por meio de grandezas físicas distribuídas e, portanto, não é possível utilizar as teorias da física em situações do mundo real sem que o CDI seja utilizado.

Construímos uma planilha e a apresentamos no Quadro 5. Ele contém as respostas das quatro primeiras questões e assinalamos em quais respostas o cálculo é citado de forma negativa, seja direta ou indiretamente. É importante chamar a atenção para o fato de que a disciplina CDI apenas apareceu no texto da quarta questão; nas demais, ela surgiu de forma espontânea.

Quadro 5 - Menções negativas a disciplina CDI

		PARTICIPANTE						
		A	B	C	D	E	F	G
QUESTÃO	1							
	2							
	3							
	4							
	5	NÃO SE APLICA						
	6	NÃO SE APLICA						
	7	NÃO SE APLICA						
	8							
	9	NÃO SE APLICA						
	10	NÃO SE APLICA						
	11	NÃO SE APLICA						
	12	NÃO SE APLICA						

Fonte: Martins Junior (2022).

Observando a planilha, é possível identificar a percepção dos participantes com relação à experiência que vivenciaram no estudo da disciplina CDI durante sua graduação. Tal constatação alinha-se com os achados, por exemplo, nas pesquisas de Campos e Reis (2019), Donel (2015), Gomes e Stahl (2020), Gomes (2016), Nascimento (2017), Silva (2015), & Zarpelon (2016).

3.3 Sobre a aplicação do cálculo diferencial e integral na Engenharia

As questões 5 e 6 do questionário diagnóstico tinham a intenção de identificar como os participantes identificariam a disciplina CDI e, em especial, o cálculo de integrais quanto à sua aplicação na atividade de engenharia.

A quinta questão proposta foi a seguinte:

Uma vez que você já cursou todas as disciplinas de cálculo do curso de engenharia, quais são as suas impressões sobre a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral? Principalmente quanto à compreensão dos conceitos da utilidade na atividade profissional do Engenheiro?

Esta questão buscou identificar as percepções dos participantes, especificamente quanto ao CDI. Nos trabalhos pesquisados, o Cálculo Integral é tido como o assunto no qual os estudantes têm maior dificuldade dentre aqueles discutidos nas disciplinas de Cálculo (Souza, 2013). Questionamos, ainda, se o participante tinha a percepção de ter compreendido os conceitos envolvidos no Cálculo Integral e a utilidade dele na atividade de engenharia.

As respostas dos participantes estão dispostas no Quadro 6, e a análise delas nos permite identificar as preocupações com

a falta de vivência dos estudantes na utilização dos conceitos do CDI para a solução de problemas do ramo de engenharia, mesmo que hipotéticos. Alguns declararam não saber aplicar conceitos do CDI, e um deles tinha a impressão de que nunca utilizaria esses conceitos dessa disciplina em sua atividade profissional. Um deles destacou a atenção demasiada na teoria e a falta de vivência na aplicação em situações do cotidiano. Um deles enfatizou não crer que a atividade de um engenheiro de produção precisaria deste tipo de tema matemático.

Quadro 6 - Respostas à quinta questão

PART A	PART B	PART C	PART D
O Prof. X explicou para nós a importância de integrar para encontrar informações que não são constantes e definidas. Fazíamos exercícios de taxa de população e volume de sólido. Acho muito útil entender que temos esta percepção para atuar e pensar que pode ser feito isso em um ambiente de trabalho, por mais que eu nunca tenha usado cálculo integral onde trabalhei e trabalho atualmente.	Na minha opinião a aplicação no ciclo básico é mais extensa do que deveria, ensinada com poucos exemplos práticos e subutilizada nos materiais posteriores por fórmulas simplificadas / derivadas do cálculo integral.	A impressão é de que nunca vou utilizar o cálculo integral na atividade profissional como engenheiro de produção.	Sempre tive interesse em aprender o Cálculo Integral pois acredito ser uma ferramenta que todo engenheiro possa aplicar para resolução de problemas em seu cotidiano. Porém acredito que há uma falta de inovação em seu ensino, ficando muito preso ao básico.
PART E	PART F	PART G	
Achei bem difícil, tive dificuldades em entender onde eu iria aplicar o cálculo de integral no dia a dia de trabalho na engenharia.	As disciplinas são aplicadas, porém, de forma teórica, praticamente não existe nada que eu aprendi que eu tenha utilizado até agora, ou que tenha visto alguém que já atua a anos no mercado que utilize, na minha opinião deveria ser aplicada de forma mais prática, trazendo exemplos das indústrias em seu cotidiano. Acho que a matéria deveria existir porém adicionar na grade alguma matéria no ambiente prático, como por exemplo cálculo aplicado a indústria	A disciplina de Cálculo, na minha opinião, foi uma das melhores da faculdade, mas isso porque eu gosto muito da matéria. Quando falamos de utilidade na atividade profissional do engenheiro, ela foi uma matéria cursada à toa, pois não foi ensinado o uso na prática ou explicada para que aqueles cálculos servissem. Foram passadas lista com mais de 100 integrais para resolvermos utilizando a tabela para depois termos a prova. Que eu me recorde, não houve exercícios práticos.	

Fonte: Martins Junior (2022).

O que pode ser identificado na grande maioria das respostas é a sensação de falta de conhecimento e vivência na aplicação do cálculo integral em situações profissionais.

A sexta questão proposta foi a seguinte:

Quais são as situações reais que exigem o Cálculo Integral? Se houver, busque descrever 3 exemplos.

A sexta questão tinha o propósito de identificar se os participantes já haviam vivenciado, alguma vez, a aplicação do Cálculo em situações do mundo real, pelo menos em situações hipotéticas. Se conseguiriam reconhecer situações nas quais o CDI era necessário. Também queríamos identificar se apenas situações do cálculo de área e volume seriam indicadas ou se surgiriam citações a utilizações envolvendo aplicações em outras disciplinas do curso, como por exemplo: cálculos de momentos, centro de massa, capacidade de produção, entre outros.

As respostas à sexta questão, apresentadas no Quadro 7, nos permitem concluir que todos os participantes descreveram como aplicação do CDI o cálculo de áreas e volumes, e um citou aplicações de movimento (velocidade e distância percorrida) e outro aplicação em forças exercidas.

Quadro 7 - Respostas à sexta questão

PART A	PART B	PART C	PART D
Cálculo de área, cálculo de volume e cálculo de velocidade /distância	Aplicação de forças, cálculos de áreas complexas (curvas) e cálculo de volumes	Calcular uma área de uma geometria com curva, calcular o volume de objetos complexos.	Áreas de estruturas exigem de um engenheiro a aplicação de cálculo integral. Uma análise da temperatura dos fornos industriais podem exigir o conhecimento de cálculo integral de um engenheiro de processos. Uma análise financeira de projetos pode necessitar do uso de integrais para cálculos de engenharia econômica.
PART E	PART F	PART G	
Apenas lembro que pode ser usada para calcular área de uma região curva não simétrica	Desconheço	Na fresa mais famosa que ouvimos na época da faculdade, a integral era utilizada para o " cálculo da área abaixo da curva".	

Fonte: Martins Junior (2022).

Este resultado sugere que a aplicação desta ferramenta matemática é concentrada em situações de cálculo do comprimento de uma curva, da área de uma superfície e do volume de um sólido, não explorando sua aplicabilidade em situações no contexto de outras ciências, como Física, Química, Resistência dos Materiais, entre outras. Os poucos exemplos fora da Matemática são de velocidade, como uma função do tempo e distância percorrida.

As respostas nos sugerem que o estudante de engenharia não é exposto a problemas de outras ciências que exijam a utilização da modelagem, por meio das atividades de prematematização e matematização, utilizando o CDI, e desta forma, não tem ideia da extensão de possibilidades de cálculo e análise que o ele lhe possibilita.

3.4 Sobre o conhecimento dos conceitos e dos procedimentos do Cálculo Diferencial e Integral

As questões de 7 a 12, tinham a finalidade de verificar o conhecimento dos engenheiros sobre conceitos e procedimentos do CDI. Em algumas, o questionamento é mais conceitual e, em outras, é mais voltado à utilização de procedimentos para a resolução da situação proposta.

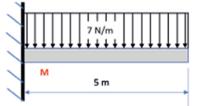
A sétima questão foi a apresentada na Figura 1 a seguir.

Figura 1 - Sétima questão

7) A seguir apresentamos a você uma situação prática da profissão de engenheiro (da disciplina Resistência de Materiais). Nela temos uma viga engastada, e esta viga possui peso próprio que é identificado pelo esforço de 7 N/m ao longo de toda a viga. Numa situação como esta, o engenheiro quer calcular o momento que é aplicado na parede, pela viga, para que a fundação da viga na parede seja projetada de forma a suportar o esforço e, desta forma, não falhar. Calcule o momento aplicado na parede da forma que julgar adequada.

O esforço distribuído apresentado na figura representa o peso da viga, que é distribuído ao longo do comprimento da viga.
Como você calcularia o momento "M" exercido na parede na qual a viga está engastada?

O peso ocorre de forma distribuída



Obs: utilize as folhas em branco no final deste questionário para registrar seus cálculos

Fonte: Martins Junior (2022).

Na sétima questão, procuraríamos identificar qual conhecimento foi mobilizado para resolver a situação apresentada aos participantes: em uma situação como esta, o engenheiro necessita calcular o Momento que é aplicado na parede, pela viga, para que a fundação da viga na parede seja projetada de forma a suportar o esforço e, desta forma, não

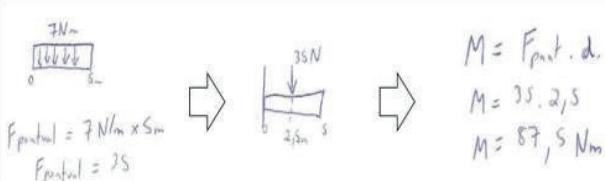
falhar.

Esta viga engastada, com um esforço distribuído ao longo de seu comprimento, colocaria o participante diante de uma situação que ele precisaria recorrer aos conhecimentos do CDI para resolvê-la. Embora isso não estivesse explícito na pergunta, ele teria de mostrar se identificaria tal necessidade e se saberia modelar matematicamente a situação, para depois, calcular a integral que fornece o Momento requerido. Situações similares a essa são tratadas em todos os cursos de engenharia, pois a disciplina de Resistência dos Materiais é parte do currículo de todas as habilitações de engenharia. Uma situação como a descrita é básica no estudo dessa disciplina. Nesta questão, além de verificar a utilização das etapas iniciais da modelagem matemática e a solução da integral, queríamos constatar se o participante utilizaria um procedimento simplificado alternativo para este cálculo no qual o CDI não é utilizado. O método alternativo é bastante utilizado nos cursos de engenharia, mas é aplicável a situações particulares, neste caso, o esforço é distribuído uniformemente ao longo da viga.

A utilização do procedimento de cálculo simplificado não requer o CDI, mas em contrapartida a prova de que ele fornece o resultado correto exige o CDI. Os professores de Resistência dos Materiais reforçam bastante a utilização do método simplificado. Em nossas pesquisas bibliográficas, este tipo de utilização alternativa de métodos simplificados é citado. Silva (1979, p. 12), por exemplo, indica que nas disciplinas nas quais o CDI é necessário, a estratégia é a de “[...] estabelecer fórmulas mediante argumentos confusos para evitar o uso de cálculo. Argumentos que o aluno aprende para os exames, sem entendê-los claramente.”

Analisando as repostas dos participantes, é possível notar que apenas três deles, B, C e D, calcularam o Momento pedido corretamente. Os três utilizaram o método simplificado para esse cálculo, não utilizando, portanto, o CDI. A Figura 2 mostra a solução do participante B, e as soluções dos participantes C e D que têm sequência bastante semelhante. No método, o esforço distribuído é substituído por uma carga pontual na posição central da viga, tendo esta força a intensidade do resultado da multiplicação do esforço distribuído pelo comprimento total de aplicação.

Figura 2 - Solução apresentada por 3 participantes (método simplificado)



Handwritten solution showing the simplification of a distributed load of 7 N/m over a 5 m length into a point load of 35 N at the center. The final calculation is $M = F_{\text{pont}} \cdot d$, resulting in $M = 87,5 \text{ Nm}$.

Fonte: Martins Junior (2022).

Quatro participantes não chegaram ao resultado correto, tampouco iniciaram os cálculos. O participante E nada comentou; os participantes F e G disseram não se lembrar como resolver; e o participante A disse: “não fixei tão bem o passo a

passo para essa questão. não me recordo das fórmulas”. Nesta resposta aparece o foco nas técnicas de cálculo, na questão da memorização de fórmulas. Encontramos evidências dessa percepção em vários momentos nas respostas deste questionário.

Nenhum participante nem ao menos citou a possibilidade de realizar algumas etapas da modelagem matemática. Nem mesmo valendo-se de outros termos. Estas respostas nos trazem a suspeita de que eles não tinham disponíveis o conhecimento e a habilidade de utilização das etapas da modelagem matemática para aplicar o CDI em uma situação de Resistência dos Materiais.

Utilizando a Teoria dos Três Mundos, de Tall (2004), identificamos que o fato de três participantes terem utilizado o método simplificado de cálculo, parece-nos indicar que o conhecimento deles, sobre o cálculo integral, estava fortemente ligado ao Mundo Operacional Simbólico, pois a utilização do cálculo integral estava alicerçada em procedimentos e técnicas simplificados que obtêm os resultados requeridos.

A oitava questão proposta foi a seguinte:

Se você utilizou o método simplificado de substituir o esforço distribuído por um esforço pontual, reflita e disserte se existe outro caminho para este cálculo. Como você sabe se essa substituição permite o cálculo correto do Momento desejado?

Nesta questão, caso o participante tivesse utilizado o procedimento simplificado na sétima questão, ele seria questionado sobre qual seria outra opção para o cálculo do momento. Desta forma, verificaríamos se ele, mesmo tendo utilizado o método simplificado, saberia como resolver utilizando etapas da modelagem matemática e o CDI. Um segundo questionamento, desta situação, buscaria identificar se o participante, uma vez que tivesse utilizado o método simplificado, saberia como demonstrar que ele fornece o cálculo exato do Momento pedido. Para que isso ocorra, etapas da modelagem matemática e o CDI deveriam ser utilizados.

As respostas, de cada um dos participantes à oitava questão, são apresentadas no Quadro 8. Primeiramente analisamos as respostas dos participantes B, C e D, pois foram estes que utilizaram o método simplificado de cálculo para o cálculo do Momento de força total aplicado no ponto de engaste na sétima questão. Sobre o questionamento de outro método para a realização do cálculo, o participante C declarou não se lembrar, e os participantes B e D disseram acreditar haver um método, utilizando CDI que possa calcular. É interessante observar que, mesmo os participantes que utilizaram o método simplificado, quando responderam, pareciam não ter convicção que o CDI poderia ser uma segunda forma de cálculo. Este cenário nos sugere que o método simplificado de cálculo passou a ser a forma de cálculo única e não uma regra que viabiliza o cálculo mais rápido. O que sustenta a validade do método simplificado de cálculo é justamente a aplicação do CDI.

Quadro 8 - Respostas à oitava questão

PART A	PART B	PART C	PART D
Me recordo brevemente do professor Y explicando que a integral da cortante é o momento, mas não consigo resolver sem olhar a teoria.	Acredito que seja possível através do cálculo integral definida onde os pontos de definição sessão a distância das aplicações da força.	Não me recorde de outra forma que seja possível calcular.	Possivelmente há uma aplicação mais apropriada para calcular o momento, podendo ser uma aplicação de cálculo integral. A substituição permite o cálculo mais simplista e pouco preciso.
PART E	PART F		PART G
BRANCO	Não me lembrei como realizar o cálculo, não consigo responder esta questão.		BRANCO

Fonte: Martins Junior (2022).

Nenhum dos três participantes indicou o que valida o método simplificado de cálculo, que seria o CDI, e o participante D chegou a comentar que o método simplificado de cálculo “é pouco preciso”. Na realidade, o método nos fornece o resultado exato, mas esta constatação somente pode ser verificada se o caminho do CDI, até chegar ao método simplificado de cálculo, for analisado de forma a perceber que nenhuma aproximação ou desconsideração foram realizadas ao longo do caminho.

Os participantes E, F e G deixaram esta questão sem resposta. O participante A indicou uma relação que existe na Resistência dos Materiais na qual a integral do esforço cortante do começo da viga até o ponto de interesse fornece o valor do momento de força aplicado neste ponto. Novamente aqui surgiu um outro método simplificado de cálculo, sendo que agora foi um método utilizado em Resistência dos Materiais, sugerindo uma forte presença da utilização de regras e técnicas de solução dos problemas no curso, conhecimento ligado ao Mundo Operacional Simbólico.

A nona questão proposta foi a seguinte:

Quais foram as diferentes técnicas e formas para o cálculo de uma Integral para as quais você foi apresentado? Liste todas que você se lembrar

A nona questão tinha vários interesses. Primeiro verificar que técnicas seriam listadas e que estariam mais fortemente gravadas na memória dos participantes. Na pesquisa bibliográfica, é citada a percepção de que o ensino do CDI é muito centrado na utilização das técnicas de integração: “Nos cursos de cálculo ministrados fico com a sensação de que o que fica para os alunos é o conjunto de regras sobre limites, derivadas e integrais. Essas regras são muito bem memorizadas, uma vez que conseguem aplicá-las em vários problemas do tipo padrão” (Silva, 2010, p. 233).

Um segundo interesse era verificar se o cálculo numérico seria lembrado como uma opção para o cálculo de uma integral dada. Esta é uma opção para o cálculo de uma integral definida.

Um terceiro interesse seria averiguar se algum participante indicaria como possibilidade a utilização de *softwares* matemáticos como GeoGebra, MatLab, entre outros, para realizar o cálculo de uma integral definida.

As respostas dos participantes a esta questão estão dispostas no Quadro 9. Foi possível observar que, mesmo os

alunos tendo terminado suas disciplinas de CDI de 4 a 6 anos antes do preenchimento deste questionário, quase todos se lembravam dos métodos, para encontrar a função primitiva de uma integral, integral por partes e integral por substituição. Surge a suspeita de que estes dois métodos de solução, de uma integral, tenham sido intensamente tratados durante o curso.

Outras formas de integração também citados foram: integral definida e indefinida, tabela de funções primitivas, Integral simples, dupla e tripla, integrais trigonométricas e integral de linha.

Quadro 9 - Respostas à nona questão

PART A	PART B	PART C	PART D
Integral por partes, integral por substituição, utilizávamos uma tabela para quando a integral era indefinida com uma série de propriedades.	Integral simples, dupla e tripla. Integração por partes, integral por substituição, integral definida e indefinida.	Integral por partes, integral definida e indefinida e integral por substituição.	Integral indefinida, funções primitivas, integral por partes, integral definida, integrais duplas, integrais triplas, integral por substituição, substituições trigonométricas . * Faltou a integral de linha que eu já ouvi mencionarem.
PART E	PART F		PART G
Definida e indefinida.	Foi apresentada uma tabela com pre regras e dependendo do tipo de exercícios utilizávamos uma das regras.		A técnica ensinada para resolver uma integral era a tabela, contendo o que eu deveria substituir na resolução.

Fonte: Martins Junior (2022).

Nenhum dos participantes indicou os métodos numéricos para calcular uma integral. Outra resposta possível, que não apareceu, foi a utilização de softwares para proceder esse tipo de cálculo. A não indicação destas possibilidades pode sugerir uma concentração de atenção, no curso, na solução de situações por meio das técnicas citadas por eles, deixando de abordar outras formas de cálculo. Outro procedimento de cálculo que não foi citado por nenhum dos participantes foi o da soma de Riemann.

A décima questão proposta foi a seguinte:

Para toda e qualquer integral, sempre existirá uma função primitiva? Sempre existirá uma técnica para encontrar uma função primitiva?

Por meio da décima questão, buscávamos verificar se os participantes reconheceriam que há funções que não possuem uma função primitiva elementar, nem pela somatória finita de funções elementares. Para estas funções, a alternativa é construir uma série de Fourier equivalente à função a ser integrada, integrando cada um dos termos da série. Lembrando que a solução exata só é alcançada, se os infinitos termos da série de Fourier forem integrados. Existem muitas funções que não admitem primitiva com finitos termos. Alguns exemplos são (Costa, 2015).

Nessa questão, tínhamos, na realidade, dois questionamentos, cujas respostas serão discutidas, primeiro em relação a um e depois em relação ao outro. O Quadro 10 apresenta as respostas dos participantes à décima questão.

Sobre a existência garantida de uma função primitiva para todas as funções integradas, com exceção dos participantes F e G, todos os demais indicaram que sempre existirá uma função primitiva de uma função dada. O participante F, na verdade, não afirmou que não existe e, sim, que ele achava que

não. O padrão desta resposta, juntamente com o fato da não citação dos métodos numéricos, mostrado na nona questão, nos sugere que os alunos só foram apresentados para situações preparadas e nas quais as técnicas de integração são aplicáveis.

Quanto ao segundo questionamento da décima questão que indaga sobre a garantida existência de uma técnica de integração a ser aplicada, os participantes A, B e D indicaram que sempre existirá uma técnica que se aplicará à busca da primitiva de uma função. O participante C disse não lembrar, e o participante E indicou que sempre existe mais de uma técnica que poderia ser aplicada. Os participantes F e G indicaram que não é garantida a adequação de uma das técnicas de integração para encontrar a função primitiva de uma função dada.

Quadro 10 - Respostas à décima questão

PART A	PART B	PART C	PART D
Eu estou confusa, mas acho que toda primitiva é uma integral indefinida a técnica que eu utilizava era uma tabela para integrais indefinidas.	Acredito que pelo conceito de integral sim.	Não, pode existir outras primitivas. Não me recordo das técnicas para encontrar a função primitiva.	Depende, desde que esteja dentro do conceito de funções reais sempre existirá uma função primitiva, assim como as técnicas para encontra-la.
PART E	PART F	PART G	
Acho que sim, acredito que existe mais de uma técnica.	Acho que não.	Pelo que eu me lembro de ter visto na faculdade, sim. Todas tinham uma função primitiva. Mas eu suponho que haja algumas exceções, então minha resposta será não. Nem sempre existirá uma técnica para a função primitiva.	

Fonte: Martins Junior (2022).

A análise das respostas aos dois questionamentos nos sugere que os participantes não teriam vivenciado situações nas quais as técnicas de integração não são aplicáveis e nem mesmo nas situações nas quais uma função primitiva não existe. Ressaltamos a resposta do participante G, na qual ele afirmou que, durante o curso, segundo sua lembrança, nunca foi lhe apresentada uma função que não tivesse uma função primitiva.

A décima primeira questão foi a seguinte:

Se no desempenho de sua função, como engenheiro, você se deparasse com a necessidade de cálculo da integral a seguir, como você calcularia?

$$\int_1^2 \frac{[7 + \ln[8 \cdot \sin(x)]]^{(x^2-x+3)}}{\pi \left(-\frac{x}{100}\right)} dx = ?$$

Ao final fizemos uma observação que o participante utilizasse as folhas em branco no final deste questionário para registrar seus cálculos.

Nesta questão, propusemos uma função para a qual a integração não é possível com a utilização das técnicas conhecidas do cálculo de uma integral. O intuito tinha sido o de estimular o participante a buscar formas alternativas como: cálculo numérico ou uso de um aplicativo que calculasse a integral. O espaço para considerações teria a intenção de motivar o participante para compartilhar seus sentimentos, ao tentar calcular a integral dada.

Na décima primeira questão, o cálculo da integral foi tentado apenas pelo participante A, mas o resultado não foi o correto e é possível verificar algumas incorreções na manipulação matemática e na aplicação das técnicas de integração. Os demais participantes nem sequer apresentaram

esboços de um início de tentativa.

Havia um espaço para considerações sobre a décima primeira questão, e o Quadro 11 apresenta as considerações apontadas pelos participantes.

Os participantes B, C, D e E indicaram não terem realizado o cálculo, pois não se lembravam das formas de aplicação das técnicas de integração devido ao longo período sem utilizá-las. O participante E ainda acrescentou que a função não apresenta uma situação de difícil aplicação das regras de integração, mas que ele não lembrava como fazer.

O participante F assumiu não saber como calcular.

Nenhum dos participantes tentou e nem mesmo citou a possibilidade de utilizar o cálculo numérico ou um *software* matemático. Este fato sugere a não disponibilidade destes métodos como apoio ao cálculo de uma integral para estes participantes. Ressaltamos, ainda, o fato de que esses participantes já haviam concluído curso, e desta forma, já tinham concluído várias disciplinas profissionalizantes que utilizam o CDI.

Quadro 11 - Respostas à décima primeira questão

PART A	PART B	PART C	PART D
BRANCO	Devido ao alto período sem utilizar o cálculo de integrais não lembro o método para resolvê-la.	Após quase dois anos após de formação, não resolvi e nem fiz exercícios de integrais, com isso não me recordo das regras e técnicas para calcular uma integral	Não consegui desenvolver a equação. Me recordo que há técnicas para separar a integral, aplicar a substituição ou calcular por partes e após isso fazê-la nos limites entre 2 e 1. Porém não consigo desenvolver a separação da expressão.
PART E		PART F	PART G
Não é uma função difícil de resolver, porém no meu caso, estou a tempos sem este conhecimento e não consigo lembrar os passos para resolver.		Não saberia como calcular	BRANCO

Fonte: Martins Junior (2022).

A despeito disso, não mobilizaram o cálculo numérico e a utilização de *softwares* matemáticos. As respostas sugerem uma dependência exclusiva das técnicas de integração para o cálculo de uma integral definida.

A décima segunda questão proposta foi a seguinte:

Este espaço é para você colocar qualquer ideia ou sentimento, relativo ao tema cálculo integral, que veio à mente durante o preenchimento deste questionário.

A décima segunda questão teria a finalidade de abrir um espaço e estimular que os participantes externassem suas impressões e sensações observadas durante a resposta do questionário.

As respostas são apresentadas no Quadro 12.

Um comentário que apareceu nas respostas dos participantes E, F e G, foi a falta de compreensão de como a integral pode ser aplicada em situações do mundo real.

Os participantes A, C, D e G ressaltaram terem esquecido com o tempo as técnicas e as regras de integração, apesar de elas terem ocupado lugar de destaque em suas formações.

As respostas dos participantes B e D trouxeram o quanto assusta aos estudantes a disciplina de CDI. O participante B ainda acrescentou que a forma como o assunto foi tratado pelos professores de CDI e pelos professores das disciplinas

profissionais seguintes intensificaram este medo.

Quadro 12 - Respostas à décima segunda questão

PART A	PART B	PART C	PART D
Estou com a sensação de que me esqueci de muita coisa. Principalmente técnicas que dependeram de treino automático das questões ou consulta do passo a passo pre definido. Quando me explicavam o conceito, aprendi mais do que só quando fui só resolvendo exercícios, um atrás do outro.	Se trata de um cálculo difícil, especialmente por não ser tratado no ensino médio e causa um bloqueio grande nos alunos, na minha experiência os professores abordam o tema de forma a intensificar esse problema tanto na matéria de cálculo como nas demais matérias em que é utilizada.	O sentimento é o de não ter aprendido ou guardado as técnicas de cálculo de uma integral e recordar vagamente dos conceitos.	Integrais são fascinantes, porém o símbolo \int assusta, é um tema considerado difícil pelos estudantes. Derivadas são mais simples, porém sem uma boa prática e material de apoio, não me vejo capaz de desenvolver um cálculo integral ou diferencial.
PART E		PART F	
Sinto uma lacuna nesta matéria que poderia ser melhorada na base curricular do curso, fazendo o engenheiro entender em quais situações as integrais pode ser usadas.		A mesma da questão 5: as disciplinas são aplicadas, porém de forma teórica, praticamente não existe nada que eu aprendi que eu tenha utilizado até agora, ou que tenha visto alguém que já atua a anos no mercado que utilize. Na minha opinião deveria ser aplicada de forma mais prática, trazendo exemplos das indústrias em seu cotidiano. Acho que a matéria deveria existir porém adicionar na grade alguma matéria no ambiente prático como por exemplo: Cálculo aplicado a indústria.	
PART G			
Eu sempre achei matemática algo fascinante. Sempre gostei muito dos cálculos, das físicas, e todas as outras matérias de exatas da faculdade. Contudo, com os anos, nós esquecemos tudo que aprendemos sobre elas, pois não utilizamos nada. Se tivéssemos aprendido a utilização, na prática, nós conseguiríamos nos lembrar de alguns conceitos que nos permitissem resolver.			

Fonte: Martins Junior (2022).

Um ponto que se destacou, nas questões relativas ao conhecimento da utilização do CDI, foi a frequência com que os participantes mencionaram regras, técnicas, métodos, passo a passo, quando estavam se referindo ao cálculo de uma integral. O Quadro 13 apresenta assinaladas as posições das respostas nas quais foi feita a menção a estes procedimentos.

Quadro 13: Planilha das menções às regras, técnicas e outros

		PARTICIPANTE						
		A	B	C	D	E	F	G
QUESTÃO	1	NÃO SE APLICA						
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							

Fonte: Martins Junior (2022).

Como as perguntas iniciais foram bem específicas, suas respostas não permitiam uma maior liberdade de resposta, caso diverso nas questões finais, em que foram pedidas opiniões mais abertas, nesses casos, houve uma concentração de regras, técnicas, métodos, passo a passo, o que nos permite inferir que, nos cursos de CDI, deve ter havido uma incidência grande deles na solução de situações, em detrimento de uma abordagem assentada no entendimento conceitual e na modelagem matemática, de situações do mundo real.

Esta constatação se coaduna com o que foi encontrado nas pesquisas bibliográficas, dentre elas: Araújo & Moreira (2005), Silva (2019), Silva (2015) & Souza (2013).

4 Conclusão

Por meio do resultado de nossa pesquisa bibliográfica, que foi totalmente ratificado pelas respostas dadas pelos sete engenheiros recém-formados ao questionário proposto, foi possível identificar que insatisfação e aversão ao CDI é comum a estudantes de diferentes gerações. Nossa conclusão para esta persistência é a de que o que leva a esta insatisfação e ao baixo desempenho são as práticas de ensino do CDI na engenharia que permanecem as mesmas. Em geral, os docentes não conseguem motivar os seus estudantes por não discutirem suficientemente aplicações de conceitos do CDI para resolver problemas do cotidiano da engenharia. Aos estudantes é apresentada e cobrada nas avaliações, ao longo do curso, a solução de integrais dadas por meio da utilização de regras e técnicas ensinadas e por eles reproduzidas sem o entendimento claro do que realmente a integral está operando.

O ensino do CDI parte diretamente para a fundamentação teórica, com alto grau de formalismo e rigor matemático. Estratégias de estabelecer uma conexão do CDI com formas de visualização mais corporificadas não são incentivadas. Não defendemos aqui uma banalização do ensino do CDI, mas sim, uma estratégia didática que suavize o degrau existente entre os assuntos do ensino médio, com vasta corporificação dos conteúdos discutidos, para um ensino superior, totalmente discutido num contexto formal, com rigor matemático.

O rigor matemático deve ser desenvolvido, mas antecedido por uma abordagem mais corporificada com a intenção de aproximar os estudantes de CDI e para que reconheçam a sua necessidade para a atividade de engenharia.

Antes do tratamento mais rigoroso, o estudante deve ser apresentado aos problemas que exijam o cálculo para sua solução. Ele deve reconhecer a necessidade de ferramentas matemáticas de que ainda não dispõe para o tratamento matemático do *contínuo*. Ou seja, o estudante deve ser despertado para as grandezas físicas, cujas características são distribuídas por superfícies e volumes dos corpos físicos e não pontuais, apesar de definições das grandezas físicas serem geralmente expressas pela relação entre grandezas pontuais.

Mediante nosso estudo, defendemos que os professores se atentem para que o ensino de cálculo articule e discuta conceitos e procedimentos que envolvam características dos três mundos matemáticos de Tall (2004).

Referências

Araújo, R., & Moreira, L.F.N. (2005) Monitoria da disciplina de Cálculo. In: Anais do Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/14/artigos/PB-11-16224507600-1116268940625.pdf>.

Barbosa, M. A. (2004) O insucesso no ensino e aprendizagem na disciplina de cálculo diferencial e integral. Curitiba:

Universidade Católica do Paraná.

Campos, A. P. & Reis F. S. (2019) Vamos viajar?? uma abordagem da Aprendizagem baseada em Problemas no Cálculo Diferencial e Integral com alunos de Engenharia. Revista de Educação Matemática, v.16(23), p.449-469.

Costa, F. P. (2015) Primitivas e integrais. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Matemática. Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/1K4uHjQ0mmmysuzjbLtaK37F8nm2IaAu5>,

Donel, M. L. H. (2015) Raciocínio lógico formal: uma análise no ensino superior. Marília: UNESP.

Gomes, F. H. (2016) Uma proposta de exame de proficiência em cálculo diferencial e integral. Brasília: UnB.

Gomes, D.M., & Stahl N. S. P. A (2020) Resolução de Problemas no ensino de Cálculo Diferencial e Integral nos Cursos de Engenharia: uma experiência. Revista Thema, v. 17(2), p. 294-308.

Martins Junior, J. C. (2023) Resolução de problemas de resistência dos materiais: um experimento de ensino envolvendo etapas da modelagem São Paulo: Centro Universitário Anhanguera de São Paulo.

Nascimento, P. C. (2017) Um estudo sobre os erros dos alunos em cálculo diferencial e integral I em um curso de engenharia civil. 91 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2017.

Poletti, E. C. C. (2001) Cálculo em serviço: um estudo exploratório. Bolema, v.14(16).

Reis, T. L. B. (2015) Integral definida: conteúdos de ensino e estratégias de aprendizagem. 2015. 238 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Silva, A.P. (2017) A modalidade EaD semipresencial e a disciplina de cálculo diferencial e integral. 2017. 220 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista, Bauru.

Silva, A.M. (1979) Um modelo de ensino de cálculo diferencial e integral utilizando aplicações às disciplinas: biologia, física e química. 1979. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Silva, J. P. (2015) A relação com o saber: os estudantes de engenharia e a primeira disciplina de cálculo. 2015. 161 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade de Santa Catarina, Florianópolis.

Silva, M. D. F. (2010) Problemas e modelos que contribuíram com o desenvolvimento do cálculo diferencial e integral: dos gregos a Newton. 2010. 239 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Silva, R.T. (2019) Atividades para estudo de integrais em um ambiente híbrido. 2019. 130 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.

Souza, C.R. (2013) Uma abordagem do ensino de cálculo, incentivando o desenvolvimento de estilos de aprendizagem e proporcionando o entendimento das técnicas de integração. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Tall, D.O. (2004) Thinking through three worlds of mathematics.

- In: International Conference For The Psychology of Mathematics Education, 28., 2004, Bergen, Norway. Proceedings[...]. Bergen: PME. p. 281–288.
- Tall, D., & Vinner, S. (1981) Concept Image and Concept Definition in Mathematics with particular reference to limits and continuity. Educational Studies in Mathematics, Dordrecht, v. 3, n. 12. 151-169.
- Zarpelon, E. (2016) Análise do desempenho de alunos calouros de engenharia na disciplina de cálculo diferencial e integral I: um estudo de caso na UTFPR. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.