


PEER INSTRUCTION: UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE CÁLCULO COM BASE EM METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

Peer Instruction: An experience in the teaching of calculus based on active learning methodologies


Janice RACHELLI


Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil
janicerachelli@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1422-1838>

Vanilde BISOGNIN

Universidade Franciscana, Santa Maria, Brasil
vanildebisognin@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5718-4777>

A lista completa com informações dos autores está no final do artigo 

RESUMO

No presente estudo, tem-se como objetivo analisar as contribuições da utilização da metodologia ativa *Peer Instruction* no ensino e na aprendizagem de tópicos trabalhados na disciplina de Cálculo A, na qual se aborda, especificamente, o conteúdo de integração de taxas de variação e integrais definidas. Na pesquisa, desenvolvida com 41 estudantes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria, utilizou-se a estratégia de ensino inspirada na metodologia *Peer Instruction*, em que os alunos, após leitura prévia do assunto fora da sala de aula, responderam, em sala de aula, a 10 questões conceituais disponibilizadas no Moodle, discutindo suas respostas com os colegas. A partir dos dados obtidos por meio das discussões realizadas nos grupos, das respostas dos alunos às questões e à pesquisa de opinião, constatou-se o envolvimento e a satisfação dos alunos na realização das atividades e a eficiência do uso da metodologia na aprendizagem dos conceitos tratados.

Palavras-chave: Metodologias ativas, *Peer Instruction*, Cálculo Integral.

ABSTRACT

In the present study, the objective is to analyze the contributions of using Peer Instruction as an active methodology in the teaching and learning of topics in the discipline of Calculus A, in which the contents of variation rates and defined integrals are specifically addressed. The research was developed with forty one students of the Production Engineering Course of the Federal University of Santa Maria. The Peer Instruction methodology was used as a resource in which students, after reading the subject outside the classroom, answered in classroom 10 conceptual questions made available on Moodle by discussing their answers with their classmates. From the data obtained through the group discussions, from the students' answers to the questions and the opinion survey, we identified in the students' involvement and satisfaction in accomplishing the activities, as well as the efficiency of this methodology in the learning of the concepts.

Keywords: Active methodologies, *Peer Instruction*, Integral Calculus.

1 INTRODUÇÃO

Os conteúdos das disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral são fundamentais para o desenvolvimento de competências e habilidades para os estudantes de cursos das áreas exatas e tecnológicas. Porém essa área do conhecimento é apontada como uma das áreas em que os alunos apresentam maiores dificuldades, refletindo nos altos índices de reprovação e evasão, o que é constatado em diferentes pesquisas, como em Barufi (1999), Resende (2003), Cury (2009), entre outras.

As causas dos altos índices de reprovação e evasão apontadas pelos pesquisadores que se preocupam com o ensino e aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral são muitas e, entre elas, destaca-se a falta de compreensão conceitual (Barufi, 1999; Resende, 2003); o uso de aulas expositivas de maneira descontextualizada e algoritmizada (Artigue, 2001; Vieira, 2013); a deficiência na formação básica dos estudantes (Marini, 2014; Silva, 2011). Além da preocupação com as causas dos índices de reprovação, as pesquisas apontam alguns caminhos para a superação das dificuldades e, entre outros, o uso de metodologias de ensino diferenciadas que motivam os alunos para o estudo do Cálculo e facilitam a compreensão dos conceitos básicos, o que favorece a aprendizagem.

Professores e pesquisadores da área de ensino têm voltado seus esforços no desenvolvimento de metodologias ativas, que visam ao engajamento dos estudantes durante o processo de aprendizagem (Araujo & Mazur, 2013; Bacich & Moran, 2018; Mazur, 2015). Os resultados das pesquisas mostram que é necessário buscar uma nova forma de trabalho em sala de aula em que o aluno participe ativamente do processo de ensino e aprendizagem, sendo responsável pela construção de seu conhecimento. Ou seja, quer-se um aluno que seja menos passivo e mais protagonista, responsável e comprometido com sua própria aprendizagem.

As metodologias ativas de ensino permitem despertar a curiosidade do aluno à medida que trazem novos elementos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor. Quando usadas em sala de aula, é possível perceber as contribuições dos alunos no processo de ensino e aprendizagem porque eles são estimulados à participação, ao comprometimento, ao trabalho colaborativo, o que possibilita a promoção da autonomia do aluno. Destaca-se, também, que em um ambiente de aprendizagem ativa, o professor tem fundamental importância no sentido de “conduzir

as atividades de forma que o estudante se sinta valorizado por suas contribuições, na medida em que as oferece e é acolhido pelo grupo” (Elmôr Filho, Sauer, Almeida & Villas-Boas, 2019, p. 35).

Uma dessas metodologias é a *Peer Instruction*, proposta por Eric Mazur, professor de Física da Universidade de Harvard, que visa ao entendimento e à aplicabilidade dos conceitos, valendo-se da discussão entre os alunos. Segundo o autor, o entendimento e a apreensão conceitual é o primeiro passo para a aquisição do conhecimento de determinada área. A metodologia tem como objetivo promover a aprendizagem dos conteúdos em estudo por meio da interação entre os estudantes (Araujo & Mazur, 2013). Nesse contexto, os alunos, em trabalho colaborativo, são estimulados a aplicar os conceitos e resultados enquanto os explicam para seus colegas (Lovato, Michelotti, Silva & Loretto, 2018). Portanto, a *Peer Instruction* busca tirar o foco do momento da aprendizagem da “transferência de informação”, fazendo com que o aluno busque informações direto da fonte, por meio da leitura, para que, depois, em aula, discuta com seus colegas (Palharini, 2015).

Embora a metodologia *Peer Instruction* venha sendo apontada como um dos possíveis caminhos para colocar os alunos em um papel ativo diante do conhecimento científico e do processo de aprendizagem, no Brasil, há poucas pesquisas realizadas na área de Educação Matemática para avaliar os efeitos potenciais na aprendizagem dos alunos. Pesquisas que utilizaram essa metodologia fornecem evidências de melhoria na aprendizagem dos estudantes, proporcionando uma aprendizagem mais significativa (Teixeira & Fontenele, 2017) e um ambiente reflexivo de aprendizagem (Puhl & Lima, 2018).

Assim, as dificuldades apontadas nos resultados das pesquisas em ensino de Cálculo Diferencial e Integral e a própria experiência vivenciada em sala de aula, a indicação do uso de metodologias de ensino em que os estudantes possam ser engajados durante todo o processo de aprendizagem e os resultados já obtidos com o uso da *Peer Instruction* motivaram o presente trabalho de investigação, que foi realizado com estudantes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria, matriculados na disciplina de Cálculo A.

No presente estudo, tem-se como propósito relatar a experiência desenvolvida pelas autoras com a *Peer Instruction* na disciplina de Cálculo A, que envolve atividades de integração de taxas de variação e integrais definidas. Para tanto, inicialmente, consta breve abordagem da *Peer Instruction*. Em seguida, é feita descrição detalhada do uso

concreto do método na disciplina em questão e, finalmente, os resultados são tabulados e analisados.

2 SOBRE A *PEER INSTRUCTION*

A metodologia *Peer Instruction* foi desenvolvida durante os anos 90 pelo professor Eric Mazur da Universidade de Harvard com o objetivo de auxiliar os estudantes a compreender melhor os conceitos básicos de Física. Esse método, difundido por diversos países, em diferentes contextos, tem como objetivo a participação ativa dos estudantes no processo de ensino, em que são promovidas atividades que permitem aos alunos aplicar os conceitos discutidos no momento da aula por meio da resolução de questões e discussões dos resultados com os colegas (Mazur, 2015). Em uma tradução livre, a metodologia *Peer Instruction* é chamada de Instrução pelos Colegas (IpC) (Araujo & Mazur, 2013) ou tradução literal como Instrução entre pares.

Segundo Mazur (2015), a *Peer Instruction* é um método eficiente que ensina os fundamentos conceituais e conduz os alunos a um melhor desempenho na resolução de problemas, além de tornar “o ensino mais fácil e mais gratificante” (p. 10). Nessa metodologia, exige-se que os alunos leiam, pensem e reflitam antes da aula. Assim, no uso dessa metodologia, é necessário que o aluno leia o material indicado antes da aula para que, no momento da aula, elabore o que foi lido, esclareça as dúvidas e aprofunde sua compreensão sobre o assunto tratado. Ou seja, os objetivos básicos da *Peer Instruction* são explorar a interação entre os estudantes durante as aulas expositivas e focar a atenção nos conceitos que servem de fundamento aos conteúdos.

As aulas consistem em apresentações curtas sobre os pontos-chave e de um teste conceitual composto por questões conceituais abrangendo o assunto que está sendo discutido. Durante a resolução das questões, é dado um tempo para que os estudantes formulem suas respostas e, em seguida, eles devem discuti-las entre si. Com as discussões “há um aumento sistemático tanto da porcentagem de respostas corretas quanto da confiança dos estudantes” (Mazur, 2015, p. 12). O autor ressalta, ainda, que esse processo oportuniza aos estudantes pensar com base nos argumentos que estão sendo desenvolvidos e dá-lhes um modo de avaliar a sua compreensão do conceito.

De acordo com a metodologia *Peer Instruction*, cada teste conceitual tem um formato próprio, conforme apresentado na Figura 1.

1. Proposição da questão	1 minuto
2. Tempo para os estudantes pensarem	1 minuto
3. Os estudantes anotam suas respostas individuais (opcional)	
4. Os estudantes convencem seus colegas (<i>Peer Instruction</i>)	1–2 minutos
5. Os estudantes anotam as respostas corrigidas (opcional)	
6. <i>Feedback</i> para o professor: registro das respostas	
7. Explicação da resposta correta	2+ minutos

Figura 1: Formato do teste conceitual
 Fonte: Mazur (2015, p. 10)

Se, ao responderem à questão, a maioria dos estudantes escolher a resposta correta, a aula prossegue para a próxima questão. Se a porcentagem de respostas corretas for baixa (menos de 30%), o professor deve trabalhar novamente o tópico com mais detalhes, e os alunos refazem a questão. Esse processo se repete durante toda a aula.

O processo de repetição evita a formação de um abismo entre as expectativas do professor e a compreensão do aluno, “um abismo que, uma vez formado, só aumentará com o tempo até que a aula fique inteiramente perdida” (Mazur, 2015, p. 11).

Ao ser disponibilizada uma nova questão, deve ser feita a leitura e, após, cada aluno registra a sua resposta. Os alunos devem discutir sobre a resposta correta e tentar convencer o colega de que não respondeu corretamente à questão. Segundo Mazur (2015), “parece que os estudantes são capazes de ensinar os conceitos uns aos outros de forma mais eficiente do que seus professores” (p. 13). Porém é importante que o professor participe das discussões que surgem nos grupos para que possa avaliar possíveis erros e o raciocínio dos alunos que escolheram as respostas corretas. Isso permite saber se houve a compreensão dos conceitos envolvidos em cada questão.

Após as discussões, caso a resposta esteja incorreta, o aluno poderá anotar novamente a resposta da questão. Quando todos os alunos tiverem respondido à questão, o professor dedica alguns minutos para explicação da resposta correta e segue para o próximo tópico.

Para o registro das respostas, o professor pode solicitar aos alunos que levantem a mão indicando a resposta correta, ou preencham formulários com a alternativa correta ou, ainda, utilizem dispositivos portáteis como *clickers*, notebooks ou smartphones.

Nesse novo formato de aula, o professor deve orientar os alunos para que façam a leitura dos tópicos antes da aula e pode discutir, em sala de aula, apenas parte do material ou reduzir o número de tópicos tratados no semestre. Com a leitura, os

estudantes terão contato com a mesma quantidade de material que é trabalhada em uma aula convencional.

A quebra na monotonia das aulas expositivas, a melhoria na compreensão conceitual e no desempenho dos estudantes e a capacidade de o aluno pensar por si mesmo e verbalizar seus pensamentos são vantagens observadas por Eric Mazur em aulas em que a *Peer Instruction* tem sido utilizada.

3 METODOLOGIA

Nesta pesquisa, adotamos as abordagens quantitativa e qualitativa (Gerhardt & Silveira, 2009) em que empregamos uma quantificação no tratamento dos dados obtidos e levamos em conta o entendimento e a opinião dos sujeitos participantes.



Para este estudo, aplicamos a metodologia *Peer Instruction* na disciplina de Cálculo A - cuja ementa compreende os conteúdos de limites, derivadas e integrais de funções de uma variável - ministrada ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), por uma das professoras ora autoras deste trabalho. Participaram da pesquisa, 41 alunos matriculados na disciplina.

Para tanto, os alunos foram orientados com antecedência que o tópico referente à integração de taxas de variação seria ministrado no formato *Peer Instruction*, sendo necessário o uso de notebooks ou smartphones para o acesso ao portal institucional Moodle, no qual a atividade com as questões estaria disponível. O trabalho com esse tópico teve a duração de duas horas/aula.

Os alunos foram orientados a fazer a leitura, antecipadamente, do material sobre integração de taxas de variação no livro impresso ou na versão digital disponibilizada pela Biblioteca (Anton, Bivens & Davis, 2014) e utilizado como referência no desenvolvimento da disciplina.

Foi elaborada uma unidade didática com 10 questões de múltipla escolha e de respostas curtas sobre integração de taxas de variação e integrais definidas. Essa atividade foi inserida no Moodle, por meio de um questionário disponibilizado na página da professora da disciplina, sendo que a cada questão foi atribuída nota 1,0. A seguir, apresentamos as questões com uma breve descrição dos conceitos que são necessários para a resolução de cada questão.

A Questão 1 trata sobre o deslocamento de uma partícula, conhecendo-se sua velocidade instantânea (Figura 2). O aluno deve concluir que o deslocamento da partícula entre os pontos t_1 e t_2 é obtido por meio da integração da taxa instantânea de variação da função posição – velocidade instantânea $s'(t)$ de t_1 a t_2 , ou seja, $s(t_2) - s(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} s'(t) dt$. Para resolver essa questão, é preciso saber que os processos de derivação e integração são inversos quando vale o teorema fundamental do Cálculo.

1   Deslocamento



Se $s(t)$ for a posição de uma partícula em movimento retilíneo, então $s'(t)$ é a velocidade instantânea da partícula no instante t . A expressão que representa o deslocamento da partícula entre os pontos t_1 e t_2 é

Escolha uma:

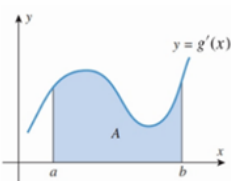
- a. $\int_{t_2}^{t_1} s'(t) dt = s(t_2) - s(t_1)$
- b. $\int_{t_2}^{t_1} s(t) dt = s(t_1) - s(t_2)$
- c. $\int_{t_1}^{t_2} s(t) dt = s(t_2) - s(t_1)$
- d. $\int_{t_2}^{t_1} s'(t) dt = s(t_1) - s(t_2)$
- e. $\int_{t_1}^{t_2} s'(t) dt = s(t_2) - s(t_1)$

Figura 2: Questão 1
Fonte: Da pesquisa

Na Questão 2, o aluno deve relacionar o problema de determinar a área da região delimitada pela curva $y = g'(x)$ de a até b com a integral definida $\int_a^b g'(t) dt$ (Figura 3).

2   Área de uma região

A expressão que representa a área da região A é



Fonte: ANTON, BIVENS, DAVIS, 2009, p. 368 (Adaptado).

Escolha uma:

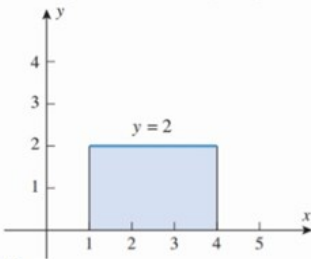
- a. $\int_a^b g(t) dt = g'(b) - g'(a)$
- b. $\int_a^b g'(t) dt = g'(b) - g'(a)$
- c. $\int_a^b g'(t) dt = g(b) - g(a)$
- d. $\int_a^b g(t) dt = g(b) - g(a)$

Figura 3: Questão 2
Fonte: Da pesquisa

As questões 3 e 4 envolvem o cálculo numérico da área de duas regiões delimitadas pelo gráfico de funções em intervalos determinados (Figura 4). Em ambos os cálculos, o aluno poderá determinar a área usando a integral definida, ou ainda, usando fórmulas apropriadas da Geometria Plana.

3 Área 1

Na figura abaixo é mostrada a região delimitada pelo gráfico de $y = 2$, com $1 \leq x \leq 4$.



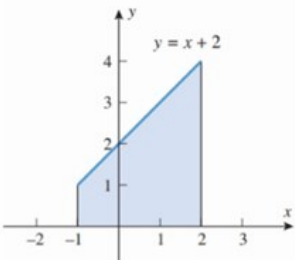
Fonte: ANTON; BIVENS; DAVIS, 2014, p. 256.

A área da região é

Resposta:

4 Área 2

Na figura abaixo é mostrada a região delimitada pelo gráfico de $y = x + 2$, com $-1 \leq x \leq 2$ e x e y medidos em metros.




Fonte: ANTON; BIVENS; DAVIS, 2014, p. 256.

A área da região, em m^2 , é igual a

Resposta:

Figura 4: Questões 3 e 4
Fonte: Da pesquisa

Na Questão 5, o aluno deve determinar o valor numérico para o deslocamento da partícula no intervalo $[0, \frac{\pi}{2}]$, sendo conhecida a função velocidade $v(t) = \text{sent}$ (Figura 5).

5  Deslocamento de uma partícula


Uma partícula move-se a uma velocidade $v(t) = sent$, em m/s . Qual é o deslocamento da partícula, em metros, ao longo do intervalo $[0, \frac{\pi}{2}]$?

Resposta:


Figura 5: Questão 5
Fonte: Da pesquisa

Para resolver a questão, é necessário observar que o deslocamento é dado pela integral definida $\int_0^{\frac{\pi}{2}} sent dt$ e utilizar o teorema fundamental do Cálculo.

Como nas questões 1 e 5, na Questão 6, o aluno deve utilizar o conhecimento de que a distância percorrida entre os instantes t_1 e t_2 pode ser expressa por $\int_{t_1}^{t_2} v(t) dt$, sendo a velocidade v positiva (Figura 6).

6  Distância de reação e de frenagem

Um trem está indo para sua próxima parada. Durante a viagem, que realiza a 25 metros por segundo, o condutor recebe uma mensagem de emergência para parar imediatamente o trem. Leva 1 segundo para o condutor reagir antes de ele acionar os freios. Depois de acioná-los, o trem leva 6 segundos para parar totalmente. O gráfico abaixo mostra a velocidade do condutor em função do tempo.



Fonte: <https://pt.khanacademy.org/math/integral-calculus> Acesso out 2018 (Adaptado).

As distâncias de reação e de frenagem, em metros, são, respectivamente, iguais a

Escolha uma:

- a. 50 e 102,8
- b. 25 e 102,08
- c. 25 e 75
- d. 50 e 75

Figura 6: Questão 6
Fonte: Da pesquisa

Assim, as distâncias de reação e de frenagem são expressas, respectivamente, por $\int_0^1 v(t)dt$ e $\int_1^7 v(t)dt$. O cálculo dessas integrais pode ser feito por meio do cálculo da área da região delimitada por v nos intervalos indicados ou pode ser calculada com o uso de fórmulas da Geometria Plana.

As questões 7 e 8 envolvem o cálculo da quantidade de água, conhecendo-se as taxas de variação dadas, respectivamente, por uma expressão analítica e pela representação gráfica (Figura 7).

7 ☰ ⚙ Quantidade de água 1

A água de um recipiente está vazando a uma taxa de $-100(t - 5)$ mililitros por hora, em que t é o número de horas.

Quantos mililitros de água vazaram do recipiente entre $t = 0$ e $t = 2$?

Escolha uma:

a. 1000

b. 600

c. 400

d. 200

e. 800

8 ☰ ⚙ Quantidade de água 2

Suponha que uma indústria aumente seu consumo de água entre as 9h e 10h da manhã e que a taxa r , segundo a qual o reservatório fornece água, cresça conforme dados na figura abaixo.

Consumo de água

Fonte: ANTON; BIVENS; DAVIS, 2014, p. 375.

Quanta água, em galões, o reservatório fornecerá durante aquela 1 hora?

Escolha uma:

a. 320

b. 240

c. 480

d. 180

e. 420

Figura 7: Questões 7 e 8
Fonte: Da pesquisa

Em ambos os casos, o aluno deverá integrar a taxa de variação nos intervalos indicados para obter a quantidade de água, sendo que, na Questão 7, este cálculo deverá ser feito por meio da integral definida da taxa e, na Questão 8, por meio do cálculo da

área da região delimitada pelo gráfico da função que representa a taxa de variação. Também na Questão 8, pode-se encontrar a equação da reta que representa a taxa e integrar no intervalo indicado.

Assim como nas questões 7 e 8, para resolver a Questão 9, é necessário integrar a taxa de variação no intervalo indicado (Figura 8).

9 População

A população de uma cidade cresce a uma taxa de $150e^{0,1t}$ pessoas por ano, em que t é o número de anos.

Qual é a quantidade que melhor aproxima o aumento na população, em número de pessoas, entre $t = 0$ e $t = 10$?

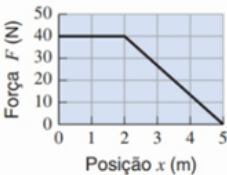
Resposta:

Figura 8: Questão 9
Fonte: Da pesquisa

A Questão 10 envolve o conceito de trabalho realizado por uma força variável no intervalo indicado (Figura 9).

10 Trabalho

Uma força variável $F(x)$, no sentido positivo do eixo x , tem seu gráfico mostrado na figura abaixo.



Fonte: ANTON; BIVENS; DAVIS, 2014, p. 456.

Qual é o trabalho, em $J (N \cdot m)$, realizado por F , sobre uma partícula que se move de $x = 0$ a $x = 5$?

Escolha uma:

- a. 80
- b. 160
- c. 200
- d. 120
- e. 140

Figura 9: Questão 10
Fonte: Da pesquisa

Nesse caso, o aluno deve ter o conhecimento de que o trabalho W pode ser expresso pela integral definida $W = \int_0^5 F(x)dx$ e assim calcular a integral definida por meio do cálculo da área da região delimitada por F no intervalo $[0,5]$, usando fórmulas da Geometria Plana, ou ainda, determinar a função F , obtendo que $F(x) =$

$\begin{cases} 40, & 0 \leq x \leq 2 \\ -\frac{40}{3}(x-5), & 2 < x < 5 \end{cases}$, para depois calcular a integral definida, usando o teorema fundamental do Cálculo.

Todas as questões foram selecionadas tendo por base o livro usado como referência na disciplina e que contempla os tópicos de integração de taxas de variação e cálculo de integrais definidas. Como podemos observar, algumas questões podem ser resolvidas usando o teorema fundamental do Cálculo, por meio do processo de antidiferenciação e outras, associando o cálculo da integral definida com a área da região delimitada pelo gráfico da função no intervalo indicado. Todas as questões envolvem conceitos básicos do Cálculo Diferencial e Integral.

Para que pudéssemos avaliar as contribuições do uso dessa metodologia, além da análise das respostas às questões e das observações das discussões durante a aula, foi solicitado aos alunos que dessem sua opinião sobre a atividade realizada por meio de um questionário.

4 RESULTADOS

Seguindo os passos propostos por Mazur (2015), iniciamos a aula fazendo uma breve explanação dos conceitos a serem tratados. Por se tratar de tópicos já discutidos ao introduzir o conceito de integral e pelo fato de alguns alunos terem feito a leitura do texto, eles demonstraram conhecimento sobre o assunto. Cabe destacar que, embora tenha sido solicitada a leitura prévia do texto, nem todos os alunos o fizeram. Essa é uma fase essencial quando se aplica a metodologia *Peer Instruction*, visto que é importante que o aluno assuma uma postura mais ativa na construção de seu conhecimento e, por isso, é necessário pensar em uma forma de comprometer os alunos com todo o processo de trabalho da sala de aula.

Após o primeiro momento, os alunos formaram grupos de, no máximo, cinco participantes e foram convidados a acessarem em seus smartphones ou notebooks no Moodle a unidade didática. Cada uma das questões foi sendo projetada no quadro por meio do computador e do Datashow disponível na sala de aula. Dessa forma, a professora pôde acompanhar o número de acertos ou erros em cada questão.

A unidade didática no Moodle foi programada para que em cada questão fosse permitido o envio de duas tentativas de respostas. Assim, se a resposta estivesse incorreta, o aluno, participando das discussões com os colegas e sendo convencido por

eles, pôde novamente registrar sua resposta. As tentativas com acertos e erros ficaram registradas no Moodle para análise do professor.

Ao dar início à resolução da atividade, os alunos foram orientados a fazerem a leitura da questão, resolverem e discutirem com os colegas a resposta. A professora acompanhava cada grupo auxiliando na interpretação dos dados e nas dificuldades apresentadas pelos alunos. Na maioria dos grupos, observou-se que foi um momento de participação e colaboração.

Para responderem às questões, os alunos passaram o tempo da aula pensando e discutindo as ideias sobre o conteúdo em vez de assistirem passivamente à exposição da professora. Ou seja, foi possível constatar que os alunos passaram de uma atitude passiva para ativa e comprometeram-se com o trabalho que estava sendo desenvolvido. No trabalho em grupo, a maioria envolveu-se com as discussões e colaboraram uns com os outros.

A seguir, apresentamos uma breve descrição de como as questões foram resolvidas pelos alunos. As questões 1 e 2 foram respondidas de forma correta na primeira tentativa por 35 e 37 alunos, respectivamente. Após a segunda tentativa, três alunos mantiveram o erro na resposta da Questão 1 e três, na resposta da Questão 2. Assim, nas questões 1 e 2, dos 41 alunos, 90,2% responderam corretamente às questões, o que evidencia compreensão da maioria dos estudantes sobre os conceitos de deslocamento de uma partícula e área de uma região no plano. Esses conceitos estavam bem evidentes no texto indicado para a leitura prévia dos alunos e que foram expostos no início da aula.

Nas questões sobre área, um aluno não acertou a Questão 3 e cinco alunos não acertaram a Questão 4. O que observamos nas respostas erradas da Questão 4, é que dois dos alunos escreveram como resposta 7.5. Porém, quando programamos, escrevemos como resposta correta 7,5 ou $15/2$. Esse é um cuidado que devemos ter, pois essas três respostas estão corretas e deviam ser previstas na hora da programação. Todos os alunos utilizaram fórmulas da Geometria para o cálculo das áreas.

Na resolução da Questão 5, observamos que os alunos resolveram corretamente a integral, porém tiveram dúvidas com relação aos valores de $\cos\pi$ e $\cos 0$, necessários ao cálculo do deslocamento. Dúvidas sobre valores das funções trigonométricas foram observadas durante todo o semestre. Nessa questão, cinco alunos erraram a resposta na primeira tentativa, porém três deles corrigiram suas respostas na segunda tentativa. Dois

ainda mantiveram o erro. O índice de acertos foi de 95,1%, o que demonstra que os alunos utilizaram o conceito de deslocamento e resolveram a integral de forma correta.

Ao resolver a Questão 6, a maioria dos alunos teve dificuldades em interpretar o problema. Assim, os alunos foram sendo questionados pela professora sobre os dados e o que estava sendo solicitado no problema. Ao observarem o gráfico, verificaram que ele fornece a velocidade instantânea e, assim, perceberam que o problema envolve o conceito tratado na Questão 1 para o cálculo das distâncias de reação e de frenagem. Observamos que, nos grupos, houve discussão de como realizar os cálculos. Os alunos utilizaram fórmulas da Geometria Plana para resolver a questão, evidenciando fazer a associação do cálculo da integral da velocidade instantânea v com a área da região delimitada pelo gráfico de v nos intervalos indicados. Nessa questão, o percentual de acertos foi de 95,1% tanto na primeira como na segunda tentativa. Somente dois alunos não acertaram a questão. Acreditamos que as questões de 1 a 4 serviram para que o aluno, gradativamente, fosse compreendendo os conceitos e pudesse aplicá-los na resolução da Questão 6.

Na Questão 7, os alunos determinaram a quantidade de água integrando a taxa de variação com facilidade, sendo que 37 dos 41 alunos responderam corretamente à questão.

A partir da análise do gráfico, na Questão 8, os alunos utilizaram o cálculo da área sob o gráfico, para determinar a quantidade de galões que é expressa por meio da integração da taxa de variação. O número de alunos que acertou a questão foi de 35, correspondendo a um percentual de 85,4%.

Na Questão 9, para determinar o aumento da população, foi necessário resolver a integral da taxa de variação da população, dada por uma exponencial. Aqui, foi necessário que a professora explicasse como fazer o cálculo da integral por substituição, visto que os alunos não conseguiram evocar o modo de resolução. Esta foi a questão com maior número de erros, totalizando 13 alunos com respostas incorretas. Observou-se que os erros ocorreram porque a resposta exigia fazer uma aproximação, e os alunos não conseguiram interpretar o que o problema exigia.

A Questão 10 foi respondida corretamente por 35 alunos. Aqui, novamente o aluno poderia utilizar a área sob o gráfico para determinar o trabalho. Das seis respostas incorretas, três delas consideraram erroneamente a integral de F no intervalo $[0,5]$ como igual a 200, o que corresponde à área do retângulo de base 5 e altura 40. Porém a região é um trapézio, cuja área é igual a 140.

Ao término das atividades, a professora retomou os conceitos e os resultados tratados na aula.

Uma síntese do desempenho dos alunos, obtida no Moodle, está apresentada na Figura 11. Nos dados, podemos observar que 33 alunos obtiveram nota máxima, o que corresponde a 80,5%; se levarmos em conta notas maiores ou iguais a 8,0, o percentual sobe para 97,6%. Tivemos apenas um estudante que acertou somente uma questão; este aluno não participou da discussão nos grupos, e resolveu individualmente as questões.



Figura 11: Desempenho dos alunos
Fonte: Print da tela do Moodle na página da professora

Assim, de acordo com os resultados obtidos, há evidências de que a metodologia *Peer Instruction* é de fato efetiva, uma vez que despertou nos alunos uma forma diferente de trabalho, com participação nas discussões, levando a um percentual acima de 80% de acerto nas questões. Os dados apresentados no Moodle nos informam que a média das notas na primeira e na segunda tentativas foi, respectivamente, de 89,27% e de 94,88%, o que nos permite concluir que as atividades propostas favoreceram a compreensão dos conceitos.

Com relação ao desempenho geral dos estudantes, destacamos que dos 41 alunos matriculados na disciplina de Cálculo A e que participaram da pesquisa, 28 alunos obtiveram aprovação (68,3%) enquanto 13 alunos reprovaram (31,7%). Esses dados podem ser considerados satisfatórios visto que a média de aprovação nas disciplinas de

Cálculo A, nos últimos anos tem se mantido em torno de 42%, de acordo com dados fornecidos pelo Departamento de Matemática da Universidade Federal de Santa Maria.

Além dos dados referentes à resolução das questões, destacamos, a seguir, a opinião dos alunos sobre a atividade realizada com base na metodologia ativa *Peer Instruction*. Responderam a pesquisa de opinião 31 dos 41 alunos que realizaram a atividade.

Desde o início da aula, observou-se o envolvimento dos alunos ao trabalharem em grupo e no registro das respostas nos smartphones ou notebooks. A maioria dos alunos evidenciou a satisfação plena em relação à experiência realizada. Para os alunos, o uso da tecnologia traz uma forma diferenciada de trabalho em sala de aula que favorece os processos de ensino e aprendizagem (Quadro 1).

Quadro 1: Opinião dos alunos/Metodologia diferenciada

- ✓ *“Muito bom por ser uma atividade diferente das que estamos acostumados na faculdade e também por trocar conhecimento com os colegas!”*
- ✓ *“Uma metodologia interessante, moderna. O trabalho no Moodle foi interessante para a aula, pois trouxe uma metodologia diferente.”*
- ✓ *“Bom método, pois utiliza a tecnologia a favor do professor e do aluno.”*
- ✓ *“Ótima forma de aliar a tecnologia aos conteúdos vistos em aula.”*
- ✓ *“Foi uma experiência diferente e que nos agregou um conhecimento de algo que nunca havíamos feito. Foi muito bom!”*

Fonte: Da pesquisa

A experiência vivenciada neste trabalho, por meio de metodologias ativas apoiadas em tecnologias, reforça a possibilidade de transformar aulas em experiências de aprendizagem mais vivas e significativas para os estudantes que estão inseridos na cultura digital (Bacich & Moran, 2018). O que observamos é que os alunos, ao vivenciarem uma forma diferente de estudo em sala de aula, sentiram-se valorizados e engajados no ato de aprender. Em um processo de aprendizagem ativa, o aluno não é um receptor de informações, mas engaja-se de maneira ativa na aprendizagem dos conceitos, visando à construção de seu conhecimento (Elmôr Filho, Sauer, Almeida & Villas-Boas, 2019).

Também, o trabalho colaborativo desenvolvido durante as discussões nos grupos foi citado pelos alunos como um dos fatores importantes no uso da metodologia *Peer Instruction*. Os alunos opinaram sobre o trabalho realizado em colaboração com os demais colegas em grupos (Quadro 2).

Quadro 2: Opinião dos alunos/Trabalho colaborativo

- ✓ *“Foi muito importante, pois no trabalho em grupo há o auxílio mútuo, e a tecnologia auxilia na rapidez das correções.”*
- ✓ *“Ótimo para que os alunos ensinem uns aos outros.”*
- ✓ *“A ajuda dos colegas é benéfica, pois às vezes a montagem de grupos proporciona uma troca de conhecimentos de maneiras diferentes.”*
- ✓ *“Bom método de aprendizagem, e nos possibilita fazer as questões que não conseguimos, e os colegas que sabem ajudam.”*
- ✓ *“Ótimo, pois trabalho em grupo é fundamental para os alunos trocarem conhecimentos e se ajudarem nas questões.”*
- ✓ *“Com o trabalho em grupo, conseguimos fixar o conteúdo, pois precisávamos aprender e repassar como era feito. Foi de grande valia.”*

Fonte: Da pesquisa

Ao escreverem que no trabalho em grupo há o auxílio mútuo, o que permite que os alunos troquem conhecimentos e ensinem uns aos outros, os estudantes percebem ser esta é uma metodologia que pode auxiliá-los na aprendizagem dos conceitos de uma forma ativa.

Acreditamos que, ao proporcionar a oportunidade para que os estudantes discutam os conceitos em sala de aula, em um ambiente colaborativo, permitimos a eles que aprendam com seus colegas. A colaboração tem sido referenciada como um dos temas que está associado à melhoria na qualidade do ensino e aprendizagem (Gonçalves & Silva, 2018) e, portanto, experiências que propiciem aos estudantes uma postura mais ativa, em um trabalho colaborativo com os colegas, são fundamentais para que essa melhoria seja realmente efetivada.

Destacamos, também, a opinião dos estudantes sobre a importância de utilizar uma metodologia diferenciada em sala de aula como forma de promover o aprendizado (Quadro 3).

Quadro 3: Opinião dos alunos/Aprendizagem

- ✓ *“Boa atividade, pois a turma pode trocar conhecimentos do conteúdo visando a uma aprendizagem interativa.”*
- ✓ *“Muito dinâmico e auxiliou no aprendizado.”*
- ✓ *“Aprendi mais com questões em grupo e no Moodle porque tinha muita dificuldade. Isso facilitou o entendimento.”*

Fonte: Da pesquisa

As percepções dos alunos refletem o que, com a utilização da metodologia *Peer Instruction*, se busca: “promover a aprendizagem com foco no questionamento para que

os alunos passem mais tempo discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por parte do professor” (Araujo & Mazur, 2013, p. 364) e dessa forma, ao trocar conhecimentos com os colegas, a aprendizagem ocorre.

Cabe destacar que não observamos, nas respostas dos alunos, nenhuma opinião contrária ao uso da metodologia *Peer Instruction*. A maioria dos alunos evidenciou a satisfação plena em relação à experiência realizada. Concordamos com Palharini (2015) quando afirma que uma das explicações possíveis para os resultados positivos do uso da *Peer Instruction* é o ambiente colaborativo criado quando os alunos estudam em grupo, discutem diversos temas e assumem, inclusive, funções de professores. Segundo o autor, depois de responder a uma questão (e errar), o aluno estaria mais aberto para ouvir tanto o professor como seus colegas, sendo esta uma forma de mobilizar o aluno a estudar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos, neste artigo, resultados de uma pesquisa que teve como objetivo analisar as contribuições da utilização da metodologia *Peer Instruction* no estudo da integração de taxas de variação, por meio de uma experiência de ensino, na disciplina de Cálculo A. Nesta experiência, a aula expositiva tradicional, em que os conteúdos são apresentados pelo professor, foi substituída por atividades que envolvem a leitura do conteúdo, breve exposição e realização, em grupos, de questões no Moodle e que propiciam um trabalho colaborativo de forma que os estudantes sejam sujeitos ativos na construção de sua aprendizagem.

Pela nossa experiência, destacamos que o preparo das questões que serão aplicadas e a adequação do formato da aula aos recursos tecnológicos disponíveis são pontos que merecem atenção quando o professor pretende utilizar a metodologia *Peer Instruction* com o apoio de tecnologias, visto que as respostas às questões conceituais dos alunos podem, mesmo estando corretas, não ter o mesmo formato da que foi programada pelo professor e, nem todos os alunos conseguirem acesso à internet na hora da aula.

Em nosso estudo, a opinião dos estudantes e os resultados obtidos sobre a compreensão dos assuntos tratados apontam aspectos favoráveis ao uso da *Peer Instruction*. Os resultados nos dão evidências de que o uso de metodologias ativas se

mostra como uma forma diferenciada de buscar o interesse, a motivação e a participação dos alunos nas aulas de Cálculo e que favorece a aprendizagem dos conceitos.

Além disso, o uso de ferramentas digitais trouxe uma motivação para o trabalho em sala de aula, em que constatamos que a utilização dessas metodologias motivou o estudo do Cálculo, assim como valorizou a unidade didática proposta. Acreditamos que seja possível o desenvolvimento de estratégias de ensino e de aprendizagem em sala de aula, aproveitando os recursos tecnológicos disponíveis e que possibilitam aos estudantes o desenvolvimento de novas experiências de aprendizagem. Contudo sugerimos que novos estudos sejam feitos como forma de avaliar o ensino e a aprendizagem de outros conceitos do Cálculo com o uso de metodologias ativas de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- Anton, H., Bivens, I. & Davis, S. (2014). *Cálculo*. v. 1, 10. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Araujo, I. S. & Mazur, E. (2013). Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis (SC), v. 30, n. 2, 362-384.
- Artigue, M. (2001). What can we learn from educational research at the university level? In: D. Holton (Org.), *The teaching and learning of Mathematics at University Level: An ICMI Study*. (pp. 207-220). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Bacich, L. & Moran, J. (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso.
- Barufi, M. C. B. (1999). *A construção/negociação de significados no curso universitário inicial de Cálculo Diferencial e Integral*. (Tese de Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Cury, H. N. (2009). Pesquisas em análise de erros no ensino superior: retrospectivas e resultados. In: Frota, M. C. R. & Nasser, I. *Educação Matemática no Ensino Superior: pesquisas e debates*. Recife: SBEM.
- Elmôr Filho, G., Sauer, L. Z., Almeida, N. N. & Villas-Boas, V. (2019). *Uma nova sala de aula é possível: aprendizagem ativa na educação em engenharia*. Rio de Janeiro: LTC.
- Gerhardt, T. E. & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS.

- Gonçalves, M. O. & Silva, V. (2018). Sala de aula compartilhada na licenciatura em matemática: relato de prática. In: L. Bacich & J. Moran (Orgs), *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. (pp. 69-75). Porto Alegre: Penso.
- Lovato, F. L., Michelotti, A., Silva, C. B. & Loretto, E. L. S. (2018). Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. *Acta Scientiae*, Canoas (RS), v. 20, n. 2, 154-171.
- Marini, W. (2014). *Um panorama de pesquisas sobre o ensino e a aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral: 2003 a 2013*. (Dissertação de Mestrado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
- Mazur, E. (2015). *Peer Instruction: a revolução da aprendizagem ativa*. Tradução de A. Laschuk. Porto Alegre: Penso.
- Palharini, C. (2015). *Aprendizagem dos conceitos da Física com a utilização do método de ensino Instrução pelos Colegas*. (Dissertação de Mestrado em Educação nas Ciências). Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí.
- Puhl, C. S. & Lima, I. G. (2018). Compreendendo os números complexos por meio de uma estratégia didática para promover a aprendizagem ativa. *Vidya*, Santa Maria (RS), v. 38, n. 1, 237-256.
- Resende, W. M. (2003). *O Ensino do Cálculo: Dificuldades de Natureza Epistemológica*. (Tese de Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Silva, B. A. (2011). Diferentes dimensões do ensino e aprendizagem de Cálculo. *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo (SP), v. 13, n. 3, 393-413.
- Teixeira, K. C. B. & Fontenele, F. C. F. (2017). Metodologia Peer Instruction no ensino de matrizes: um relato de experiência na disciplina de Álgebra Linear. *Educação Matemática em Revista-RS*, v. 1, n. 18, 577-65.
- Vieira, A. F. (2013). *Ensino de Cálculo Diferencial e Integral: das técnicas ao humans-with-media*. (Tese de Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo.

NOTAS

TÍTULO DA OBRA



Peer Instruction: Uma experiência no ensino de cálculo com base em metodologias ativas de aprendizagem

Janice Rachelli

Doutora em Ensino de Ciências e Matemática
Professora Associada 2
Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Matemática, Santa Maria, Brasil
janicerachelli@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1422-1838>

Vanilde Bisognin

Doutora em Matemática
Professora Titular
Universidade Franciscana, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Santa Maria, Brasil
vanildebisognin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5718-4777>

Endereço de correspondência do principal autor

Rua Visconde de Pelotas, n° 2262, CEP: 97015-140, Santa Maria, RS, Brasil.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Concepção e elaboração do manuscrito: J. Rachelli, V. Bisognin

Coleta de dados: J. Rachelli

Análise de dados: J. Rachelli, V. Bisognin

Discussão dos resultados: J. Rachelli, V. Bisognin

Revisão e aprovação: J. Rachelli, V. Bisognin

CONJUNTO DE DADOS DE PESQUISA

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo não está disponível publicamente.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

Os autores cedem à **Revemat** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](#) (CC BY) 4.0 International. Esta licença permite que **terceiros** remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os **autores** têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER

Universidade Federal de Santa Catarina. Grupo de Pesquisa em Epistemologia e Ensino de Matemática (GPEEM). Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

EDITOR

Mérciles Thadeu Moretti e Rosilene Beatriz Machado.

HISTÓRICO

Recebido em: 19-07-2019 – Aprovado em: 09-04-2020.

