

Construção de experimentos de baixo custo que podem auxiliar no estudo de vetores, plano bidimensional e tridimensional

Construction of low-cost experiments that can assist in the study of vectors, two-dimensional and three-dimensional planes

DOI:10.34117/bjdv7n11-048

Recebimento dos originais: 13/10/2021

Aceitação para publicação: 04/11/2021

Alberto Luiz Costa Losqui

Doutor em Física - alberto.losqui@ifsudestemg.edu.br

Damião de Sousa Vieira Junior

Doutor em Física - damiao.vieira@ifsudestemg.edu.br

Marcos Junior da Silva

Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Meio Ambiente (Completo) -

marcoszza9@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais

Campus Rio Pomba

Av. Dr. José Sebastião da Paixão - Lindo Vale, Rio Pomba - MG, 36180-000

RESUMO

Uma das grandes dificuldades no ensino de Física, seja no Ensino Médio ou no Ensino Superior, está associada ao estudo de alguns temas, como por exemplo: vetores, plano bidimensional e tridimensional. Parte dessa dificuldade pode ser explicada pela falta de material didático e experimentos que possam complementar as aulas tradicionais. Este trabalho apresenta um relato com base na construção, apresentação e discussão em sala de aula, para 05 turmas do Ensino Médio e 01 turma do Ensino Superior, de dois experimentos simples, combinados com dois questionários, aplicados antes e depois da apresentação dos experimentos. A análise dos dados, fornecidos pelo questionário, sugere que a maioria dos estudantes possui dificuldade ao estudar algum dos temas citados, sendo o tema planos tridimensionais, o tema de maior dificuldade, seguido pelo estudo de vetores. O uso de experimentos, como material didático complementar às aulas, ajuda na contextualização das ferramentas matemáticas discutidas nas aulas de Física e Matemática, contribuindo para uma melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentos, Plano-tridimensional, Plano-bidimensional, Vetores.

ABSTRACT

One of the great difficulties in teaching physics, whether in high school or in higher education is associated with the study of some themes, such as: vectors, two-dimensional and three-dimensional planes. Part of this difficulty can be explained by the lack of didactic material and experiments that can complement traditional classes. This paper presents a report based on the construction, presentation and discussion in the classroom,

for 05 high school classes and 01 higher education class of two simple experiments, combined with two questionnaires, applied before and after the presentation of the experiments. The analysis of the data provided by the questionnaire suggests that most students have difficulty studying any of the aforementioned themes, with the three-dimensional plane being the most difficult theme, followed by the study of vectors. The use of experiments, as complementary teaching material classes, helps to contextualize the mathematical tools discussed in Physics and Mathematics classes, contributing to an improvement in the teaching-learning process.

Keywords: Teaching Physics, Experiments, Three-dimensional Plane, Two-dimensional Plane, Vectors.

1 INTRODUÇÃO

É possível observar uma significativa dificuldade de aprendizagem nas disciplinas básicas de Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias, principalmente em Física e Matemática, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior. Essa dificuldade, às vezes, está associada aos mecanismos que o aluno usa ou possui para fazer a ligação/conexão entre as ferramentas matemáticas (que às vezes não é tão visível e palpável) e o mundo prático que ele vive; tornando o ensino mecânico, baseado apenas no uso de expressões matemáticas, leis, princípios e conceitos isolados (ANJOS, SAHELICES E MOREIRA, 2017). Alguns conteúdos de Física são trabalhados com ênfase nas fórmulas matemáticas, de forma isolada e sem contextualização, deixando os conceitos e significados à margem, prejudicando a formação do conhecimento (ANJOS, SAHELICES E MOREIRA, 2017); (SHERIN, 2001); (PIETROCOLA, 2002); (MOREIRA E PINTO, 2003); (MOREIRA E KREY, 2006). Novos estudos, novas metodologias, abordagens e propostas de ensino surgem como alternativa ao ensino/aula tradicional conforme mostrado nos trabalhos (BARROS *et al*, 2004); (ARAUJO E MAZUR, 2013); (OLIVEIRA, VEIT E ARAUJO, 2015); (SASAKI E JESUS, 2017); (OLIVEIRA E PAIXÃO, 2017); (PARREIRA, 2018); (COSTA E BATISTA, 2020).

Um dos conteúdos ou temas de grande dificuldade para os estudantes, seja no Ensino Médio ou no Ensino Superior, está relacionado ao estudo de vetores, planos bidimensionais e tridimensionais, onde as conexões entre as ferramentas matemáticas e os problemas diários se tornam mais complexos. Nessa fase de aprendizado, é importante que professor forneça ferramentas ao aluno, para que ele possa desenvolver o pensamento geométrico espacial, aprimorar o processo cognitivo em conceitos geométricos básicos e melhorar a relação ensino-aprendizagem no campo da Física e da Matemática.

É possível perceber que parte da dificuldade de aprendizagem pode ser justificada pela ausência de laboratórios didáticos e atividades práticas, Silva e Leal (2017). Em contrapartida, estamos vivenciando no processo de ensino, uma ampliação de recursos digitais e tecnológicos que podem ser usados em sala de aula como recursos didáticos, Palácio et al (2014); Vieira, Lara e Amaral (2014); Kielt, Silva e Miquelin (2017); Jesus e Sasaki (2016); Lunazzi *et al* (2019). Perante essa realidade, torna-se necessário a conexão entre as aulas tradicionais, as atividades experimentais e os recursos tecnológicos disponíveis como alternativas à melhoria da relação ensino-aprendizagem.

Este trabalho apresenta um relato, com base na construção, apresentação e discussão em sala de aula de dois experimentos simples, para tentar facilitar o aprendizado no estudo de vetores, planos bidimensionais e tridimensionais. A ideia é que os experimentos didáticos possam servir de guias e material palpável para o estudante, colocando em prática, aplicando e contextualizando as ferramentas matemáticas discutidas nas aulas de Física e Matemática, promovendo diretamente a interação entre essas disciplinas e o mundo cotidiano.

2 METODOLOGIA

A metodologia proposta neste trabalho consiste na construção, apresentação e discussão em sala de aula de dois experimentos simples, baseados em temas relacionados ao estudo de vetores, planos bidimensionais e tridimensionais; que são temas de grande dificuldade para os estudantes, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior.

Os temas de estudo que envolvem os conhecimentos sobre vetores, planos bidimensionais e tridimensionais, serão tratados da seguinte forma: i) tema I – Vetores (identificar e/ou calcular: módulo, direção, sentido e decomposição de vetores); ii) tema II – Planos bidimensionais (identificar e/ou calcular: os eixos de coordenadas, área de um objeto) e; iii) tema III – Planos tridimensionais (identificar e/ou calcular: os eixos de coordenadas, volume de um objeto).

A escolha de qual experimento será executado, como construir e qual material utilizar, seguiu algumas premissas: atender os conteúdos abordados nos temas I, II e III apresentados; a disponibilidade de material no Laboratório de Física e; a disponibilidade de material no entorno do nosso Campus Rio Pomba, localizado na cidade de Rio Pomba, Minas Gerais, que faz parte do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais.

Para revisar, estudar e entender melhor os temas I, II e III propostos neste trabalho, foram considerados como material de apoio e pesquisa frequente as referências: Doca,

Biscuola e Bôas (2016); Guimarães, Piqueira e Carron (2016); Halliday, Resnick e Walker (2012); Máximo, Alvarenga e Guimarães (2016); Steinbruch e Winterle (1995) e Tipler e Mosca (2009).

Para complementar a ação dos experimentos, foi aplicado um questionário, que servirá de guia para uma percepção qualitativa sobre a dificuldade dos estudantes com relação aos temas I, II e III e, como o uso de material didático auxiliar (experimento) pode contribuir para facilitar esse estudo e aprendizado.

O ensaio deste trabalho inclui a apresentação e discussão de dois experimentos e dois questionários, baseado em uma aula de 50 minutos de duração, com a seguinte distribuição cronológica:

1ª etapa: Antes de apresentar o experimento, preenchimento pelos estudantes de um questionário, denominado Questionário 1. Duração de 05 minutos.

2ª etapa: Apresentação e discussão do primeiro experimento. Duração de 20 minutos.

3ª etapa: Apresentação e discussão do segundo experimento. Duração de 20 minutos.

4ª etapa: Após apresentar o experimento, preenchimento pelos estudantes de um questionário, denominado Questionário 2. Duração de 05 minutos.

Na 1ª etapa, antes da apresentação do experimento foi entregue aos estudantes um questionário, denominado Questionário 1, para conhecer a situação atual do estudante e entender de forma qualitativa qual o seu grau de dificuldade ao estudar os temas propostos nesse trabalho. O Questionário 1 é apresentado a seguir no Quadro 1. Os estudantes tiveram 05 minutos para responder ao Questionário 1 e avançamos para a etapa de apresentação do experimento.

Quadro 1: Questionário 1, aplicado antes da apresentação dos experimentos.

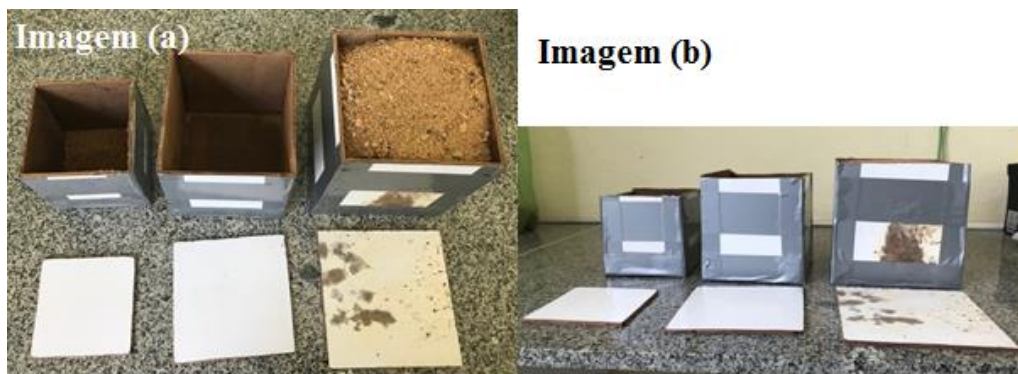
Questionário 1

Responder o questionário com base nos temas de estudo a seguir (I, II e III): I – Vetores (identificar e/ou calcular: módulo, direção, sentido e decomposição de vetores). II – Planos bidimensionais (identificar e/ou calcular: os eixos de coordenadas, área de um objeto). III – Planos tridimensionais (identificar e/ou calcular: os eixos de coordenadas, volume de um objeto).
1) Você já teve ou possui alguma dificuldade ao estudar qualquer um dos temas (I, II e III)? a) Sim b) Não
2) Em qual dos temas (I, II ou III) é possível identificar um maior nível de dificuldade ao estudar? a) I b) II c) III d) Todos possuem o mesmo grau de dificuldade e) Nenhum
3) O uso de material didático auxiliar, como o uso de experimentos/equipamentos poderia ajudar ou facilitar o estudo de algum desses temas? a) Sim b) Não

O primeiro experimento construído, apresentado na 2ª etapa, é um conjunto de cubos feitos em madeira (chapas de compensados reciclados) e fita adesiva (silver-tape), usados para exemplificar e explicar: grandeza unidimensional (comprimento), bidimensional (área) e tridimensional (volume). Uma foto ilustrativa dos cubos de madeira, são mostrados na Figura 1. A opção de iniciar a apresentação dos experimentos pelos cubos de madeira é devido a familiaridade do estudante com objetos tridimensionais em sua vida cotidiana, como por exemplo, caixa de chocolate, caixa de leite, livros, recipientes domésticos e de uso geral, etc.

Durante a construção, para realizar as medidas das arestas dos cubos, foi usada uma régua metálica graduada em milímetros, fornecendo as seguintes informações: a) cubo menor, aresta de 100,0 mm; b) cubo intermediário, aresta de 126,0 mm; e c) cubo maior, aresta de 144,0 mm; considerando a incerteza padrão na medida, como a metade da menor divisão da escala: 0,5 mm (VUOLO, 1996).

Figura 1: À esquerda, Imagem (a), uma foto ilustrativa com vista superior dos cubos de madeira reciclada. As arestas dos cubos são, respectivamente, 100,0 mm; 126,0 mm e 144,0 mm. À direita, Imagem (b), uma foto ilustrativa, com vista lateral dos cubos de madeira reciclada.



Na 2ª etapa, a apresentação e discussão desse experimento levou em torno de 20 minutos, sendo abordadas com os estudantes as grandezas: comprimento, área e volume. Antes que os estudantes pudessem realizar qualquer medida nos cubos, eles foram instigados a “adivinhar” o volume de cada cubo individualmente somente com o contato visual. Após esse momento, os cubos foram entregues aos estudantes para que fizessem medidas das arestas, usando uma régua de plástico simples, durante a aula, os estudantes mediram a aresta (o comprimento) e conseguiram calcular a área de uma das faces do cubo e posteriormente o volume do cubo. Com esse experimento simples foi possível introduzir os estudantes nos temas II (planos bidimensionais, identificar e calcular área de um objeto) e III (planos tridimensionais identificar e calcular volume de um objeto). Caso o tempo destinado a essa etapa seja superior a 20 minutos, uma sugestão é complementar a discussão abordando sobre sistema de unidades, conversão de unidades e Algarismos significativos e, caso o tempo destinado a essa etapa seja inferior a 20 minutos, recomenda-se dividir a apresentação em dois momentos ou trabalhar apenas com um cubo (no máximo dois).

O segundo experimento construído, apresentado na 3ª etapa, foi um eixo de coordenadas tridimensional, para complementar a aplicação da noção de comprimento (unidimensional), área (bidimensional), volume (tridimensional), identificar os eixos de coordenadas e estudo de vetores. As fotos ilustrativas desse experimento são mostradas na Figura 2, Figura 3 e Figura 4.

O eixo de coordenadas foi construído usando restos de vergalhão de aço (utilizados em obras e construção), fita métrica flexível (usada em malharias e costura de tecidos em geral) para criar uma escala nos eixos de coordenadas (nesse caso, 26 cm) e transferidor plástico para indicar o ângulo entre os eixos de coordenadas. Para representar o vetor “modelo/padrão”, foi usado um vergalhão de escala 24 cm, que pode representar qualquer grandeza vetorial, como força, velocidade, etc. Cada eixo de coordenada foi

colocado em uma cor diferente para facilitar a visualização, identificação e posição ocupada pelos eixos x , y e z .

Figura 2: Foto ilustrativa do sistema de coordenadas tridimensional. Cada eixo de coordenada possui uma cor diferente. Cada eixo possui o tamanho de 26 cm para o lado positivo e 26 cm para o lado negativo.

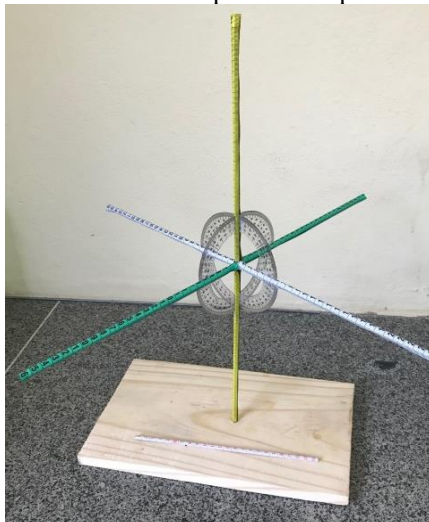


Figura 3: Foto ilustrativa mostrando o ângulo de 90° entre os eixos de coordenadas.

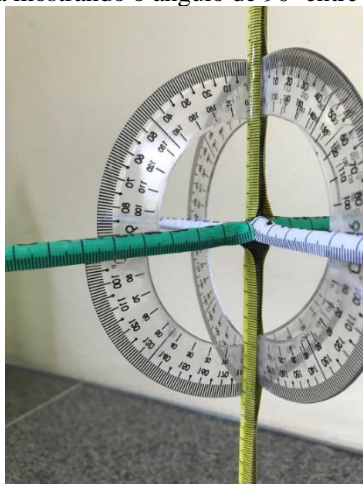


Figura 4: Foto ilustrativa, mostrando o tamanho (módulo) do vetor “modelo/padrão” usado nos ensaios (apresentação). O tamanho do objeto é de 24 cm.



Na 3ª etapa, a apresentação e discussão desse experimento levou em torno de 20 minutos, sendo abordado com os estudantes os eixos de coordenadas x , y e z , plano

unidimensional, bidimensional e tridimensional e, a decomposição de um vetor. Os estudantes tiveram contato visual e físico com um sistema de coordenadas, permitindo identificar com maior facilidade a orientação de um eixo positivo e negativo, medir o ângulo de 90° entre os eixos com a ajuda do transferidor, visualizar e tocar em um “vetor” de módulo 24 cm. Foi pedido aos estudantes que inicialmente averiguassem o experimento construído e confirmassem todas as medidas e ângulos, usando uma régua e um transferidor. Após essa verificação, foi solicitado aos estudantes que associassem uma grandeza vetorial qualquer ao nosso “vetor modelo” e escolhessem um ângulo que esse vetor faria com um sistema de coordenadas bidimensional (x e y , por exemplo); com esses dados os estudantes visualizaram e marcaram no experimento as respectivas componentes em x e y do vetor e , calculando a seguir essas componentes para comparar os resultados. Neste experimento simples é possível abordar os temas I, II e III de forma mais concreta, com apelo visual e contato físico direto dos estudantes. Devido ao tempo de 20 minutos para apresentação e discussão, somente foi feita a decomposição de vetores bidimensionais, além disso, com um tempo maior disponível seria possível unir os dois experimentos para ampliar a discussão sobre geometria espacial.

Após a apresentação dos experimentos (cubo de madeira e sistemas de eixos), foi entregue aos estudantes um outro questionário, denominado Questionário 2, para entender de forma qualitativa o alcance real dos experimentos no processo ensino-aprendizagem. O Questionário 2 é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Questionário 2, aplicado após a apresentação dos experimentos.

Questionário 2

Responder o questionário com base nos temas de estudo a seguir (I, II e III):

I – Vetores (identificar e/ou calcular: módulo, direção, sentido e decomposição de vetores).
II – Planos bidimensionais (identificar e/ou calcular: os eixos de coordenadas, área de um objeto).
III – Planos tridimensionais (identificar e/ou calcular: os eixos de coordenadas, volume de um objeto).
1) O uso de um material didático auxiliar (experimentos/equipamentos) ajudou ou facilitou o estudo de algum dos temas? a) Sim b) Não
2) Após o uso de um material didático auxiliar (experimentos/equipamentos) é possível identificar algum tema que ainda possui um maior nível de dificuldade ao estudar? a) I b) II c) III d) Todos possuem o mesmo grau de dificuldade e) Nenhum
3) O uso de um material didático auxiliar (experimentos/equipamentos) deveria ser usado como complemento nas aulas teóricas? a) Sim b) Não
4) Uma disciplina de laboratório, com uso de experimentos/equipamentos, ligando as aulas teóricas com o mundo prático (cotidiano, dia-dia) poderia facilitar o estudo de temas rotineiros ou mais complexos? a) Sim b) Não

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os experimentos construídos foram apresentados e discutidos entre os estudantes que cursavam a disciplina de Física I, do 1º ano do Ensino Médio, na modalidade Técnico Integrado em: Agropecuária, Alimentos, Meio Ambiente, Informática e Zootecnia; e para estudantes do Ensino Superior em Ciência da Computação do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – Campus Rio Pomba, totalizando 167 estudantes. Para não levar em consideração os cursos, as turmas foram renomeadas de forma aleatória em grupos: I, II, III, IV, V, VI e TOTAL (número total de estudantes).

O resultado dos questionários, dados em porcentagem do número de estudantes para cada grupo (I, II, III, IV, V, VI e TOTAL) são apresentados a seguir, na Tabela (Questionário 1, antes de apresentar os experimentos) e Tabela (Questionário 2, depois de apresentar os experimentos). Um gráfico em forma de barras comparando as respostas (em porcentagem) do questionário, Antes (A) e Depois (D) da apresentação dos experimentos para o grupo TOTAL, com 167 estudantes é fornecido na Figura 5.

Tabela 1: Porcentagem das respostas obtidas a partir do Questionário 1 (antes da apresentação dos experimentos) em relação aos grupos (I, II, III, IV, V e TOTAL) e a quantidade de estudantes em cada grupo.

QUESTIONÁRIO 1: ANTES DO EXPERIMENTO - PORCENTAGEM DAS RESPOSTAS

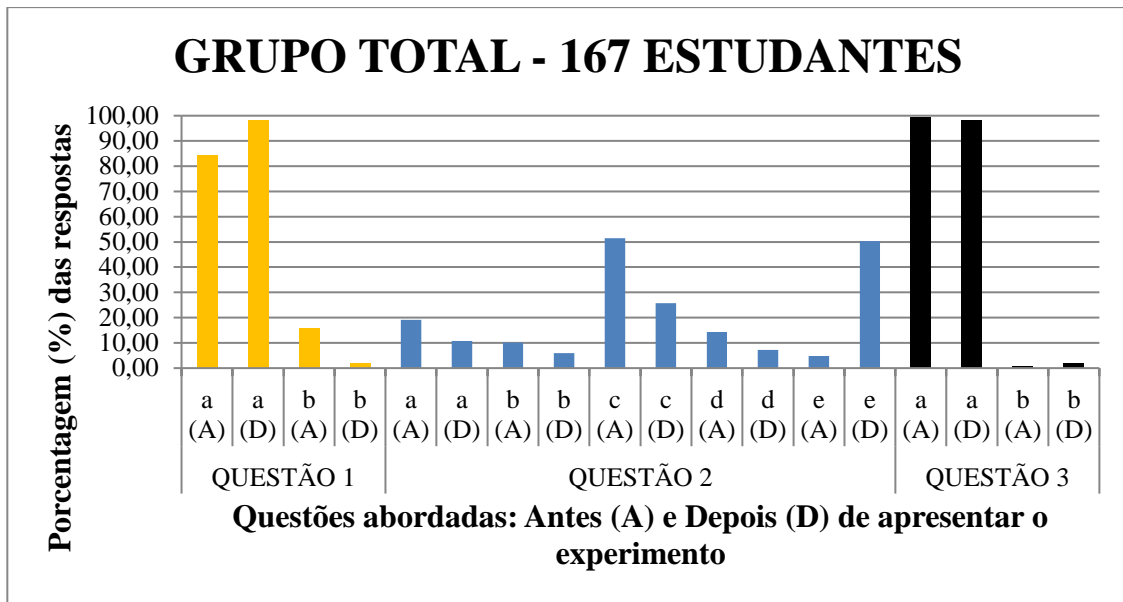
Grupos	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	
Número de estudantes	26,00	29,00	23,00	19,00	31,00	39,00	167,00	
	%	%	%	%	%	%	%	
QUESTÃO 1	a	88,46	89,66	91,30	73,68	77,42	84,62	84,43
	b	11,54	10,34	8,70	26,32	22,58	15,38	15,57
QUESTÃO 2	a	11,54	10,34	26,09	31,58	12,90	25,64	19,16
	b	7,69	17,24	13,04	5,26	3,23	12,82	10,18
	c	69,23	68,97	39,13	52,63	54,84	30,77	51,50
	d	11,54	3,45	17,39	5,26	22,58	20,51	14,37
	e	0,00	0,00	4,35	5,26	6,45	10,26	4,79
QUESTÃO 3	a	100,00	96,55	100,00	100,00	100,00	100,00	99,40
	b	0,00	3,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60

Tabela 2: Porcentagem das respostas obtidas a partir do Questionário2 (depois da apresentação dos experimentos) em relação aos grupos (I, II, III, IV, V e TOTAL) e a quantidade de estudantes em cada grupo.

QUESTINÁRIO 2: DEPOIS DO EXPERIMENTO - PORCENTAGEM DAS RESPOSTAS

Grupos	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	
Número de estudantes	26,00	29,00	23,00	19,00	31,00	39,00	167,00	
	%	%	%	%	%	%	%	
QUESTÃO 1	a	100,00	93,10	100,00	100,00	100,00	97,44	98,20
	b	0,00	6,90	0,00	0,00	0,00	2,56	1,80
QUESTÃO 2	a	7,69	13,79	17,39	5,26	9,68	10,26	10,78
	b	3,85	0,00	0,00	26,32	6,45	5,13	5,99
	c	23,08	41,38	26,09	21,05	12,90	28,21	25,75
	d	3,85	3,45	8,70	0,00	6,45	15,38	7,19
	e	61,54	41,38	47,83	47,37	64,52	41,03	50,30
QUESTÃO 3	a	96,15	96,55	95,65	100,00	100,00	100,00	98,20
	b	3,85	3,45	4,35	0,00	0,00	0,00	1,80
QUESTÃO 4	a	96,15	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,40
	b	3,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60

Figura 5: Gráfico em forma de barras comparando as repostas do questionário, Antes (A) e Depois (D) da apresentação dos experimentos para o grupo TOTAL, com 167 estudantes.



Analisando os dados fornecidos na Tabela , Tabela e Figura 5; é possível fazer algumas observações qualitativas em relação a existência ou não de dificuldade dos estudantes ao estudar os temas propostos neste trabalho e se o uso de experimentos estão sendo efetivos no processo ensino-aprendizagem.

Em relação à questão 1: Antes da apresentação e discussão dos experimentos, podemos observar que 84,43% dos estudantes no grupo TOTAL possuem dificuldade ao estudar algum dos temas propostos no trabalho e, todas as turmas, independente do curso, apresentam essa dificuldade. Depois da apresentação e discussão dos experimentos, 98,20% dos estudantes no grupo TOTAL relataram que o experimento ajudou no estudo dos temas, o que também pode ser observado por cada curso individualmente.

Em relação à questão 2: Antes da apresentação dos experimentos, podemos observar que 51,50% dos estudantes no grupo TOTAL possuem dificuldade ao estudar o tema III (planos tridimensionais), seguido pelo tema I (vetores) com 19,16%. Depois da apresentação e discussão dos experimentos, a porcentagem no tema III caiu para 25,75% e no tema I caiu para 10,71% dos estudantes no grupo TOTAL e; 50,30% dos estudantes no grupo TOTAL relatam não possuir mais dificuldade nos temas propostos.

Em relação à questão 3: Antes da apresentação dos experimentos, podemos observar que 99,40% dos estudantes no grupo TOTAL relatam que o uso de experimentos poderia ajudar no estudo de algum dos temas propostos. Depois da apresentação dos experimentos, 98,20% dos estudantes no grupo TOTAL, relatam que deveriam ser usados

experimentos como complemento às aulas teóricas, confirmando a eficácia dos experimentos como material complementar.

Em relação à questão 4: Podemos observar que 99,40% dos estudantes do grupo TOTAL concordam com uma proposta de uma disciplina de laboratório, que possa conectar as aulas teóricas com estudos de temas mais complexos e/ou temas de rotina.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que independente do curso, seja no Ensino Médio, na modalidade Técnico Integrado ou no Ensino Superior, os estudantes possuem dificuldades e estão carregando essas dificuldades ao longo da caminhada acadêmica, o que está interferindo na melhoria e boa qualidade de seu processo ensino-aprendizagem.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados apresentados neste trabalho é possível confirmar que existe uma dificuldade de estudo principalmente no tema que envolve plano tridimensional, seguido pelo estudo de vetores. Talvez seja natural essa dificuldade, pois esses temas exigem um maior desenvolvimento cognitivo na área de geometria espacial, onde nem sempre a conexão entre as ferramentas matemáticas, o mundo científico e o mundo cotidiano são feitas de forma satisfatória.

Também foi possível observar que o uso do experimento contribuiu para amenizar a dificuldade ao estudar os temas e existe a necessidade de incorporar esses experimentos nas aulas diárias, como complemento as aulas teóricas. Os dados coletados nesse trabalho sugerem que uma disciplina de laboratório, além da disciplina teórica tradicional, seria uma alternativa para conectar a parte teórica e experimental. Entendendo que nem sempre é fácil fazer essa implementação na prática, já que é um processo que pode envolver reformulações em projetos pedagógicos, demanda de carga horária e docentes disponíveis.

A análise dos dados obtidos nesse trabalho, oriundos da combinação entre o uso de experimentos nas aulas e a aplicação de um questionário específico de forma qualitativa, servirá de guia para trabalhos futuros no ensino de Física, contribuindo para uma melhor relação ensino-aprendizagem entre professor e aluno, proporcionando um elo, uma conexão entre o mundo científico e o mundo cotidiano, tornando o ensino menos mecânico e reconhecendo a necessidade de ações continuadas para proporcionar uma melhor relação de ensino-aprendizagem para o estudante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Rio Pomba, pela infraestrutura material e pessoal.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, A. J. S.; SAHELICES C. C.; MOREIRA, M. A. A matemática nos processos de ensino e aprendizagem em física: funções e equações no estudo da quantidade de movimento e sua conservação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 673-696, dez. 2017.
- ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta de engajamento dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-384, ago. 2013.
- BARROS J. A.; REMOLD J.; SILVA, G. S. F.; TAGLIATI J. R. Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 63-69, 2004.
- COSTA, M.; BATISTA, I. L. Abordagem histórico-didática para o ensino da Teoria Eletrofraca utilizando simulações computacionais de experimentos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 242-262, abr. 2020.
- DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Física 1 – Mecânica**. 3ª edição, São Paulo, Editora Saraiva, 2016. 402 p. volume 1.
- GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física – Mecânica**. 2ª edição, São Paulo, Editora Ática, 2016. 404 p. volume 1.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física – Mecânica**. Tradução e Revisão técnica: Ronaldo Sérgio de Biasi. 9ª edição, Rio de Janeiro, Editora LTC, 2012. 356 p. volume 1.
- JESUS, V. L. B.; SASAKI, D. G. G. Uma visão diferenciada sobre o ensino de forças impulsivas usando um smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 1303, 2016.
- KIELT, E. D.; SILVA, S. C. R.; MIQUELIN, A. F. Implementação de um aplicativo para smartphones como sistema de votação em aulas de Física com Peer Instruction. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, e4405, 2017.
- LUNAZZI, J. J.; PRADO G. F.; CARVALHO C. B. F.; RODRIGUES G. S.; PEIXOTO, L. A. N.; OSSAKA, T. S.C.; SOUZA, W. A. 3D para celular: revivendo um vídeo, e fazendo um estereoscópio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 2, e20180178, 2019.
- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GUIMARÃES, C. **Física – Contexto e Aplicações**. 2ª edição, São Paulo, Editora Scipione, 2016. 368 p. volume 1.
- MOREIRA, M. A.; KREY, I. Dificuldades dos estudantes na aprendizagem da lei de Gauss em nível de Física Geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 353-360, 2006.

MOREIRA, M. A.; PINTO, A. O. Dificuldades dos estudantes na aprendizagem da Lei de Ampère, à luz da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 317-324, set. 2003.

OLIVEIRA, F.; PAIXÃO, J. A. Atividade experimental "hands-on" para o estudo das características de um gerador (pilha voltaica) e de um receptor (voltômetro) com material simples, de fácil acesso e baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, e1402, 2017.

OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 180-206, abr. 2015.

PALACIO J. C. C.; L Velazquez L.; Tejedor, J. A. G.; Francisco J. Manjón, F. J. Using a smartphone acceleration sensor to study uniform and uniformly accelerated circular motions. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 2315, 2014.

PARREIRA, J. E. Aplicação e avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa (tipo ISLE) em aulas de mecânica, em cursos de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 1, e1401, 2018.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.19, n.1, p.89-109, ago. 2002.

SASAKI, D. G. G.; JESUS, V. L. B. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos estudantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, e2403, 2017.

SHERIN, B. L. How students understand physics equations. **Cognition and Instruction. Lawrence Erlbaum Associates Inc.** v. 19, n. 4, p. 479-541, 2001.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, e1401, 2017.

STEINBRUCH, A.; WINTERLE, P. **Geometria Analítica**. 2ª edição, São Paulo, Editora Pearson, 1995. 304 p.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros – Mecânica, oscilações e Ondas, Termodinâmica**. Tradução e Revisão técnica: Paulo Machado Mors. 6ª edição, Rio de Janeiro, Editora LTC, 2009. 800 p. volume 1.

VIEIRA, L. P.; LARA, V. O. M.; AMARAL, D. F. Demonstração da lei do inverso do quadrado com o auxílio de um tablet/smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p.3505, 2014.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria de erros**. 2ª edição, São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1996. 250 p.