

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Cassiano Zolet Busatto

ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS PARA ESTUDO DA
DINÂMICA ROTACIONAL

Passo Fundo

2019

Cassiano Zolet Busatto

ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS PARA ESTUDO DA
DINÂMICA ROTACIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto de Ciências Exatas e Geociências, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, sob a orientação do professor Dr. Carlos Ariel Samudio Pérez.

Passo Fundo

2019

CIP – Catalogação na Publicação

B976e Busatto, Cassiano Zolet
Estratégias didáticas para estudo da dinâmica rotacional / Cassiano
Zolet Busatto. – 2019.
95 f. : il., color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Ariel Samudio Pérez.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) –
Universidade de Passo Fundo, 2019.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Dinâmica rotacional. 3. Ensino
Médio. I. Samudio Pérez, Carlos Ariel, orientador. II. Título.

CDU: 53

Catálogo: Bibliotecária Marciéli de Oliveira - CRB 10/2113

Cassiano Zolet Busatto

ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS PARA ESTUDO DA DINÂMICA ROTACIONAL

A banca examinadora abaixo APROVA, em 29 de março de 2019, a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial da exigência para obtenção de grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, na linha de pesquisa Fundamentos teórico-metodológicos para o ensino de Ciências e Matemática.

Dr. Carlos Ariel Samudio Pérez - Orientador
Universidade de Passo Fundo - UPF

Dr. Ítalo Gabriel Neide
Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa
Universidade de Passo Fundo - UPF

Dra. Aline Locatelli
Universidade de Passo Fundo - UPF

RESUMO

O presente estudo busca alternativas didáticas-metodológicas para a implementação de tópicos da Dinâmica Rotacional no ensino médio. A preocupação com o tema tem origem de experiências pessoais do pesquisador e, também, de dados obtidos de artigos e dissertações que indicaram a ausência da temática na educação básica. De acordo com essa percepção e, do entendimento de que a falta dessa temática implica uma visão limitada das três Leis de Newton, formulou-se a questão que norteia a investigação: Como o ensino por problematização, apoiado em diferentes ferramentas didáticas, contribui para o estudo da Dinâmica Rotacional? A fim de responder a esse questionamento, buscaram-se subsídios nas concepções construtivistas de educação, principalmente aqueles apoiados nas ideias de Laburu e Carvalho (2001), que sugerem um ensino repleto de diferentes ferramentas didáticas. A partir dessas escolhas, definiu-se como objetivo geral do estudo a avaliação de uma proposta didática para abordar tópicos de Dinâmica Rotacional no ensino médio. Visando o desenvolvimento do estudo, foi elaborado uma proposta que contenha diferentes ferramentas didáticas, como problematizações, recursos digitais e atividades experimentais. A pesquisa é definida como de abordagem qualitativa e participante, tendo como recursos para a produção dos dados os registros do professor/pesquisador, por meio de diário de bordo e questionários pré e pós-teste. Os materiais foram analisados utilizando o método de análise de conteúdo, proposto por Bardin (2004). Os resultados discutidos possibilitaram inferir que o uso de ferramentas diversificadas contribui no diálogo entre os integrantes do processo, na visualização de fenômenos abstratos, na aproximação de eventos pouco cotidianos e em uma visão mais ampla dos movimentos rotacionais. O produto educacional que acompanha o estudo refere-se a um conjunto de ferramentas didáticas que estão disponibilizadas na forma de material de apoio ao professor do ensino médio no site do programa e no portal EduCapes <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/432305>>.

Palavras-chave: Atividade Experimental. GIF. Problematização. Dinâmica de Rotação. Produto Educacional.

ABSTRACT

The present study seeks didactic-methodological alternatives for an implementation of Rotational Dynamics topics in high school. The concern with the subject has origin of personal experiences of the researcher and also of data obtained from articles and dissertations that indicated the absence of this thematic in the basic education. According to this perception, and from the understanding that the lack of this subject implies a limited view of Newton's three Laws, the question that guides the investigation was formulated: How does problem-based teaching, supported by different teaching tools, contribute to the study of Rotational Dynamics? In order to respond to this questioning, we sought subsidies in constructivist conceptions of education, especially those based on the ideas of Laburu and Carvalho (2001), which suggest a teaching full of different didactic tools. From these choices, it was defined a general objective of the study, the evaluation of a didactic proposal to approach topics of Rotational Dynamics in high school. Aiming to develop the study, a proposal was elaborated containing different didactic tools, such as problematizations, digital resources and experimental activities. The research is defined as a qualitative and participatory approach, having as resources for the production of the data the teacher / researcher records, through logbook and pre and post-test questionnaires. The materials were analyzed using the Content Analysis method, proposed by Bardin (2004). The discussed results allowed us to infer that the use of diversified tools contributes to the dialogue between the members of the process, the visualization of abstract phenomena, the approximation with uncommon events and a broader view of the rotational movements. The educational product accompanying the study refers to a set of didactic tools that are available in the form of teacher support material, on the program site and the EduCapes portal <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/432305>>.

Keywords: Experimental Activity. GIF. Problematization. Rotation dynamics. Educational product.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação das dissertações.....	17
Quadro 2 - Descrição dos encontros	49
Quadro 3 - Respostas dos estudantes para a Q1 do pré e pós-teste	68
Quadro 4 - Respostas dos estudantes para a Q2 do pré e pós-teste	70
Quadro 5 - Respostas dos estudantes para a Q3 do pré e pós-teste	72
Quadro 6 - Respostas dos estudantes para a Q4 do pré e pós-teste	75
Quadro 7 - Respostas dos estudantes para a Q5 do pré e pós-teste	77
Quadro 8 - Resultados gerais do Diário de bordo e do pré e pós-teste	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Momento Linear	38
Figura 2 - Projétil lançado ao bloco.....	39
Figura 3 - Representação do Momento Angular	39
Figura 4 - Regra da mão direita	40
Figura 5 - Aplicação de Torque na roda.....	41
Figura 6 - Representação do brinquedo <i>Spinner</i>	44
Figura 7 - Página: Momento de Inércia.....	47
Figura 8 - Página: Movimento de Precessão	47
Figura 9 - Página: Atividades Experimentais	48
Figura 10 - Página: Proposta Didática	49

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	9
1	ESTUDOS RELACIONADOS	16
1.1	Seleção das obras	16
1.2	As dissertações	18
<i>1.2.1</i>	<i>Dissertações de mestrados acadêmicos</i>	<i>18</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Dissertações de mestrados profissionais</i>	<i>18</i>
1.3	Consideração finais da revisão bibliográfica	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	O construtivismo	24
2.2	Problematizações iniciais no ensino de Física	26
2.3	Recursos digitais no ensino de Física	29
2.4	Atividades experimentais no ensino de Física	32
<i>2.4.1</i>	<i>Etapa pré-experimental</i>	<i>34</i>
<i>2.4.2</i>	<i>Etapa experimental</i>	<i>36</i>
<i>2.4.3</i>	<i>Etapa pós-experimental</i>	<i>36</i>
3	MOMENTO ANGULAR E SUA CONSERVAÇÃO	38
3.1	Momento Angular	38
3.2	Conservação do Momento Angular	41
4	PROPOSTA DIDÁTICA E SUA APLICAÇÃO	43
4.1	Sujeitos da pesquisa	43
4.2	Proposta didática	43
<i>4.2.1</i>	<i>Questionamentos iniciais</i>	<i>44</i>
<i>4.2.2</i>	<i>A abordagem do conteúdo</i>	<i>45</i>
<i>4.2.3</i>	<i>Atividades experimentais</i>	<i>45</i>
4.3	Produto educacional	46
4.4	Descrição dos encontros	49
<i>4.4.1</i>	<i>Primeiro encontro</i>	<i>49</i>
<i>4.4.2</i>	<i>Segundo encontro</i>	<i>50</i>
<i>4.4.3</i>	<i>Terceiro encontro</i>	<i>51</i>
<i>4.4.4</i>	<i>Quarto encontro</i>	<i>53</i>
<i>4.4.5</i>	<i>Quinto encontro</i>	<i>54</i>
5	ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS	58

5.1	Aspectos metodológicos	58
5.2	Análise dos dados	60
5.2.1	<i>Diário de Bordo</i>	60
5.2.1.1	Problematizações.....	60
5.2.1.2	Recursos Digitais	63
5.2.1.3	Atividades experimentais.....	65
5.2.2	<i>Pré e Pós-teste</i>	67
5.2.2.1	Velocidade Angular.....	67
5.2.2.2	Momento de Inércia.....	69
5.2.2.3	Torque.....	72
5.2.2.4	Momento Angular	74
5.2.2.5	Conservação do Momento Angular.....	76
5.2.3	<i>Síntese da análise dos dados</i>	79
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
	REFERÊNCIAS	84
	ANEXO A - Termo de autorização do curso de Física - UPF	88
	APÊNDICE A - Termo de consentimento livre e esclarecido	89
	APÊNDICE B - Exemplos de questionamentos iniciais	90
	APÊNDICE C - Atividade Experimental	92
	APÊNDICE D - Questionário Pré e Pós-teste	94

INTRODUÇÃO

As experiências nos moldam pessoal e profissionalmente, por meio delas, desenvolvemos conhecimentos que orientam nossos caminhos e que nos fazem ser o que somos. Fazer escolhas, viver experiências, buscar conhecimento, são aspectos que alimentam e fundamentam nosso ser. Por isso, nessa fase de identificar o problema de pesquisa que rege o presente estudo, torna-se relevante uma reflexão nos caminhos trilhados até a chegada deste momento, especialmente em vista às experiências vivenciadas e às escolhas realizadas. Essa retomada possibilita analisar as águas pelas quais naveguei e que orientam meu pensamento frente à identificação dos ensejos que levaram a definição do problema e objetivos do estudo em desenvolvimento.

Sempre tive um forte apego pela construção de equipamentos e pela Ciência. Desde muito jovem manuseava ferramentas e construía meus brinquedos. No período de escola, minha identificação com a área das exatas e, principalmente, com os conteúdos discutidos nas aulas de Ciências era nítido e cativante, em especial aqueles que podiam ser testados experimentalmente. Recordo-me das primeiras aulas de Ciências, ainda no ensino fundamental, e da forma como buscava compreender e transpor aqueles conhecimentos para as situações que vivenciava fora da escola. Ali, posso dizer, nascia o desejo de ser um cientista, que oportunamente se transformou em ser professor de Física.

A escolha pelo curso superior foi pautada pelas experiências que vivenciei na escola, mas sobretudo, pelas oportunizadas no contexto fora desse ambiente. Movido pela minha curiosidade e identificação com a área, optei por cursar engenharia, pois me fascinava desenvolver projetos, porém, ainda nos primeiros níveis, desviei-me para o curso de licenciatura em Física. Ao ingressar em um curso de Física, logo fui movido pelo sentimento de fazer Ciência e que aos poucos foi se revelando na vontade de ser professor. Já no quarto semestre do curso, em 2014, tive oportunidade de integrar o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), no qual permaneci até a conclusão da graduação, em 2016. Desde os primeiros contatos com a escola, tive a certeza de que minha opção por ser professor tinha sido acertada. As atividades na escola, a vivência com os estudantes e a oportunidade de desenvolver ações pedagógicas diferenciadas foram instigadoras e marcantes. O PIBID acentuou minha opção por seguir na carreira profissional, que hoje se consolida com a realização de um mestrado na área de ensino.

Somado a experiência no PIBID, também tive a oportunidade de realizar concomitantemente um estágio no Laboratório de Física da Universidade de Passo Fundo,

pertencente ao curso de Física. Nesse estágio, tive a liberdade de projetar e desenvolver equipamentos didáticos, que acabaram se tornando um dos aspectos significativos de minha formação acadêmica. Dentre os equipamentos projetados, um em especial acabou desencadeando o meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e, por consequência, constituiu o início da problemática que sustenta esta dissertação.

O equipamento desenvolvido e denominado de “giroscópio” teve como objetivo oportunizar a discussão da dinâmica das rotações com estudantes de diferentes graus de ensino. A sua construção, envolvendo materiais de fácil aquisição, foi apresentado no IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia (SINECT), realizado em Ponta Grossa no ano de 2016. Neste trabalho¹, além de sugerir uma proposta de construção, descrevo sobre conceitos físicos envolvidos no seu funcionamento.

A partir disso, busquei desenvolver uma proposta para sua abordagem didática no ensino médio (EM), o que configurou o TCC que apresentei ao final do ano de 2016. O trabalho² apresentado, por recomendação da banca examinadora, foi submetido ao periódico *Experiências em Ensino de Ciências*, publicado em 2018. Nessa proposta, vinculada especificamente a utilização do giroscópio no EM, sugeri sua abordagem fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Tais trabalhos podem ser considerados os propulsores da elaboração da problemática que fundamenta o estudo em desenvolvimento neste mestrado, uma vez que foram nas leituras que realizei, junto a dissertações da área que pude constatar a precária literatura do tópico dinâmica das rotações. A isso, agregava-se a experiência vivenciada no PIBID em que pude perceber as dificuldades de aprendizagem dos estudantes em relação a esse conteúdo. Esse conjunto de situações observadas durante minha graduação delinearam a busca por propor soluções e contribuir para amenizar as dificuldades de aprendizagem, visando buscar alternativas para qualificar o ensino de Física. Tais aspectos passo a refletir e discutir na sequência, apontando o problema de investigação que subsidia este estudo, bem como seus objetivos e escolhas metodológicas.

Para tanto, início por uma reflexão no ensino de Física, mencionando que dentre seus objetivos está o de possibilitar que os estudantes compreendam fenômenos em discussão e que circundam o mundo em que vivem. O foco está na superação e/ou aprimoramento dos

¹ BUSATTO, Cassiano Z; GIACOMELLI, Alisson C; PÉREZ, Carlos, A. S. Construção de um Giroscópio para o Estudo do Momento Angular e a Precessão. *Anais do V Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia*. UTFPR. Ponta Grossa.

² CORTEZ, Jucelino; BUSATTO, Cassiano Z. Uma proposta para o uso do giroscópio no estudo da conservação do momento angular. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 1, p. 108-121, 2018.

conhecimentos adquiridos pelo senso comum, promovendo a aquisição de elementos conceituais que permitam essa compreensão e sua consequente operacionalização nos aparatos tecnológicos. Porém, esses objetivos dificilmente conseguem ser alcançados com um ensino caracterizado por um perfil descontextualizado e fragmentado, que deixa nos estudantes a impressão de que a disciplina de Física é um conjunto de fórmulas sem significado, tendo como objetivo apenas a resolução de problemas em provas e vestibulares. Sobre isso, Chiquetto (2011, p. 3) menciona que “os estudantes não veem ali uma descrição do mundo e também não veem como tirar proveito daquilo. Pior ainda, a imensa maioria não consegue nem manipular as fórmulas, sentindo frustração e incompetência”.

A descontextualização e a fragmentação dos conteúdos são um dos problemas enfrentados no ensino de Física, entretanto, há outros como, por exemplo, a falta de professores especializados na área, carga horária reduzida para essa componente curricular e ausência de conteúdos mais próximos da vivência dos alunos e que sejam instigantes de suas curiosidades, como é o caso da Mecânica Rotacional. Sem querer aprofundar os itens mencionados, por fugir ao escopo do estudo, destaco a pouca presença de tópicos relacionados aos movimentos rotacionais, especificamente no EM. A importância da presença desse conteúdo é reforçada nos documentos nacionais vinculados à educação, como na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) e no Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio (PCN+) (BRASIL, 2002).

A BNCC (BRASIL, 2018) do ensino médio descreve, na área da ciência da natureza e suas tecnologias, a importância de desenvolver nos estudantes competência para que esses possam realizar “a avaliação de potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos” (BRASIL, 2018, p. 554). Nessa perspectiva, o documento sugere mobilizar estudos sobre o princípio de conservação de energia e da quantidade de movimento. Entretanto, não enfatiza, especificamente, se é momento linear ou angular, mas diante da evolução tecnológica, somos levados a acreditar que se referem as duas grandezas.

Enquanto o PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, sugere,

A Mecânica permite desenvolver competências para lidar com aspectos práticos, concretos, macroscópicos e mais facilmente perceptíveis, ao mesmo tempo em que propicia a compreensão de leis e princípios de regularidade, expressos nos princípios de conservação. Fornece, também, elementos para que os jovens tomem consciência da evolução tecnológica relacionada às formas de transporte ou do aumento da capacidade produtiva do ser humano (BRASIL, 2002, p. 17-18).

O descrito no PCN+ está alinhado com a percepção de que a mecânica oportuniza o desenvolvimento de habilidades para identificar, classificar e adequar formas para descrever situações reais, independentemente se forem translacionais ou rotacionais. O currículo de Física, assim como prevê os documentos nacionais, sugere que a partir da observação, análise e experimentação de situações concretas como quedas, colisões, jogos e movimentos de carros, torna-se necessário reconhecer a Conservação da Quantidade de Movimento Linear e a Conservação da Quantidade de Movimento Angular (CMA), e, por meio delas, as condições impostas aos movimentos (BRASIL, 2002).

Na concepção de Rubini, Kurtenbach e Silva (2005) a ausência da Dinâmica de Rotações implica uma visão limitada das três Leis de Newton, e acaba por ignorar várias situações físicas do cotidiano, que, por sua vez, poderiam motivar o interesse pela área científica. Salientam os autores, que a falta desses conteúdos no EM, acaba restringindo tais conhecimentos a uma pequena parcela da população, ou seja, aqueles que no seguimento desse nível de escolarização, optarem por realizar cursos vinculados à área de Física e afins.

De modo geral, e a partir da identificação de que tais conteúdos são importantes na formação dos jovens e integram as diretrizes nacionais, podemos citar dois fatores como prováveis justificativas para a ausência dessa temática no EM. Um deles é a falta do conteúdo nos livros didáticos e o outro fator é a dificuldade que os professores apresentam em relação à compreensão destes. No que se refere aos livros didáticos, e tomando como referência o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015, temos o trabalho de Costa (2015) que investigou a presença do conceito de CMA nos livros de Física. Segundo o autor, apenas duas obras que compõe o PNLD 2015 contemplaram o conteúdo de Momento Angular (MA) e sua conservação. Tal identificação é reveladora de que os livros didáticos têm dado pouca ênfase a essa temática e, com isso, dificultam a sua presença no contexto escolar.

Em relação aos professores, Silva (2012), ao realizar uma investigação sobre a abordagem de Torque e MA no EM, evidenciou, ao entrevistar um grupo de professores da educação básica, que um dos empecilhos para a falta dessas temáticas pode estar ligado à baixa qualidade com que geralmente esses conteúdos são abordados nos livros didáticos e também à dificuldade que próprios os educadores tiveram para compreendê-lo durante sua formação.

Tais estudos revelam que o tema está distante da sala de aula no EM e, ao mesmo tempo, aponta para a necessidade de promover situações didáticas que mostrem a aplicação

desses conteúdos na vida cotidiana dos estudantes, e que seja incentivadora da aprendizagem. Promover estratégias de ensino voltadas a favorecer a compreensão de conceitos tem se revelado um dos aspectos centrais dos estudos realizados nos programas de pós-graduação, especialmente nos mestrados profissionais da área de ensino. Tal identificação, somada aos problemas apresentados, reforça a intenção do estudo aqui abordado, que se situa na busca por desenvolver um material voltado a contemplar tópicos da Dinâmica Rotacional de modo a recorrer a diferentes estratégias didáticas.

Reforçando tal intenção, está a identificação de que, mesmo estudantes universitários envolvidos com estudos na área de Física, acabam relatando dificuldades na compreensão de fenômenos, como os observados no giroscópio. Percepção obtida a partir da demonstração do equipamento para colegas universitários, que revelaram dificuldades e apontaram que a presença de um dispositivo como o desenvolvido pode auxiliar na assimilação dos conceitos. Com o equipamento construído foi possível identificar pelas reações inesperadas e contra intuitiva dos colegas, que a presença de um dispositivo desperta neles o interesse para sua compreensão, ao mesmo tempo em que pode ser utilizado como elemento motivador ou instigador para o estudo do MA e sua conservação.

Neste momento, o problema de pesquisa começa a tomar forma e se definir na perspectiva de desenvolver estratégias didáticas para o estudo da Dinâmica Rotacional, com o interesse de analisar a viabilidade em termos de favorecedor da aprendizagem dos conceitos envolvidos. A temática escolhida enaltece a importância de buscar alternativas para preencher uma lacuna presente nos currículos do EM. É neste sentido que o estudo parte da necessidade de utilizar um conjunto didático apoiado no ensino por problematizações, cercado por ferramentas didáticas como as animações não interativas (*graphics interchange format – GIF*), vídeos e atividades experimentais (AE), que estão disponibilizados em *site* <<https://sites.google.com/view/dinarot>>.

As escolhas para a estruturação da sequência didática estão vinculadas à concepção de ensino defendida neste estudo, na qual, o aluno deve assumir seu papel de protagonista de sua aprendizagem, superando a visão presente no ensino tradicional de que sua função é relegada a de mero espectador. Essa concepção de cunho construtivista, na qual o aluno passa a ser o centro do processo, será objeto de discussão nos próximos capítulos, mas, faz-se necessária sua menção nesta etapa inicial por fundamentar as escolhas realizadas.

Neste sentido, a problematização assume realce, uma vez que oportuniza a participação dos alunos, provendo um movimento cognitivo que resgata conhecimentos anteriores, provoca a formulação de hipóteses e abre caminho para a abordagem do conteúdo

a ser ensinado. Partir de uma situação-problema, como defendido em um ensino por problematização, tem se revelado favorecedor da aprendizagem (DELIZOICOV, 2001; FRANCISCO JUNIOR, 2010) e oportuno de ser priorizado na sequência pretendida que envolve a utilização de ferramentas didáticas variadas.

A identificação da problemática mencionada neste texto, consubstanciada pela concepção de ensino defendida, confere como questionamento central a busca por resposta da seguinte pergunta: Como o ensino por problematização, apoiado em diferentes ferramentas didáticas, contribui para o estudo da Dinâmica Rotacional?

Para esboçar respostas a esse questionamento, traçamos como objetivo geral e norteador do estudo desenvolver uma proposta didática apoiada no pluralismo didático para abordar conteúdos de Dinâmica Rotacional no EM.

De forma mais específica, assumimos como objetivos:

- analisar estudos desenvolvidos na temática;
- elaborar, aplicar e avaliar uma proposta didática envolvendo diferentes recursos estratégicos;
- propor e avaliar o produto educacional, voltado a subsidiar as ações didáticas dos professores do EM.

Como *lôcus* de aplicação da sequência didática elaborada, e como forma de responder ao questionamento central do estudo, participou da pesquisa a turma do segundo nível do curso de licenciatura em Física da Universidade de Passo Fundo. São estudantes universitários, que não tiveram a oportunidade de aprender esses tópicos durante sua escolarização básica e que ainda não estudaram na instituição os conceitos aqui abordados.

A partir de tal identificação, explanamos a forma como o texto desta dissertação está organizada: O capítulo 1 é destinado a apresentar o estudo envolvendo a descrição de pesquisas e propostas didáticas associadas ao tema. O capítulo 2 tece uma reflexão sobre o construtivismo, enaltecendo a importância de valorizar a participação dos alunos como protagonistas de sua aprendizagem, bem como a necessidade de contemplar diferentes recursos estratégicos no ensino de Física. Além disso, o capítulo fundamenta a perspectiva de um ensino por problematização e discorre sobre as ferramentas didáticas selecionadas e que integram a sequência de ensino estruturada. O capítulo 3 está destinado a apresentar o conceito de MA e a conservação do MA, que fazem parte do produto educacional que acompanha esse trabalho. No capítulo 4 estão descritos os sujeitos participantes da pesquisa, a proposta didática, o produto educacional e a descrição dos encontros. O capítulo 5 é integralizado pelos elementos que constituem a pesquisa associada ao estudo e que, de forma

mais específica, subsidiaram a busca por responder ao questionamento central do estudo. Também, cabe destacar que neste capítulo são mencionados o tipo de pesquisa e os instrumentos utilizados no estudo. Ao final do texto, são relatadas as considerações finais do estudo.

1 ESTUDOS RELACIONADOS

O presente capítulo tem por objetivo apresentar os resultados de uma investigação realizada em dissertações de mestrado da Área de Ensino, mais especificadamente, em estudos relacionados aos movimentos rotacionais. A investigação tem o intuito de identificar como estão sendo propostas as abordagens didáticas ao estudo dos tópicos mencionados, além de identificar possíveis lacunas que necessitam de complementação, sendo na forma de materiais didáticos para o EM.

1.1 Seleção das obras

Com o objetivo de analisar a produção científica sobre tópicos dos movimentos rotacionais, na área de Ensino de Física, a pesquisa visa identificar os recursos didáticos produzidos, permitindo, a contribuição com a elaboração de novos materiais destinados a subsidiar o planejamento pedagógico do professor. A partir disso, realizamos uma revisão bibliográfica no Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)³ e na plataforma do Google Acadêmico⁴. A busca adotou como descritores os termos “Dinâmica Rotacional”, “Momento Angular”, “Conservação do Momento Angular”, “movimento rotacional”, “movimento circular”, “cinemática rotacional”. A pesquisa ocorreu nos títulos, palavras-chave e resumo; quando necessário, procedemos à leitura do texto completo.

Para compor a revisão bibliográfica deste trabalho, selecionamos dissertações na área de Ensino de Física e que estivessem relacionadas a abordagens didáticas ou investigações dos movimentos rotacionais, devendo ainda, estar em língua portuguesa e com publicação entre os anos de 2000 a 2017. Optou-se por dissertações, pois a maioria dos artigos encontrados estavam relacionadas a elas. Na plataforma Google Acadêmico, foram apontadas 535 ocorrências, e no portal de Banco de Teses e Dissertações da Capes obtivemos geradas 247 ocorrências. Tais estudos após analisados possibilitam identificar oito dissertações que atenderam os critérios estabelecidos, cuja análise passamos a discutir na sequência.

Essas dissertações foram classificadas entre aquelas que compunham programas acadêmicos e profissionais, pois estes, apesar de estarem na mesma área (ensino), possuem

³ Sistema de busca bibliográfica, que institui a divulgação digital das teses e dissertações produzidas pelos programas de doutorado e mestrados.

⁴ É uma ferramenta de pesquisa do Google que permite pesquisar trabalhos acadêmicos, literatura escolar, jornais de universidades e artigos variados.

características diferentes, como por exemplo, para mestrados profissionais é obrigatória a elaboração de um produto educacional, enquanto para mestrados acadêmicos é opcional. Em seguida, foi analisado:

- os conteúdos abordados;
- os tópicos referentes aos movimentos rotacionais (conteúdo);
- o nível de escolarização para que estava sendo destinada o produto educacional ou os resultados da pesquisa;
- as estratégias didáticas utilizadas pelos autores para a abordagem dos temas em estudo.

Durante a realização deste trabalho, tentamos manter uma busca organizada, precisa e concisa, com o intuito de conseguir um alicerçado embasamento teórico referente ao assunto, apesar da reduzida literatura publicada sobre o tema na área de Ensino de Física. Os resultados encontrados nas buscas podem ser observados no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 - Relação das dissertações

Tipo de programa	Autor	Conteúdo	Nível de escolarização	Estratégia de Ensino
Mestrado Acadêmico	Silva (2012)	Momento Angular Torque	ensino médio	
Mestrado profissional	Azevedo (2015)	Centro de Massa Velocidade Angular Momento de Inércia Torque Momento Angular	ensino médio	Atividade experimental
	Costa (2015)	Momento Angular	ensino médio	Atividade experimental
	Barbosa (2016)	Energia de Rotação Momento Angular	ensino médio	Análise de vídeo de atividades experimentais
	Moraes (2010)	Momento Angular, Momento de Inércia Velocidade Angular	ensino médio	Comparação entre grandezas; atividades experimentais, vídeos; simulações.
	Krummenauer (2009)	Período Frequência Velocidade Linear Velocidade Angular Aceleração Centrípeta Força Tangencial Força Centrípeta	ensino médio (EJA)	Atividade experimental; apresentação de trabalho; aulas expositivas; resolução de exercícios; mapas conceituais
	Fonseca (2015)	Momento Angular Torque Precessão Velocidade Angular	ensino superior	Laboratório virtual

Fonte: pesquisa, 2018.

1.2 As dissertações

Na sequência do texto, apresentamos uma análise dos respectivos trabalhos selecionados, com o intuito de identificar seus objetivos, suas metodologias, seus dados e suas conclusões finais.

1.2.1 Dissertações de mestrados acadêmicos

A obra de Silva (2012) teve por objetivo investigar a prática dos professores de Física quanto aos temas, MA e Torque, além disso, identificar as dificuldades que os professores enfrentam na abordagem do tema no EM. A pesquisa foi realizada a partir da análise das respostas de professores do EM de Maringá e região, a um questionário (contendo 11 questões abertas) acerca do assunto. Participaram da pesquisa 19 professores, sendo que apenas dois terços desse grupo possuíam formação em licenciatura em Física. A metodologia da pesquisa e sua análise foram de natureza qualitativa.

Para cada resposta dos professores no questionário, a pesquisadora formou entre duas ou três categorias, e, ao final, realizou uma breve conclusão antes das considerações finais do estudo. Diante disso, nos dedicamos em analisar as questões que envolviam diretamente os tópicos de MA e Torque. Percebemos, então, o fato de que um grande percentual dos professores que tiveram em sua formação a abordagem do tema, o consideram complexo devido à forma com que são abordados durante o curso. Outro fator importante diz respeito à falta de livros didáticos que abordem os temas e o façam com qualidade, dificultando que professores tenham condições de trabalhar os conteúdos em sala de aula, uma vez que, ao estudar por esses livros os docentes não se acham aptos a explicar sobre o tema. E por fim, a falta de tempo é um empecilho na inclusão do MA e do Torque no EM.

Silva (2012) concluiu que a veracidade do problema é a forma de organização curricular, pois é necessário que o planejamento dos professores esteja de acordo com o calendário escolar, além disso, demonstrou que a dificuldade de lecionar o tema pode estar ligada a dificuldade que os docentes têm, ou tiveram, para compreender os conteúdos.

1.2.2 Dissertações de mestrados profissionais

Azevedo (2015) defendeu que a aplicação de AE poderia ser uma excelente estratégia didática para o estudo de tópicos relacionado às ciências físicas. Diante disso, dedicou-se a

utilizar materiais de baixo custo como ferramenta didática, para auxiliar o professor na abordagem da Dinâmica Rotacional e estimular os alunos no estudo do tema. O trabalho ainda contemplou uma tabela, que esboça 7 livros didáticos, que, segundo o autor, são os mais utilizados no Brasil, nessa tabela, a carência de livros que contemplem o tema em estudo é preocupante. Na continuidade do trabalho foi desenvolvida uma série de AE, para abordagem do tópico. As atividades propostas foram: três para o estudo do centro de massa; uma para Cinemática Angular, que abordou a relação entre Velocidade Linear e Angular; uma para o Momento de Inércia; duas para o Torque; e uma para o MA e sua conservação. Todas elas utilizavam materiais de baixo custo e de fácil montagem sendo adequadas para alunos do ensino básico.

A sequência didática foi aplicada em uma turma do primeiro ano do EM, num total de 10 encontros, utilizando a estratégia de resolução de problemas proposta por Robert Mills Gagné. Durante a aula, era disponibilizado aos alunos o questionário (pré-teste), logo em seguida, realizado as AE e ao final da aula, aplicado o questionário novamente (pós-teste). O produto educacional, resultado da dissertação, foi uma página na internet, que segundo o responsável, oferecia a oportunidade de acessar o conteúdo trabalhado em sala de aula, porém, atualmente não está mais disponível. Na análise dos resultados obtidos, o autor concluiu que o uso de experimentos de baixo custo é eficaz nas aulas de Dinâmica Rotacional, pois houve um aumento significativo de acertos no pós-teste e ainda, maior participação dos educandos na aula.

O trabalho de Costa (2015) teve duplo objetivo, o primeiro, investigar a abordagem didático-pedagógica, expressos em livros didáticos de Física sobre a CMA. E o segundo, elaborar uma proposta didática para o ensino da CMA. A pesquisa, caracterizada como um estudo qualitativo, promoveu a disponibilização de um material didático (produto educacional) para 9 professores da rede de educação básica. Apenas 4 desses docentes, se dispuseram a ler e participar da entrevista futuramente. Os participantes da pesquisa eram licenciados em Física e exerciam a docência há mais de 10 anos.

A pesquisa nos livros didáticos teve por intuito observar, quando disponível, a presença do conteúdo de CMA. Os livros escolhidos compunham o PNLD de 2015 e estavam enquadrados em duas categorias. A primeira para aqueles que abordavam o tema em estudo e outra para os que não discutiam sobre. Dos livros analisados, apenas dois abordavam a CMA.

Para analisar o produto educacional elaborado, Costa (2015) utilizou uma entrevista semiestruturada. O questionário continha questões abertas que subsidiavam o pesquisador na

obtenção de informações por meio do diálogo. O conteúdo da entrevista foi gravado e posteriormente, transcrito. O roteiro baseou-se em torno de 4 eixos temáticos definidos pelo pesquisador, são eles, o potencial pedagógico do produto educacional analisado e avaliado; o rigor técnico matemático e conceitual e as possibilidades de inovação pedagógica a partir da proposta; a natureza da proposta ter características de roteiro fechado e com pouco espaço de intervenção do professor; e a motivações do professor em relação ao seu uso em face às possíveis dificuldades em aplicá-lo em sala de aula ou equivalente.

Os comentários dos professores enaltecem o produto e a crítica recaiu, quase que consensualmente, sobre a viabilidade de operacionalização dele em face de escola pública do Distrito Federal. Diante disso, o autor concluiu que dificilmente o produto pode ser aplicado no contexto das escolas públicas do Distrito Federal, porque a situação real das escolas não apresenta condições de incentivo à prática e valorização dos conteúdos. Além disso, o número reduzido de aulas e a desorganização na distribuição das cargas horárias entre as disciplinas acabam acarretando a priorização de alguns conteúdos.

O trabalho de Barbosa (2016) investigou a viabilidade de transposição didática do conteúdo de Dinâmica Rotacional para o EM, por meio dos conceitos do laboratório não estruturado mediado por vídeo análise. Focaram-se nos tópicos de Inércia, Energia Rotacional e MA. Como instrumento para vídeo análise, o autor optou pelo software *Tracker*, pois este permite a interação entre os experimentos propostos, com os recursos de imagem e vídeo. A pesquisa foi aplicada com um grupo de 18 estudantes (voluntários), que estavam no segundo ano do EM de uma escola privada. O autor concluiu que a transposição didática do conteúdo, por meio do laboratório não estruturado, se mostrou válido, pois cumpre com as regras de transposição didática, acrescentando ainda que, dentro das condições e características que a pesquisa foi aplicada, percebe-se que houve indícios de aprendizagem significativa do conteúdo por parte dos alunos.

Moraes (2010) dedicou-se a analisar o processo de ensino e aprendizagem, em uma aula de Física, com a utilização conjugada entre AE e vídeos e, tecnologias digitais (vídeos e simuladores), para o estudo da Dinâmica Rotacional. Os tópicos ressaltados na proposta foram o de MA, Momento de Inércia e Velocidade Angular, bem como a realização de um paralelo das grandezas do movimento de translação e rotação. Na AE, o autor apresentou um sistema que representa um arranjo composto por halteres, este permite mostrar situações onde é possível variar grandezas como Momento de Inércia, Velocidade Angular, além disso, demonstraram três aplicativos computacionais. A obra expõe-se como um relato de aplicação, em uma turma do EM noturno, porém não apresentou uma metodologia detalhada de

pesquisa. O autor concluiu que o resultado foi satisfatório, pois a maioria dos alunos apresentou evolução em relação às respostas do primeiro questionário.

Krummenauer (2009) teve por objetivo analisar o perfil do profissional de ensino de Física da Educação de Jovens e Adultos (EJA) e traçar um comparativo com o EM regular. Os conceitos abordados foram Período, Frequência, Velocidade Linear, Velocidade Angular, Aceleração Centrípeta e as Forças do Movimento Circular. A obra não apresentou uma metodologia de pesquisa, e sim um relato de experiência. A proposta foi aplicada em uma turma do EM na modalidade EJA, os alunos dessa categoria se caracterizavam por trabalhar no turno inverso das aulas, no setor coureiro e calçadista da cidade. O autor usou como recurso para a aplicação da proposta, aulas expositivas, incluído AE em grupos e individuais, apresentação de trabalho, resolução de exercícios e mapas conceituais. O encontro teve duração de 4 meses, sendo duas horas semanais, totalizando 30 horas. O autor concluiu que a abordagem do conteúdo de Física de maneira contextualizada é fundamental para despertar no estudante o prazer pela ciência. Ele relatou ainda que, durante a aplicação da proposta, era perceptível o interesse dos estudantes no conteúdo trabalhado.

Fonseca (2015) realizou um estudo a respeito do uso de laboratório virtual. A atividade proposta estava relacionada ao estudo do giroscópio. Segundo a autora, há oito anos o laboratório virtual vem sendo aplicado aos alunos da Licenciatura em Física, em disciplinas introdutórias de mecânica do curso do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP). O objetivo de seu trabalho foi obter informações sobre a proposição dos experimentos virtuais; de como vem sendo o aprendizado dos estudantes ao se fazer uso desses experimentos; e se o laboratório virtual poderia ser considerado como um material didático que complementasse as aulas introdutórias de mecânica. Ao contrário das demais pesquisas, essa estava diretamente voltada para o ensino superior.

Na tentativa de averiguar os objetivos da proposta didática, Fonseca (2015) utilizou a metodologia interpretativa, que abrange e integra elementos, que vão desde a observação da postura do indivíduo frente à tarefa proposta até a análise de suas atitudes nas situações em que se envolve no desenrolar da atividade dentro do curso. Foram entrevistados 12 alunos que cursaram a disciplina entre os anos de 2009 a 2014, sendo que, todos deveriam ter tido o conteúdo apenas uma vez. Durante a entrevista, os tópicos que norteavam a pesquisa eram os experimentos que haviam sido trabalhados na disciplina, com enfoque especial ao funcionamento do giroscópio; a descrição e funcionamento do equipamento, destacando quando possível às grandezas físicas envolvidas; e o objetivo do experimento virtual do giroscópio; e as expectativas e conclusões proporcionadas pelo experimento.

Por fim, Fonseca (2015) concluiu que a aplicação dos experimentos virtuais só se mostra viável em conjunto com as aulas teóricas. Além disso, para ela, o laboratório virtual tem potencial para ser utilizado em sala de aula como apoio às disciplinas introdutórias de mecânica, as aulas teóricas ministradas juntamente com as AE permitem que o aluno possa associar o conceito à situação vivenciada no laboratório, percebendo que a teoria serviria para explicar a experimentação, como se os conteúdos estivessem sendo requisitados em outra situação e tivessem a tarefa de transpô-lo para lá. Durante a análise das entrevistas, a pesquisadora evidenciou que os entrevistados não lembravam exatamente dos conceitos e de como eles se relacionavam, mas concluiu que isso não significa que a aprendizagem foi nula.

1.3 Consideração finais da revisão bibliográfica

No estudo apresentado neste capítulo, buscamos analisar as dissertações associadas ao ensino de tópicos dos movimentos rotacionais. A partir dos trabalhos que compuseram a revisão bibliográfica, evidenciamos a carência de produções destinadas à elaboração de recursos e estratégia didática pedagógica para a melhoria no ensino do conteúdo.

No que diz respeito ao estudo do MA, seis dissertações estavam relacionadas ao tema, com exceção do trabalho de Silva (2012), que investigava sobre a abordagem do MA e Torque no EM, as demais dissertações destinavam-se à elaboração de materiais didáticos. Dessas destinadas ao estudo do MA, uma foi elaborada visando sua aplicação no ensino superior, como é o caso de Fonseca (2015). Destacamos que os trabalhos desenvolvidos com sua aplicação em nível de EM são atuais, isso revela que há uma crescente preocupação com a restrição de tais conteúdos na educação básica.

Conforme esclarecido na revisão, poucas dissertações sugerem a utilização de problematizações para a abordagem do conteúdo. No produto educacional de Costa (2015), o autor traz, no corpo do texto, uma sugestão de abordagem para o conceito de CMA, através de um diálogo problematizador. A partir dessa obra, assim como em outras leituras, percebemos a importância de valorizar as problematizações iniciais no ensino de Física. Essa estratégia tem por objetivo organizar o planejamento pedagógico, de modo a introduzir o conhecimento desejado, gerar no aluno a necessidade de aquisição de conhecimento, promover diálogos, discussão e compartilhamento de informações.

Com exceção das obras de Barbosa (2016), Fonseca (2015) e Moraes (2010), as demais obras sugerem a abordagem dos conteúdos utilizando textos de apoio com imagens e outros recursos como AE. Barbosa (2016), Fonseca (2015) e Moraes (2010) buscam uma

forma de introduzir a utilização de ferramentas tecnológicas no ensino, como o uso de software de simulações e vídeos. No entanto, nenhuma das 8 dissertações sugere, por exemplo, a utilização de animações não interativas incorporadas a hipertextos para subsidiar o processo de ensino e aprendizagem.

Outro fator importante que evidenciamos em relação às estratégias utilizadas para a abordagem dos conceitos físicos, é que todas as dissertações utilizaram AE, sejam elas como objeto para análise de vídeos, para a elaboração de laboratórios virtuais ou como instrumentos de contextualização dos tópicos estudados. É possível perceber o potencial presente nas experimentações e sua importância para o ensino de Física. Há praticamente um consenso por parte de professores, alunos, pais e escolas, que as atividades são uma das principais alternativas para o estudo da Física na educação básica. A ideia é apoiada por pesquisadores da área da educação, como descreve Rosa et al. (2013, p. 84), “as atividades experimentais (AE) possibilitam a vivência de uma Física mais prazerosa, mais intrigante, mais desafiadora e imbuída de significados”. No entanto, em nenhuma das obras é proposta a abordagem de AE com o uso de roteiros guias construtivistas, o que torna viável a implementação em nossa proposta, de forma a contribuir com novas alternativas.

Em relação às AE, a construção do giroscópio parece ser um instrumento inovador para a abordagem do MA e sua conservação no EM. Apenas uma obra menciona utilizar o equipamento, porém, direcionado ao ensino superior. É de extrema importância ressaltar o tipo do instrumento que pretendemos usufruir na proposta, pois este deve permitir o rotor girar livremente em qualquer direção, ao contrário do modelo utilizado por Fonseca (2015).

Na busca por um ensino fundamentado nas concepções construtivistas, nosso objetivo é elaborar uma proposta didática, utilizando problematizações iniciais, animações, vídeos e AE.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na forma de referencial teórico e como suporte ao trabalho, buscamos tecer considerações relevantes para o processo de construção de conhecimento em Física, especialmente no que se refere ao uso de diferentes recursos didáticos como apoio à aprendizagem. Portanto, inicialmente, abordamos o construtivismo, discorrendo sobre a importância de diferentes estratégias didáticas no planejamento pedagógico. Em seguida, damos ênfase a três estratégias que julgamos essenciais para a proposta e que subsidiam o estudo, são elas, as problematizações iniciais, o uso de recursos digitais e AE.

2.1 O construtivismo

Cognição refere-se às atividades mentais como, atenção, associação, memória, juízo, imaginação, pensamento, linguagem e outras. Nas palavras de Santos (2006, p. 101),

Cognição é o processo por meio do qual o mundo de significados tem origem. Os significados não são entidades estáticas, mas pontos de partida para a atribuição de outras significações que possibilitam a origem da estrutura cognitiva sendo as primeiras equivalências utilizadas como uma ponte para a aquisição de novos significados.

De acordo com a definição do termo cognição, referida pelo autor, percebemos que os significados de conceitos físicos, por exemplo, podem sofrer modificações/ampliações ao longo do desenvolvimento do indivíduo, pois não são estáticos. Essas modificações demonstram que o homem é um projeto a ser construído, e isto ocorre por meio de aquisições, compreensões e mudanças de significados ao longo de todo o seu processo de desenvolvimento.

A partir das obras desenvolvidas pelos cognitivistas Piaget e Vygotsky, pesquisadores do campo educacional se apropriaram dos estudos dos autores e desenvolveram a teoria de aprendizagem que conhecemos atualmente como construtivismo. Segundo Becker (1992, p. 2), epistemologicamente construtivismo significa:

A ideia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado. Ele se constitui pela interação do indivíduo com o meio físico e social, com o simbolismo humano, como o mundo das relações sociais; e se constitui por força de sua ação e não por qualquer dotação prévia, na bagagem hereditária ou no meio, de tal modo que podemos afirmar que antes da ação não há psiquismo nem consciência e, muito menos, pensamento.

Nas palavras do autor, está explícito o significado do construtivismo no processo de produção de conhecimento científico, revelando que se trata de um processo dinâmico, inquieto e flexível, no qual admite que conceitos possam ser reformulados ou reestruturados, pois não são dados como terminados. Este processo de construção de conhecimento científico é semelhante ao construtivismo educacional, o qual leva consigo a ideia do aprendiz construtor do seu próprio conhecimento, portanto, ao chegar na escola, os estudantes não devem ser vistos como “tábulas rasas” e sim, como sujeitos portadores de conhecimentos oriundos do seu contexto físico e social. Nestas condições, cabe ao professor o papel de mediador ou facilitador desse processo de ensino e aprendizagem, pois somente os estudantes podem modificar/reestruturar os significados que foram por eles adquiridos.

Sendo o sujeito construtor de seu próprio conhecimento, é preciso estar ciente que há várias formas de aprender, pois cada indivíduo desenvolve o seu método. Por isso, Laburú e Carvalho (2001) tecem críticas à adesão exclusiva de uma única estratégia pedagógica, independentemente de qual for, pois certamente compromete o desempenho dos alunos por não respeitar as diferenças pessoais e a sua maneira de aprender.

Nestas condições, os autores defendem o pluralismo didático. Nesta proposta, o professor “não se recusa a experimentar uma outra proposta, pois sua meta e seu compromisso é com a aprendizagem dos alunos e não com a fidelidade pedagógica” (LABURÚ; CARVALHO, 2001, p. 7). Portanto, pode utilizar de diversas estratégias didáticas como, por exemplo, favorecer leituras, investigações, questionamentos, gerar conflitos cognitivos, incentivar o enfrentamento de problemas, a discussão, os debates, levantamento de hipóteses, análise e síntese, fazer analogias, mapas conceituais, estabelecer momentos para que sejam transmitidas informações que precisam ser memorizadas, ordenadas e organizadas através de aulas expositivas de vídeos, de textos, com animações, observações, entre outros.

A recomendação de selecionar uma variedade de estratégias provavelmente deve estimular mais os estudantes e, como consequência, promover maior certeza e competência no aprendiz. O objetivo é almejar um ensino crítico e significativo, em que insira o aprendiz num processo de construção de seu próprio conhecimento. Neste sentido, concordamos com Becker (1992, p. 3), no sentido que o construtivismo poderá ser,

a forma teórica ampla que reúna as várias tendências atuais do pensamento educacional. Tendências que têm em comum a insatisfação com um sistema educacional que teima (ideologia) em continuar essa forma particular de transmissão que é a Escola, que consiste em fazer repetir, recitar, aprender, ensinar o que já está pronto, em vez de agir operar, criar, construir a partir da realidade vivida por alunos e professores, isto é, pela sociedade.

A partir dessas reflexões propostas por Becker, percebemos que o ensino fundamentado no construtivismo, busca modificar as práticas educacionais tradicionais, de modo que forneça subsídios para que os estudantes possam apropriar-se do conhecimento produzido até o momento, para, futuramente, interagir e intervir no mundo em que vivemos. O construtivismo nesse sentido se opõe a um sistema educacional que privilegia a transmissão de conhecimento.

Em termos do ensino de Física, que é foco desse estudo, a educação brasileira contemporânea sofre das mais diferentes formas, como a desvalorização do professor e os poucos períodos semanais destinados para a disciplina de Física, que representam questões políticas a serem enfrentadas (MOREIRA, 2014). No entanto, em termos didáticos, os professores ainda privilegiam estratégias centradas no conteúdo, desvinculadas com o dia a dia dos estudantes. Nessas condições, os docentes tendem a priorizar a transmissão dos conteúdos aos alunos, cabendo a esses comportamentos passivo e reprodução desses conteúdos nas avaliações.

O texto seguinte busca apresentar algumas estratégias didáticas para o estudo de grandezas presentes na Dinâmica Rotacional. Serão abordadas estratégias didáticas como, problematizações iniciais, recursos digitais (animações e vídeos) e AE, com o intuito de estimular mais estudantes, favorecendo o pluralismo didático.

2.2 Problematizações iniciais no ensino de Física

No sentido de promover um ambiente educativo com envolvimento dos educandos nas atividades pedagógicas, para que se tornem sujeitos ativos, reflexivos e arquitetos de sua própria aprendizagem, é importante oferecer situações-problemas que os cativem e os façam sentir a necessidade de aquisição de conhecimento. Neste sentido, relatamos no decorrer do texto características das problematizações iniciais, defendidas na educação problematizadora de Paulo Freire e no artigo⁵ “*Problemas e problematizações*” de autoria de Demétrio Delizoicov.

Freire é referência para muitos pesquisadores da área da Educação. “No cerne de seu pensamento está o respeito, ao cotidiano e à história de vida do educando, num movimento dialético entre teoria e prática para a inserção crítica do Homem no mundo” (FRANCISCO JUNIOR, 2010, p. 23). Ao se preocupar com as classes inferiores, Freire se opõe ao sistema

⁵ DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e Problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: UFSC, 2001.

educacional denominado por ele de “educação bancária”. Este tipo de educação consiste na transmissão acrítica e apolítica do conhecimento, isto é, o educador busca encher os educandos com suas narrações de conteúdo, onde eles recebem pacientemente, memorizam e repetem.

Na concepção freiriana, a educação deve ser concebida por um processo incessante, inquieto e, sobretudo, permanente de busca ao conhecimento (FRANCISCO JUNIOR, 2010), isto significa que o educador, ao invés de narrar o conteúdo, deve desenvolver estratégias para mobilizar o pensamento do educando, de modo que o conhecimento a ser ensinado esteja de acordo com a sua realidade. Portanto, Freire é um defensor da educação problematizadora.

Nas palavras de Francisco Junior (2010, p. 35):

Na pedagogia problematizadora, o professor deve suscitar nos estudantes o espírito crítico, a curiosidade, a não aceitação do conhecimento simplesmente transferido. A aprendizagem se dá com a formulação e a reformulação dos saberes pelos estudantes ao lado dos professores, igualmente sujeitos do processo.

O exposto pelo autor está alinhado com o desejo deste trabalho, que busca alternativas que superem um ensino tradicional. Portanto, é necessário compreender o significado de problematização. Para Delizoicov (2001, p. 1), o termo aponta “para o planejamento e desenvolvimento de atividades que não se resumem aquelas que tradicionalmente balizam as atividades de resolução de problemas”. Para professores de Física, seja do EM ou superior, as atividades de resolução de problemas representam papel fundamental no processo de aprendizagem. No entanto, as orientações fornecidas aos educandos, para que se apropriem do conhecimento, resumem-se na resolução de uma lista de problemas e exercícios. Tais atividades constituem parte importante no processo de ensino e aprendizagem, mas perdem seu significado quando a resolução por parte dos estudantes ocorre através de memorização e repetição.

Thomas Kuhn considera que “o conteúdo cognitivo das formulações contidas nos conceitos, modelos leis e teorias Físicas é convenientemente contextualizado e passível de ser apropriado na medida em que o aprendiz se envolva e se dedique à solução de problemas” (KUHN, 1975 apud DELIZOICOV, 2001, p. 1). Após a apropriação do conhecimento, o aprendiz busca o modelo de resolução anterior como padrão para resolver os seguintes. Por esse motivo, a problematização assume características específicas e diferentes em relação aos problemas e exercícios, isto porque busca exigir dos estudantes um novo modelo ou uma nova forma de pensar.

Os estudantes, ao chegarem ao EM, possuem conhecimentos que foram construídos ao longo de sua história. Para Bachelard (1977 apud DELIZOICOV, 2001), os conhecimentos prévios podem se tornar obstáculos pedagógicos para a formação do pensamento científico verdadeiro do estudante. E, por esse motivo, não se trata basicamente apenas de depositar ou narrar conteúdos, é preciso derrubar os obstáculos amontoados pela vida cotidiana dos educandos.

Deste modo, é necessário conhecermos os conhecimentos dos nossos educandos, não apenas para saber que ele existe, mas sim para ser trabalhado ao longo do processo educativo. Em outras palavras, devemos problematizar os conhecimentos prévios já estabelecidos pelo aluno, aguçando as contradições e mapeando as limitações desse, quando cotejado com o conhecimento científico, com a finalidade de propiciar um distanciamento crítico do educando ao se defrontar com o conhecimento que ele possui, e ao mesmo tempo, propiciar a alternativa de apreensão do conhecimento científico (DELIZOICOV, 2001).

Além dessa interpretação, Delizoicov ressalta que problematizar, é também:

- 1 - A escolha e formulação adequada de problemas, que o aluno não se formula, de modo que permitam a introdução de um *novo conhecimento* (para o aluno), ou seja, os conceitos, modelos, leis e teorias da Física, sem as quais os problemas formulados não podem ser solucionados. Não se restringe, portanto, apenas a apresentação de problemas a serem resolvidos com a conceituação abordada nas aulas, uma vez que esta ainda não foi desenvolvida! São, ao contrário, problemas que devem ter o potencial de gerar no aluno a necessidade de apropriação de um conhecimento que ele não possui e que ainda não foi apresentado pelo professor. É preciso que o problema formulado tenha uma significação para o estudante, de modo a conscientizá-lo que a sua solução exige um conhecimento que, para ele, é inédito;
- 2 - Um processo pelo qual o professor ao mesmo tempo que apreende o conhecimento prévio dos alunos, promove a sua discussão em sala de aula, com a finalidade de localizar as possíveis contradições e limitações dos conhecimentos que vão sendo explicitados pelos estudantes, ou seja, questiona-os também. Se de um lado o professor procura as possíveis inconsistências internas aos conhecimentos emanados das distintas falas dos alunos para *problematizá-las*, tem, por outro, como referência implícita, o problema que será formulado e explicitado para os alunos no momento oportuno, bem como o conhecimento que deverá desenvolver como busca de respostas. A intenção é ir tornando significativo, para o aluno, o problema que oportunamente será formulado (2001, p. 5, destaques do autor).

A educação problematizadora proposta por Freire e Delizoicov, está organizada em três momentos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Nossa proposta não está organizada conforme o sugerido pelos autores, mas constitui em sua estrutura a problematização inicial.

Nesta etapa em específico, são apresentadas situações reais, em que os alunos já tenham presenciado ou conheçam, e que estejam relacionados ao tema em estudo, e ainda, que introduzam os conhecimentos desejados. Neste momento, caracterizado pela apreensão e

compreensão da posição dos estudantes frente às questões, a função do professor se volta para questionar os posicionamentos, inclusive fomentar a discussão das distintas respostas dos alunos, ao invés de responder ou fornecer explicações sobre o assunto. Em resumo, a finalidade desta etapa é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações proposta para a discussão.

O ponto culminante desta problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema que precisa ser enfrentado.

Conforme exposto pelos autores, é perceptível a preocupação em mobilizar nos estudantes o pensamento crítico e a importância de valorizar o conhecimento que são por eles construídos durante a vida. A problematização possui característica construtivista, pois prima pela construção do conhecimento por parte dos estudantes. Esta etapa pode ser considerada uma estratégia didática para o início da abordagem de determinados conteúdos.

Na sequência da fundamentação teórica, abordaremos a importância de incluir além das problematizações iniciais, outros recursos didáticos no planejamento pedagógico, como, o uso de animações e AE.

2.3 Recursos digitais no ensino de Física

Atualmente, a escola está inserida na era tecnológica e na sociedade digital, no entanto, isto não significa que devemos excluir ou se opor a modelos tradicionais de aquisição de conhecimento. Farias (2002) alega que a moderna e irreversível tecnologia está afetando o modo de ensinar e aprender. Oliveira (2003) defende que as chamadas novas tecnologias de comunicação e informação (NTCI), favorecem e oportunizam sensíveis mudanças nas relações entre aluno-professor, além de ampliar os locais e tempos de aquisição de conhecimento. Há uma série de ferramentas que podem ser utilizadas como instrumentos para o ensino, como as comunidades virtuais, softwares, simuladores, sites e animações; instrumentos esses que se tornam recursos didáticos a serem explorados.

Em relação ao sistema educacional, o currículo escolar, ainda é pobre em atividades que enfatizam o fazer como meio de aprender. As atividades que requerem que os estudantes construam ou utilizem artefatos e reflitam sobre o produto obtido, são pouco exploradas como meios de aprendizagem. É possível afirmarmos que o emprego de tecnologias pode oportunizar outros benefícios além dos educacionais, nas áreas do saber em que os estudantes estão desenvolvendo sua prática.

Nos últimos anos há relatos de trabalhos relacionados com o uso de recursos tecnológicos no ensino de Física, que tem demonstrado resultados satisfatórios quanto ao uso, como é caso de Santos e Silva (2003), Andrade e Costa (2006) e Cardoso e Dickman (2012), que exibem resultados positivos no que se refere ao uso de simuladores no planejamento didático.

Santos e Silva (2003) utilizaram animações interativas (simulação) sobre oscilações, como organizador prévio para discutir os tópicos presente no Movimento Harmônico Simples. A pesquisa foi realizada com acadêmicos, da disciplina de Física Geral II. Para os autores, as animações interativas apresentam-se como uma ferramenta didática capaz de agir na estrutura cognitiva, modificando conceitos subsunçores através de conexões significativas entre ideias prévias e a nova informação introduzida.

Andrade e Costa (2006) exibem resultados sobre o uso de softwares educativos para o ensino de Óptica no EM, com o objetivo de auxiliar os estudantes na construção de modelos mentais adequados. Foram utilizadas simulações para os conceitos de reflexão, refração e difração. No relato dos autores, fica claro, através das colocações, que a atividade correspondeu à expectativa dos pesquisadores, pois a motivação e a interatividade entre estudantes e a tecnologia era um dos principais objetivos da atividade, bem como a relação entre a teoria e o fenômeno físico estudado.

Cardoso e Dickman (2012) relatou uma sequência didática apoiada no uso de simulações computacionais para o ensino do efeito fotoelétrico. O autor destacou que durante a atividade, houve grande interatividade dos estudantes e, nas análises dos dados, enfatizou os índices de satisfação entorno da aprendizagem significativa, bem como a aceitação por parte dos estudantes durante a aplicação da sequência.

Além do uso de simuladores, a robótica tem-se mostrado atrativa para os educandos, pois os alunos podem manipular os robôs e visualizar os conceitos físicos envolvidos. Assim como a robótica, os simuladores têm ganhado relevância em termos do uso de tecnologias no ensino de Física. Sua utilização como ferramenta pedagógica contribui para que os educandos consigam fazer a ponte entre a teoria e os fenômenos naturais. No entanto, outros recursos digitais vêm ocupando lugar de destaque no processo de ensino e aprendizagem como é o caso das animações não interativas e o uso de vídeos.

O GIF é formado por um conjunto de imagens no formato “GIF” compactadas em um único arquivo, ou seja, 10 fotos estáticas, que se completam sequencialmente representando um determinado evento podem se tornar uma animação, basta que essas fotos possuam as mesmas dimensões. Para fazer com que as fotos realizem um ciclo de reprodução, elas são

carregadas em geradores on-line, esses geradores reúnem e reproduzem as fotos sequencialmente em determinados intervalos de tempo (determinado pelo criador). Existe, além do conjunto de imagens, software que geram GIF através de programação computacional.

Os GIF animados podem ser utilizados no campo educacional de duas maneiras, sendo pela complementação às explicações do professor ou aliadas a textos explicativos (hipertextos) que servem para consultas dos alunos individualmente. Portanto, o modo de como utilizar fica a critério do docente. Alguns exemplos de uso de GIF no campo educacional podem ser verificados nos trabalhos de Gonçalves (2005), Santos et al. (2016) e Pires (2005).

O produto educacional de Gonçalves (2005) foi uma hipermídia. Um dos elementos presentes foram hipertextos sobre o conteúdo de Física Térmica. Em cada tópico do conteúdo a autora elaborou textos e agregou a eles GIF animados que foram produzidos através do programa *Flash MX*. A autora pode concluir que as animações e os demais recursos utilizados em sua proposta proporcionaram a interação dos alunos com os recursos que lhes foram disponibilizados.

Santos et al. (2016) utilizaram o software *Mathematica* para a produção de GIF sobre onda eletromagnética propagando-se, atravessando polarizadores e meio opticamente ativos. A animação foi apresentada para os alunos como instrumento de complementação das explicações, ao final da abordagem do conteúdo. Os autores concluem que os alunos que tiveram contato com o recurso didático, revelaram melhor compreensão sobre os conceitos físicos, e demonstraram maior interesse e motivação quando comparado a outras aulas, nas quais foram apresentados conteúdos utilizando o livro didático.

Pires (2005) em seus estudos desenvolveu uma página virtual onde disponibilizava uma série de recursos como hipertextos, ilustrações, animações, vídeos e simulações para abordagem das Leis de Kepler, Gravitação, Campo Gravitacional e outros. O autor utilizou GIF animados como complemento nos textos do conteúdo. O produto foi aplicado no EM, onde foi observada uma porcentagem significativa de estudantes que se envolveram nos projetos e expressaram que a proposta didática era favorável.

Além da utilização de GIF, os vídeos têm se tornado alvo de pesquisa no ambiente educativo, isso porque, de acordo com o Cinelli (2003), possuem a vantagem de serem manipulados com avanços, recuos, repetições e pausas. Além desses benefícios, principalmente em se tratando de fenômenos relacionados à Física, nos recursos audiovisuais é possível incrementar setas que representam vetores de determinadas grandezas e utilizar o

efeito de câmera lenta para analisar fenômenos que ocorrerem em intervalos de tempo pequeno, o que em AE reais tornam-se praticamente impossíveis de realizar ou até mesmo de perceber.

De acordo com Moran (1994), o material visual facilita a compreensão do que não temos presentes fisicamente, ou que se torna impossível presenciar fisicamente. Além disso, pode ilustrar e ajudar a compreender mais facilmente conceitos abstratos, como corrente elétrica e vetores tridimensionais. O autor ainda menciona que os vídeos criam condições e asseguram a participação dos alunos durante a atividade.

É preciso considerar que, nos dias atuais, o professor dispõe de vários artefatos tecnológicos, e que os alunos já estão familiarizados nessa era digital. Muitas vezes o educador tem dificuldade de contextualizar determinado conteúdo devido ao fato de sua complexidade, e os recursos digitais possibilitam criar imagens e animações que transcendem o que conseguimos realizar experimentalmente.

A Internet tornou-se a maior fonte de pesquisa, não só em casa, mas principalmente nas escolas, pois se torna prático localizar o assunto desejado, basta apenas digitar o conceito. O professor, neste sentido, assume a posição de guia ou condutor auxiliando o aluno a buscar fontes seguras e a selecionar o material com a informação mais relevante, sem ser considerado um mero espectador e sem deixar seus alunos desorientados durante a navegação. Nessa perspectiva, o computador não será simplesmente uma máquina de passar o tempo, tornando-se de fato um recurso didático.

No decorrer do texto apresentamos aspectos relevantes sobre AE, especificadamente, sobre o papel, a importância e as etapas necessárias para a construção de um roteiro guia construtivista.

2.4 Atividades experimentais no ensino de Física

Tradicionalmente chamado de laboratório didático, as AE representam estratégias utilizadas por professores para o ensino de Física. A literatura descreve diferentes tipos de atividades realizadas em laboratórios, essas práticas poderiam ser realizadas individualmente ou em grupos. No entanto, no decorrer dos anos, a mudança no entendimento do papel das atividades de laboratórios tomou novos rumos, conforme nos aponta Pinho-Alves (2000). O autor salienta que os laboratórios estavam em segundo plano no planejamento pedagógico, eram tratados de forma isolada, a parte das aulas teóricas e resumiam-se na aplicação do método científico. O autor, após realizar uma revisão histórica sobre o assunto, defende que,

frente ao novo entender de como ocorre a construção de conhecimento, como é o caso do construtivismo, surge a necessidade de mudança de termo, passando de laboratório didático para AE. Segundo Pinho-Alves,

A **atividade experimental** deve ser entendida como um **objeto didático**, produto de uma Transposição Didática de concepção construtivista da experimentação e do método experimental, e não mais um **objeto a ensinar**. Como **objeto didático** sua estrutura deve agregar características de versatilidade, de modo a permitir que seu papel mediador se apresente em qualquer tempo e nos mais diferentes momentos do diálogo sobre o saber no processo ensino-aprendizagem. E, principalmente, é um objeto de ação que, manipulado didaticamente pelo professor, irá se inserir no discurso construtivista facilitando a indução do fenômeno didático que objetiva o ensino de saberes (2000, p. 262-263, destaques do autor).

Conforme consta nos documentos nacionais, que orientam os currículos nacionais, “é indispensável que a experimentação esteja presente ao longo do processo de desenvolvimento de competências em Física” (BRASIL, 2002, p. 84). A importância da experimentação como recurso estratégico para o ensino de Física é explorada por diversos pesquisadores, que buscam diferentes aspectos relacionados às AE.

Borges (2002), ao discutir o papel das atividades práticas no ensino de ciências, se opõem ao método tradicional utilizado na abordagem das atividades práticas. O autor salienta que em lugares onde as atividades práticas estão consolidadas, há críticas quanto a sua eficácia, pois, no laboratório tradicional, o aluno realiza atividades práticas envolvendo observações e medidas a cerca de um determinado conteúdo definido pelo professor. O objetivo, por sua vez, consiste em testar uma lei científica ilustrando um fenômeno ou um conceito. Estas ações que estão presentes no laboratório tradicional, não condizem com o ponto de vista do autor,

A riqueza desse tipo de atividade está em propiciar ao estudante a oportunidade [...] de trabalhar com coisas e objetos como se fossem outras coisas e objetos, em um exercício de simbolização ou representação. Ela permite conectar símbolos com coisas e situações imaginadas, o que raramente é buscado no laboratório, expandindo os horizontes de sua compreensão (BORGES, 2002, p. 295).

Neste sentido, as mais diversas atividades como, resolução de problemas, modelamento e representação, como simulações, pinturas, colagens, encenações de teatro e atividades demonstrativas cumprem o papel de mobilizar o envolvimento e comprometimento do aprendiz na atividade.

As afirmações de Borges, mencionadas acima, são condizentes com o exposto nos PCN+, conforme pode ser conferido no trecho a seguir.

Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório. As abordagens mais tradicionais precisariam, portanto, ser revistas, evitando-se “experiências” que se reduzem à execução de uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre fica claro para o aluno (BRASIL, 2002, p. 84).

Gaspar e Monteiro (2005) esclarecem a importância das AE de demonstração na construção do conhecimento. Para os autores, esses tipos de atividade ultrapassam o caráter motivacional e afirmam que sua utilização propicia uma melhoria no ensino e aprendizagem em sala de aula. A melhoria no ensino estaria fundamentada na perspectiva vygotskiana, enfocando a interação social. Para Vygotsky, o que a criança é capaz de fazer hoje com colaboração, será capaz de fazer amanhã sozinha. Desse modo, a colaboração é a participação do professor.

A partir desse entendimento e na perspectiva construtivista, Rosa (2011) elaborou uma proposta de estruturação de AE no ensino de Física. A proposta consiste em um roteiro-guia, dividido em três etapas (pré-experimental, experimental e pós-experimental). O roteiro se diferencia dos tradicionais, pois busca envolver ao máximo a participação dos estudantes na atividade, proporcionando momento de reflexões sobre seus conhecimentos prévios e planejamento de suas ações.

2.4.1 Etapa pré-experimental

A etapa pré-experimental é composta por três pontos principais. O primeiro a integrá-la é a pré-teoria, seguida pela formulação de hipóteses e, por fim, consta o planejamento das ações.

A pré-teoria tem por objetivo atribuir significado aos saberes que serão aprendidos, ou seja, essa etapa consiste na contextualização do conhecimento que se pretende trabalhar. Há várias formas de se fazer a aproximação da teoria com a prática, exemplo disso são o uso de textos, figuras e vídeos. Esta contextualização pretende cativar e instigar os estudantes a buscarem o conhecimento. Por esse motivo, uma forma de iniciar a abordagem do conteúdo seria mostrando situações de seu cotidiano ou através de vídeos disponibilizados na Internet, aproximando-os ao máximo da AE e do conhecimento em estudo.

Neste sentido, observa-se que a pré-teoria deve buscar evidenciar o conhecimento e, de acordo com a proposta de Rosa (2011), isso pode ser feito basicamente por meio de três formas:

- a primeira consiste na formulação de perguntas sobre o conteúdo desejado, desta forma, o objetivo é realizar perguntas teóricas estimulando o diálogo. O professor, neste caso, é o responsável por apresentar as questões e estimular os estudantes a responderem e discutirem sobre o assunto;
- a segunda seria exibir situações-problemas ou situações-ilustrativas, podendo assim, evidenciar situações do cotidiano e coisas simples que os estudantes estão acostumados a observar, mesmo que não seja com o olhar científico, com o qual se pretende trabalhar;
- e a terceira, podendo ser por meio de retomada histórica. Este ponto consiste no resgate de como foi construído/elaborado o conhecimento que se pretende trabalhar, e deve ter como objetivo proporcionar a discussão do contexto social da época em que o conhecimento foi produzido.

Conforme menciona Rosa:

O importante é que a pré-teoria traga o estudante para atividade, para que inclua conhecimentos de seu repertório, de seu acervo, seja por meio de imagens, seja de questões, de um texto, da narrativa de processos tecnológicos ou outra situação. O que está em jogo é preparação do conhecimento envolvido na atividade experimental (2011, p. 143).

A pré-teoria organiza o estudo desejado, de forma que os alunos consigam compreender o objetivo oferecido pelo professor, trata-se então de demonstrar aos estudantes o propósito através de elos com outras situações (contextualização). A autora salienta que, esta ação de apresentar o seu objetivo não deve ser entendida como uma AE direcionada para uma conclusão estabelecida, mas sim, orientar a ação dos alunos e compartilhar a todos o mesmo objeto de investigação.

Outro aspecto considerado fundamental da etapa pré-experimental é a necessidade de formulação de hipóteses, que por sua vez, devem anteceder a observação a ser realizada. A formulação dessas suposições, por parte dos estudantes, ganha um destaque principal nessa etapa e na proposta como um todo. Afirma-se isso por que, por meio de pressupostos, os alunos guiam-se na execução da atividade. Assim, destaca-se que a elaboração de hipóteses para os autores assume papel de condição indispensável, pois pontuam ser nesse momento que os estudantes têm a oportunidade de exporem seus conhecimentos, de fazerem apostas e de elaborarem inferências sobre o conteúdo em estudo. Esta ação, por consequência, acaba mobilizando de alguma forma a estrutura cognitiva dos estudantes, pois as hipóteses surgem dos saberes que estão disponíveis na estrutura cognitiva. A autora destaca,

A formulação de hipóteses apresenta-se como possibilidade de resgate das concepções prévias dos estudantes, permitindo confrontar saberes advindos de conhecimentos cotidianos. Além disso, mas, também por isso, as hipóteses possibilitam aos estudantes mobilizar os conhecimentos já presentes em suas estruturas cognitivas, construindo-os e reconstruindo-os de forma contínua e progressiva (ROSA, 2011, p. 142).

As hipóteses defendidas pela autora não devem ser compreendidas com as mesmas dos cientistas, e não significam aplicar o método científico, elas devem fazer inferências ao que será observado, de modo a direcionar o olhar ao objeto do conhecimento.

E, por fim, o planejamento das ações, que representa o momento destinado a pensar sobre a execução da atividade. Nesta etapa, os educandos devem ser levados a pensar sobre como realizar o experimento, a refletir sobre o que irão exercer. Uma forma de se fazer isso é estabelecer os conceitos e as variáveis. Este planejamento é semelhante ao tradicional, no entanto, a proposta como um todo é que se diferencia dele, pois esta não apresenta passos rígidos e sequenciais a ser seguidos. Neste modelo é apreciada uma sequência decorrente de discussões iniciais na etapa pré-experimental, de modo a fazer com que os estudantes pensem e planejem suas ações, entendendo o que e por que devem proceder de determinadas maneiras.

2.4.2 Etapa experimental

Neste momento, tem-se a execução da AE, isto significa executar aquilo que foi planejado anteriormente, testar e observar as hipóteses levantadas. Implica também, no manuseio de equipamentos, se necessário, no entanto, a nosso ver, isso não é um requisito indispensável. Na execução da AE, os sujeitos devem estar ativos intelectualmente e engajados com a atividade, de modo que sejam capazes de construir seus conhecimentos, assim, a AE poderá ser demonstrativa. Como habitualmente as atividades são realizadas em pequenos grupos ou coletivamente, faz-se necessário o diálogo, a troca de informações entre os participantes durante a atividade.

2.4.3 Etapa pós-experimental

A etapa pós-experimental é caracterizada pelo fechamento da AE, um momento no qual é preciso analisar e refletir sobre os resultados obtidos, por esse motivo, representa a conclusão do experimento. Rosa (2011) salienta que esse fechamento é diferente dos

encontrados no laboratório tradicional, que se destina basicamente na apresentação dos resultados obtidos. Nesta nova proposta, a conclusão, ou melhor, a etapa pós-experimental, deve ser um momento de discussão dos resultados obtidos, de modo que sejam confrontados com os preditos anteriormente. O fato de retomar a predição e confrontar os resultados tem o objetivo de revelar possíveis falhas no processo ou até mesmo sintetizar e revisar a atividade. Por esse motivo, tal etapa demanda um tempo significativo, que deve ser usado de modo a conduzir os estudantes, já cansados e saturados, a sentirem-se estimulados e realimentados.

3 MOMENTO ANGULAR E SUA CONSERVAÇÃO

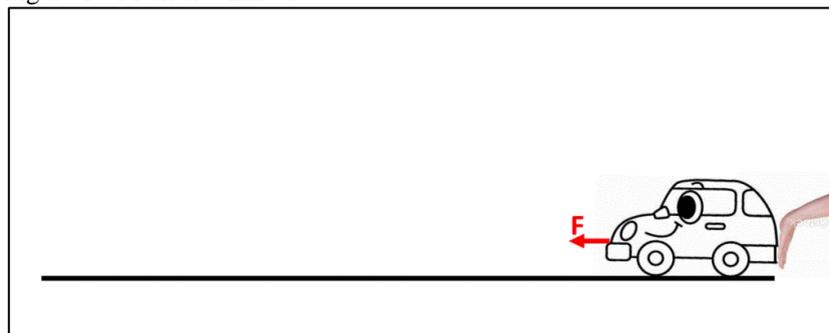
Neste capítulo temos por objetivo apresentar os conteúdos de MA e CMA, definindo-os conceitual e matematicamente usando uma linguagem acessível, ao nível de EM. Buscamos relacionar e diferenciar conceitos presentes nos movimentos translacionais, representando através de exemplos, situações reais e generalizadas nas quais o aluno poderá transpor o conhecimento adquirido para a realidade. O texto que segue é semelhante ao que está disponibilizado no site⁶ e discorre o conteúdo explorado na sequência didática e no produto educacional.

3.1 Momento Angular

Nesta seção, nosso objetivo é caracterizar o MA (\vec{L}) ou Quantidade de Movimento Angular (\vec{L}). Esta grandeza está associada à quantidade de movimento atribuída a um corpo, quando esse executa um movimento de rotação. É uma grandeza vetorial, portanto, possui sentido, direção e módulo.

Iniciaremos nossa discussão falando um pouco sobre Momento Linear (\vec{p}). Imagine um carrinho de brinquedo que está sobre uma superfície livre de atritos, ou qualquer outra força resistiva. Suponha agora, que uma criança dá um empurrão (aplique força sobre o carrinho), no momento em que a mão da criança atua sobre o carrinho sua velocidade é variada, o corpo passa então do repouso para um movimento acelerado. No instante em que a mão desencosta do carrinho, não há mais força sobre ele e esse segue movendo-se apenas por inércia, com velocidade constante. O empurrão, ou melhor, a força atribuída ao carrinho uma Quantidade de Movimento Linear (\vec{p}). Como vemos na figura 1.

Figura 1 - Momento Linear



Fonte: arquivo pessoal, 2019.

⁶ Disponível em: <<https://sites.google.com/view/dinarot>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

A Quantidade de Movimento Linear ou Momento Linear é resultado do produto da Massa (m) pela Velocidade Linear (\vec{v}),

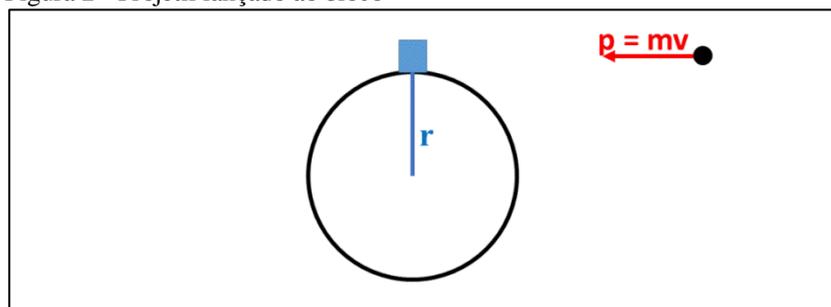
$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Esta grandeza é fundamental para compreender o MA, pois, decorre diretamente do produto do vetor posição (\vec{r}) pelo Momento Linear (\vec{p}), então temos:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

Esta equação representa que há uma multiplicação de dois vetores, ou seja, o MA também será considerado um vetor. Vamos imaginar agora o carrinho da situação anterior, como um ponto que se movimenta com Momento Linear (\vec{p}) e que, em determinado momento, colida, ficando preso a um bloco que inicia um movimento de rotação. O bloco no qual o ponto fica acoplado está localizado a uma distância (\vec{r}) em relação ao eixo de rotação, conforme figura 2.

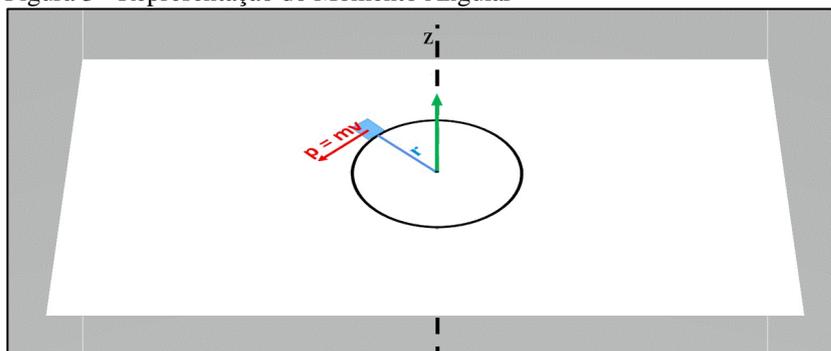
Figura 2 - Projétil lançado ao bloco



Fonte: arquivo pessoal, 2019.

Temos, a partir do instante em que o ponto se acopla ao bloco, o MA (\vec{L}) atribuído ao sistema que está em rotação. A multiplicação vetorial (vetor posição e vetor Momento Linear) resulta em um terceiro vetor (Momento Angular) (seta verde que atravessa a folha). Na figura 3 é representado o MA.

Figura 3 - Representação do Momento Angular

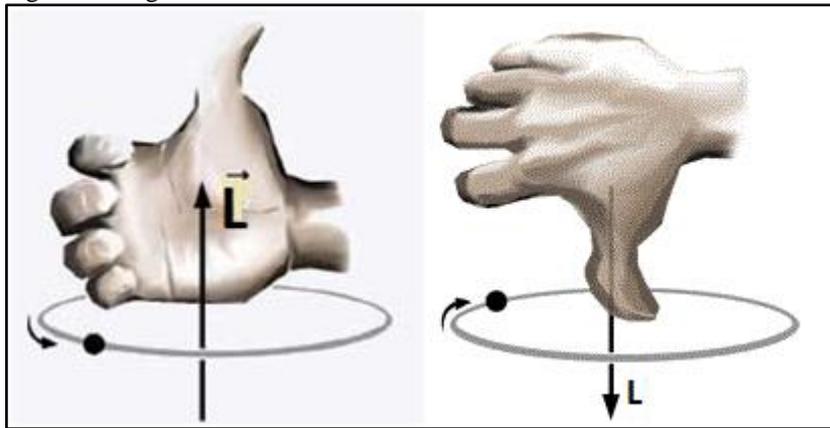


Fonte: arquivo pessoal, 2019.

Atribui-se sinal positivo ao MA quando a rotação ocorre no sentido anti-horário e, sinal negativo quando a rotação ocorre em sentido horário. Na figura 4, temos um exemplo de MA positivo e negativo.

Para descobrir a direção do MA é utilizada a “regra da mão direita”, que funciona posicionando os dedos na direção indicada pelo sentido da rotação. O polegar esticado indicará a direção procurada.

Figura 4 - Regra da mão direita



Fonte: arquivo pessoal, 2019.

A partir da definição do MA, como sendo resultado do produto vetorial entre vetor posição e Momento Linear.

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

Podemos reestruturá-la para outra definição, como sendo resultado do produto do Momento de Inércia (I) pela Velocidade Angular ($\vec{\omega}$)

$$L = I\omega$$

Para entendermos como chegamos a essa equação, vamos generalizar uma situação estabelecendo como critérios um ponto material, que executa um movimento rotacional. Uma vez que o ponto descreve uma trajetória circular, sua Velocidade Linear será dada por:

$$v = \omega r$$

Sendo o MA da partícula igual a:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

Teremos,

$$\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$$

Substituindo a Velocidade Linear (v) por ωr temos,

$$\vec{L} = m(\vec{r} \times \vec{\omega} \times \vec{r})$$

Multiplicando r ,

$$L = m\omega r^2$$

Como mr^2 representa o Momento de Inércia de um ponto material, substituímos mr^2 por I , obtendo a seguinte equação,

$$L = \omega I$$

Eis aqui, a forma mais conhecida de se expressar o MA.

3.2 Conservação do Momento Angular

Nesta seção teremos por objetivo caracterizar a CMA, que é semelhante à Conservação do Momento Linear. A lei da CMA é uma lei fundamental da natureza, onde se torna válido desde escalas atômicas até ao movimento de galáxias, na qual não vale a mecânica de Newton (mecânica clássica).

Como sabemos, para que um corpo seja colocado em rotação, é necessária a ação de Torque sobre o sistema. Na figura 5, um homem puxa a corda, colocando a roda em movimento de rotação. Se o homem não interagisse com ela, a roda permaneceria em repouso (parada). No entanto, o Torque produzido pelo homem atribui MA na roda. Na ausência de atrito nos rolamentos, a roda tenderia a girar constantemente.

Figura 5 - Aplicação de Torque na roda



Fonte: arquivo pessoal, 2019.

Portanto, o Torque (T) influencia na variação do MA (ΔL), assim como a força na variação do Momento Linear. Podemos representar a variação do MA da seguinte forma,

$$T\Delta t = \Delta L$$

O produto $T\Delta t$ pode ser considerado o “puxão” na corda, um empurrão ou uma interação externa atuando sobre um sistema. Isolando o Torque na equação,

$$T\Delta t = \Delta L$$

Teremos,

$$T = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

Dessa equação, decorre diretamente o princípio de CMA, ou seja, “quando o Torque externo resultante que atua sobre o um sistema é igual a zero, o MA do sistema permanece constante (se conserva)”.

Isso significa que, quando $T = 0$, temos,

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = 0$$

Ou seja, o MA se conserva. Há algumas situações em que ocorrem fenômenos interessantes, como é o caso de uma pessoa que está sob uma plataforma giratória (equipamento de atrito desprezível) segurando dois halteres. Após a pessoa ser colocada em movimento de rotação, pela ação de Torque, está adquiri quantidade de MA, girando constantemente. Se, porventura, a pessoa, enquanto estiver rodando, encolher os braços, sua Velocidade Angular irá aumentar, enquanto o MA permanece inalterado, pois, ao realizar esse movimento o Momento de Inércia diminui. Portanto, ao estender e recolher os braços, a Velocidade Angular e o Momento de Inércia se alteram instantaneamente para conservar o MA total do sistema.

4 PROPOSTA DIDÁTICA E SUA APLICAÇÃO

Percebemos a importância de promover reflexões a respeito do processo de ensino e aprendizagem em Física, como alternativa de qualificar a presença desse componente curricular na educação básica. Verificamos ainda a necessidade de propor alternativas didáticas que consideram o aspecto motivacional como elemento presente e favorecedor da aprendizagem. Assim sendo, as problematizações iniciais, os GIF, vídeos e as AE, ocupam lugar de destaque neste quesito.

A partir disso, buscando alternativas para inserir e atenuar as dificuldades presentes no ensino de tópicos da Dinâmica Rotacional, o capítulo a seguir descreve os sujeitos da pesquisa, a proposta didática elaborada, o produto educacional, e a descrição dos encontros realizados para aplicação da proposta.

4.1 Sujeitos da pesquisa

Para aplicação da sequência didática elaborada e como forma de obter dados para responder ao questionamento central do estudo, foi selecionada uma turma de estudantes do segundo semestre do curso de Física Licenciatura da Universidade de Passo Fundo (UPF), cujo ofício de autorização consta no Anexo A. O grupo era voluntário, composto por 15 estudantes com faixa etária de 18 a 23 anos, destes, 11 sujeitos tiveram sua formação básica em escolas estaduais e 4 em escolas de rede particular. Podemos afirmar que eles não tiveram envolvimento com os conteúdos abordados na proposta didática em sua formação acadêmica, pois de acordo com o planejamento do curso de graduação, os tópicos da Dinâmica Rotacional são abordados a partir do terceiro semestre do curso.

4.2 Proposta didática

A proposta didática sugerida, parte da necessidade de estimular a aquisição efetiva de conhecimento, que envolva os estudantes durante o processo tornando-os sujeitos de sua própria aprendizagem. Por este motivo, buscamos aproximar o contexto diário dos estudantes.

Para tanto, a proposta está fundamentada nas concepções construtivistas e tem entre seus princípios valorizar o diálogo e as experiências vividas pelos estudantes. Neste sentido, a proposta didática está organizada com encontros elaborados que cumpram as seguintes etapas:

- Questionamentos iniciais;

- Abordagem do conteúdo;
- Atividades experimentais.

Tais etapas orientam o planejamento de abordagem dos conteúdos aqui estudados. Isso significa que, para o conceito do MA, por exemplo, o professor poderá iniciar sua aula pelos através dos questionamentos iniciais, que é basicamente o momento de preparação sobre o que se almeja ensinar, de modo a orientar o aluno ao que se deseja exibir em seguida. Após as primeiras discussões sobre o assunto, sugerimos que a abordagem do conteúdo seja por meio de leitura dos hipertextos que compõe parte do produto educacional ou utilizando as animações como complemento do discurso do professor. E, por fim, o uso de AE. A seguir, descrevemos o que consiste em cada etapa.

4.2.1 Questionamentos iniciais

Apresentamos aqui uma sugestão de como poderá ser abordada o início de alguns tópicos presentes na proposta didática. É importante salientar que durante os questionamentos, seja disponibilizado uma imagem ou um GIF de um determinado objeto ou evento, seguidos de perguntas. Como segue o exemplo para MA:

- Você já ouviu falar do brinquedo “*Spinner*”? Sabe por que o “*Spinner*” consegue permanecer por tanto tempo girando?

Figura 6 - Representação do brinquedo *Spinner*



Fonte: arquivo pessoal, 2019.

A pergunta tem por objetivo introduzir as primeiras discussões sobre o MA. É bem provável que uma série de respostas possam surgir, como exemplo, explicações sobre a Inércia (pois eles já teriam conhecimento das três leis de Newton), iniciando assim, o debate sobre o assunto em foco. No apêndice B há outras situações que poderão ser utilizadas para os questionamentos iniciais.

4.2.2 A abordagem do conteúdo

Sugerimos, após a exposição das problematizações iniciais, que a abordagem do conteúdo seja através da leitura da página do site referente ao tópico desejado, com a utilização das animações para complementar o discurso do professor ou através de AE demonstrativas. Os textos disponibilizados foram desenvolvidos buscando relacionar e resgatar as grandezas dos movimentos translacionais e rotacionais. Em relação à página destinada ao estudo do MA, esta busca exibir a diferença existente entre Momento Linear e MA, bem como, relacioná-las. O mesmo ocorre para o caso da Força e Torque, Velocidade Angular e Linear. O professor poderá se guiar através dos hipertextos para organizar seu planejamento didático.

Caso o docente opte pela leitura da página realizada pelos educandos, é essencial o fechamento do assunto por parte do professor, com o objetivo da melhor interpretação do site. É importante também a exposição verbal de algumas perguntas após a leitura, tais como: “Como descobrimos a direção do Momento Angular?”, “Qual o sentido de rotação do corpo?”, “Aonde percebemos tal grandeza?”, a fim de certificar que os estudantes estão engajados na atividade. Ao final desta etapa, pode ser disponibilizada uma lista de exercícios (material disponível ao final de página do conteúdo na web).

A abordagem do conteúdo é o momento em que os conceitos são de fato apresentados e diferenciados. Talvez pareça um método tradicional de ensino, mas não é, o que diferencia é o fato de que a problematização inicial abre caminho para a abordagem do conteúdo, possibilitando que o mesmo tenha significado. É nesta etapa que as respostas para as problematizações iniciais começam a aparecer, por esse motivo, é de extrema importância que os problemas apontados inicialmente estejam relacionados com o tópico em estudo.

4.2.3 Atividades experimentais

As AE que compõem esta proposta didática estão fundamentadas nas concepções construtivistas de ensino. Algumas dessas atividades, conforme defendido por Pinho-Alves (2000), são utilizadas com o objetivo de complementar o discurso de professor, outras estão organizadas conforme o planejamento proposto por Rosa (2011), que se baseiam nas etapas, pré-experimental, experimental e pós-experimental. Apresentamos um modelo no apêndice C.

Vale ressaltar que para o uso de alguma AE não há a necessidade de apresentar essa AE somente ao final da abordagem do conteúdo. A experimentação não deve ser concebida

como um evento secundário ou a parte das atividades desenvolvidas em sala de aula, por esse motivo, o uso de situações demonstrativas pode aparecer juntamente com as problematizações iniciais, antes mesmo da abordagem do conteúdo. Essa flexibilidade deve-se ao fato de que algumas AE possuem objetivos diferentes daquelas utilizadas com roteiro guia.

4.3 Produto educacional

Após a pesquisa e análise das dissertações referentes ao estudo de tópicos da Dinâmica Rotacional no EM, buscamos desenvolver um produto educacional que abarque um conjunto de estratégias didáticas para inserção do MA e sua conservação, fornecendo ao professor material para o planejamento de suas aulas. Sendo assim, os recursos que compõem o conjunto de atividades são:

- Vídeos de atividades experimentais e simulações de livre acesso que foram encontrados na Internet;
- Elaboração de hipertextos (textos com animações e imagens) sobre Velocidade Angular, Torque, Momento de Inércia, Momento Angular e Conservação do Momento Angular;
- Construção de dois giroscópios e um equipamento para estudo do Momento de Inércia e Torque.

Por se tratar de um produto que contempla animações e vídeos, optamos por disponibilizá-lo por uma plataforma virtual (site).

A construção do site ocorreu na plataforma gratuita do Google Sites. A plataforma permite criar várias seções, como página inicial, conteúdo, AE e pode ser configurada para ser acessada em diferentes dispositivos como, celulares, computadores e tablets. Esse site encontra-se disponível no endereço <<https://sites.google.com/view/dinarot>> e também no portal eduCapes no endereço <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/432305>>.

Na seção Conteúdo existem seis páginas, cinco com hipertextos e uma para explicação do movimento de precessão. Os hipertextos são utilizados para os conteúdos sobre Velocidade Angular, Torque, Momento de Inércia, MA e CMA. Ao longo da explicação de cada tópico há imagens e animações que representam determinadas situações ou eventos. A maior parte das animações foram criadas especialmente para compor o site e fazer parte do produto educacional desta dissertação. Além disso, a forma com que cada conceito é descrito busca resgatar grandezas dos movimentos retilíneos, assim como relacioná-las.

Figura 7 - Página: Momento de Inércia

Momento de Inércia

O Momento de Inércia (I) é a medida da resistência que um corpo oferece às modificações do seu movimento de rotação. O momento de inércia depende da distribuição da massa no interior do corpo em relação ao eixo de rotação. Quanto mais distante do eixo estiver a massa, maior o Momento de Inércia (I). Isto é o que lhe diferencia da Massa (que é intrínseca do corpo), pois depende do corpo e da localização do eixo de rotação.

O momento de inércia (I) de um corpo é definido em relação a um eixo de rotação. Suponhamos, por exemplo, uma esfera presa a uma haste de massa desprezível de comprimento (r), que gira livremente em torno de uma barra vertical, ver imagem 1. O momento de inércia (I) da bola, em relação a barra vertical, é dado por,

$$I = mr^2$$

Imagem 1: Representa-se a esfera em vermelho de massa (m), posicionada a uma distancia (r), da barra vertical. Neste caso, seu Momento de Inércia sera dado por $I = mr^2$

Fonte: arquivo pessoal, 2019.

Ainda na seção Conteúdo, está disponível, além dos hipertextos, um tópico referente ao movimento de precessão, conceito presente no funcionamento do giroscópio. Nessa página foram incluídos quatro vídeos, três deles fazem parte de um único vídeo encontrado no Youtube sobre a explicação do equipamento através de simulações; o quarto vídeo contém esclarecimentos sobre o funcionamento da roda de bicicleta quando presa a uma única extremidade e abandonada em rotação. Ao lado de cada vídeo foi adicionada a explicação do que ocorre fisicamente.

Figura 8 - Página: Movimento de Precessão

Variação do Momento Angular (Precessão)

No início da simulação o corpo possui momento angular constante.

Quando a força atua sobre o corpo, produzindo torque na mesma direção que o momento angular, ocorrerá uma variação na intensidade do momento angular, isso é, o corpo aumentará sua velocidade angular.

Esse fenômeno está relacionado com a seguinte equação $T = \Delta L / \Delta t$

Fonte: arquivo pessoal, 2019.

Na página Atividades Experimentais são apresentados três vídeos sobre AE de CMA e o equipamento usado para Torque e Momento de Inércia. Em relação aos vídeos, destaca-se que são recortes de um único vídeo encontrado no Youtube. O vídeo original contém uma série de atividade sobre Dinâmica Rotacional; os recortes realizados foram necessários para que fosse possível adicionar, ao lado de cada um, a explicação sobre a atividade. O equipamento para estudo do Momento de Inércia e Torque, por sua vez, foi adicionado na forma de imagem, e, ao lado, consta sua forma de construção e a explicação física de seu funcionamento.

Figura 9 - Página: Atividades Experimentais



Fonte: arquivo pessoal, 2019.

Além dos materiais citados anteriormente, o site conta com a sugestão de construção de dois giroscópios, para cada um deles há uma página específica que exemplifica o passo-a-passo como foram construídos. Utilizamos materiais de baixo custo como madeira, haste de impressora e rolamentos. As construções desses equipamentos buscam aperfeiçoar o giroscópio que foi apresentado no Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia (SINECT)⁷, com o objetivo de compactá-lo e facilitar seu deslocamento.

Consta também uma página no site com a Proposta Didática, onde estão disponíveis os slides utilizados em encontro. Ao lado de cada apresentação há as principais atividades desenvolvidas nos encontros e embaixo delas há um “botão” que direciona ao arquivo com a

⁷ BUSATTO, Cassiano Z; GIACOMELLI, Alisson C; PÉREZ, Carlos, A. S. Construção de um Giroscópio para o Estudo do Momento Angular e a Preeceção. *Anais do V Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia*. UTFPR. Ponta Grossa.

descrição detalhada de como foi o encontro. Essa alternativa visa facilitar o professor na organização de sua aula. Na apresentação e na descrição dos encontros há links que auxiliam o docente na identificação de qual atividade foi utilizada, assim como o roteiro utilizado em algumas AE.

Figura 10 - Página: Proposta Didática

Fonte: arquivo pessoal, 2019.

4.4 Descrição dos encontros

A operacionalização da proposta didática está disposta na forma de encontros, cuja previsão segue o descrito no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 - Descrição dos encontros

Encontro	Períodos	Data	Atividades propostas
1	2	13/08/2018	Apresentação da proposta; aplicação do questionário (pré-teste).
2	2	15/08/2018	Abordagem dos conceitos sobre Velocidade Angular, Torque e Momento de Inércia.
3	2	20/08/2018	Caracterização do Momento Angular.
4	2	20/08/2018	Conservação do Momento Angular, exercícios e atividades experimentais.
5	3	22/08/2018	Varição do Momento Angular (precessão), atividade experimental e aplicação do questionário pós-teste.

Fonte: autores, 2019.

4.4.1 Primeiro encontro

No primeiro encontro, a proposta foi apresentada e discutida junto aos estudantes. Nesse momento houve um breve diálogo entre os estudantes e o pesquisador, sobre o

programa de mestrado profissional. Na sequência, foi mencionado que a participação das atividades que compunham a pesquisa acadêmica era voluntária e não obrigatória, mas que, ao aceitar participar, era necessário comprometimento, honestidade e assiduidade nos encontros. Após esse momento, foi distribuído o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A) para leitura e assinatura.

Logo após o recolhimento do documento, iniciaram-se as instruções para responder o questionário pré-teste (Apêndice B). Foi solicitado aos estudantes que as questões fossem respondidas individualmente, assim como reiterado, a importância da sinceridade, honestidade ao respondê-las.

Nesse primeiro encontro não houve a abordagem de nenhum conteúdo, mas o encontro foi encerrado através de diálogo entre o pesquisador e os estudantes sobre as questões contidas no questionário pré-teste.

4.4.2 Segundo encontro

O segundo encontro foi destinado à revisão de alguns tópicos sobre o conteúdo de Dinâmica Rotacional. Foram abordados os conceitos de Velocidade Angular, Torque e Momento de Inércia. As aulas foram realizadas no laboratório de Física, sendo utilizado projetor multimídia e AE durante o encontro.

Para tal, a aula iniciou com problematizações sobre Velocidade Angular, ao apresentar o primeiro questionamento foi disponibilizado certo tempo para o debate entre aluno-aluno e aluno-professor. Na sequência, ocorreu a diferenciação entre Velocidade Linear e Angular utilizando o GIF do disco de vinil; após, foi destinado um momento para esclarecimento das dúvidas. Em seguida, foi apresentada a problematização referente às rodas dianteiras e traseiras de um trator, na explicação sobre a situação o pesquisador expôs um GIF de duas engrenagens de tamanhos diferentes a fim de ilustrar o movimento das rodas do trator. A revisão encerrou após a disponibilização de um exercício para os estudantes debaterem, e a resolução foi acompanhada grupo a grupo pelo professor.

Após a revisão do conceito “Velocidade Angular”, foram abordadas situações problematizadoras referente ao Torque, e, para isto, foram expostos três questionamentos com o objetivo de organizar o conceito a ser estudado. Em seguida, abordou-se o conceito de forma vetorial, esse momento foi subsidiado pelas animações em GIF sobre Torque, as quais caracterizavam a grandeza de forma tridimensional. Encerrando a abordagem sobre o assunto, foi realizada uma AE, o professor solicitou a um estudante que segurasse próximo a

extremidade da haste de madeira, que possuía dois ganchos (um na extremidade oposta e outro no meio), em seguida o aluno compartilhou com os demais colegas sobre a força realizada por ele para manter a haste na horizontal quando colocada a massa na extremidade oposta e no meio do objeto. Após o momento de contextualização, juntamente com a participação do aluno voluntário da atividade, permitiu-se que o aparato transitasse pela sala, percorrendo entre todos os alunos, enquanto o professor esclarecia dúvidas dos grupos.

Para finalizar o encontro, foi apresentada uma problematização sobre Momento de Inércia. Esse conceito, por sua vez, foi novo para todos os integrantes da turma. Observando a dúvida entre os alunos, o professor entrevistou, incitando os estudantes para o levantamento de hipóteses; destaca-se que houve poucas contribuições por parte dos voluntários. Logo após, foi abordado o conceito de Momento de Inércia, ressaltando como calculá-lo e demonstrando também as fórmulas prontas para corpos rígidos homogêneos. Em seguida, com o mesmo equipamento utilizado para estudo do Torque, foi desenvolvida a AE para o Momento de Inércia, entretanto, a haste contava com uma vareta em seu centro neste momento. Com a participação de um voluntário, foi solicitado ao mesmo que ele relatasse para os colegas a força necessária para colocar a haste para girar em dois momentos, quando as massas estavam próximas às extremidades e quando próximas ao eixo. Ressalta-se que no Momento de Inércia não foi utilizado animações, optou-se apenas pela AE.

As atividades desenvolvidas durante o encontro se mostraram fundamentais para o envolvimento dos estudantes frente ao conteúdo apresentado, incentivando os mesmos a participarem ativamente na resolução dos problemas e durante as AE.

4.4.3 Terceiro encontro

O terceiro encontro foi destinado à abordagem do conteúdo sobre MA. A aula foi ministrada no laboratório de Física e os alunos estavam divididos em grupos.

Visando Introduzir o tópico a ser estudo na aula, foi projetada uma situação na qual um corpo sofre um “empurrão” iniciando assim um Movimento Linear. Trata-se da animação em GIF sobre o carrinho que permanece em movimento retilíneo após a ação de uma força. O objetivo da animação foi caracterizar o Movimento Linear. No quadro branco, foi desenhada pelo professor/pesquisador a situação do GIF, apresentado as fórmulas do Movimento Linear e da relação entre impulso e Movimento Linear, foi representada a direção vetorial da força e também do Movimento Linear. As equações sobre esse conteúdo foram mantidas no quadro, para que, no decorrer da aula, fossem comparadas com as fórmulas do MA e do Torque.

Na sequência, apresentou-se as problematizações sobre o MA, disponibilizando um tempo para que os alunos interagissem ou arriscassem responder às questões de forma espontânea. Ainda no momento das problematizações, para encorajar os alunos ao levantamento de hipóteses, buscou-se explicar verbalmente uma comparação, de forma indireta, sobre a semelhança conceitual entre Momento Linear e MA (não houve menção da grandeza), isto é, que uma está relacionada ao movimento retilíneo e outra ao movimento rotacional. O objetivo era que algum estudante percebesse a relação e então mencionasse o termo MA.

Em seguida, ao perceber que não haveria resposta dos alunos, foi apresentado o conceito do MA. Após a explicação, pediu-se a participação de um aluno para a realização de uma AE. Nesta atividade o aluno devia segurar uma haste que continha, na ponta, um conjunto de rolamentos girando em alta velocidade. O rotor, assim denominado o conjunto de rolamentos, foi posto em rotação com a ajuda de uma furadeira. Demonstrou-se, antes de iniciar a atividade, como ele deveria segurar o equipamento e também quais os movimentos que deveria realizar. Solicitou-se ao estudante que compartilhasse com os colegas sua percepção quanto à facilidade ou dificuldade em mudar a direção do eixo de rotação do rotor.

Após a prática da AE, apresentou-se as fórmulas para calcular o MA. As fórmulas foram colocadas ao lado das que haviam sido antes escritas sobre Momento Linear. Nesse momento, demonstrou-se também o MA como um vetor, ou seja, como resultado de um produto vetorial. Para isso, foi utilizada uma situação idealizada na qual um projétil é atirado contra um bloco preso a uma plataforma que pode girar livremente sem forças resistivas. Essa situação foi auxiliada pela utilização de animações que representavam o evento imaginado, uma delas em especial ilustrava a situação em três dimensões. Posteriormente aos esclarecimentos, os alunos foram convidados a realizar dois exercícios sobre MA, estes tinham por objetivo a utilização das equações e encontro da direção do conceito abordado.

Neste momento, no quadro branco apresentavam-se, no lado esquerdo, as equações do Momento Linear e, abaixo, a do impulso, responsável por variar o Momento Linear. No lado direito, encontrava-se três equações, duas que caracterizavam o MA e outra que caracterizava a aplicação de Torque como a grandeza que varia o MA. Questionou-se aos estudantes se eles percebiam alguma relação entre as equações do impulso e o Momento Linear, e do Torque e o MA. Houve a participação de alguns alunos que mencionaram serem iguais; corrigiram-se rapidamente suas percepções mencionando que eram semelhantes, pois uma estava relacionada ao movimento retilíneo, enquanto a outra ao movimento rotacional.

4.4.4 Quarto encontro

O quarto encontro foi dividido em dois momentos, no primeiro foi retomado o conceito e as características do MA, posteriormente, foi iniciado a abordagem do conteúdo sobre CMA apresentando duas problematizações referentes ao conceito. A primeira problematização retratava um homem impulsionando a roda de um carro para colocá-la em movimento rotacional, questionando os estudantes sobre o que deveria ocorrer para cessar o movimento caso a situação fosse livre de forças resistivas. A segunda questão era demonstrada através de um vídeo⁸, onde um rapaz em cima de uma plataforma giratória é posto a girar com os braços abertos e em seguida orientado a recolhê-los juntos ao peito. O que se observava no vídeo era o rapaz com baixa Velocidade Angular ao estar com os braços abertos, e, ao juntar os braços próximos ao peito, sua Velocidade Angular aumentava. Questionava-se nessa situação, se o MA permaneceria constante, aumentava ou diminuía. Essa atividade gerou maior participação da turma ao utilizar as problematizações.

A equação da variação do MA, causado pela ação de Torque, estava descrita no quadro e à medida que havia levantamento de hipóteses, o diálogo entre professor e alunos encaminhava-se para a definição de que a ação do Torque era responsável pela variação do MA. Definiu-se que, quando o homem puxava a corda, ele aplicava Torque sobre ela, assim, iniciava um movimento de rotação. Por esse motivo, a única maneira de cessar o movimento seria aplicando Torque no sentido oposto, caso contrário, a roda permaneceria girando com Velocidade Angular constante, ocorrendo o que a física define como CMA.

A situação sobre o homem na plataforma giratória foi, então, aos poucos sendo estudada. Havia alunos convictos de que o MA aumentava quando o rapaz recolhia os braços junto ao peito. Entretanto, outros, após a definição da primeira situação, começaram a perceber que o MA não poderia variar, pois não havia mais a ação de Torque. Em virtude de alguns alunos apresentarem dificuldade em compreender que o aumento da Velocidade Angular ocorreria devido a uma compensação, utilizou-se o trecho de um vídeo encontrado na internet. O vídeo⁹ evidenciava a mesma situação da problematização inicial, mas continha nele os vetores “Momento Angular” e “Torque” que ilustravam melhor a grandeza. Após a exibição desse vídeo, os alunos que permaneciam em dúvida, obtiveram a compreensão do conteúdo. Concluindo que a utilização desse recurso se fez essencial como complementação da atividade.

⁸ Disponível em: <<https://bit.ly/2IDWFWP>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

⁹ Disponível em: <<https://bit.ly/2StjiNy>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

Posteriormente a definição do conceito de CMA, os alunos foram convidados a realizar uma AE. A atividade foi abordada utilizando o roteiro guia construtivista proposto por Rosa (2011); o roteiro estava organizado através de três etapas principais, sendo a pré-experimental, experimental e a pós-experimental. Na etapa pré-experimental foi apresentado um vídeo e nele um helicóptero de controle remoto era posto a funcionar de duas formas, a primeira vez com o estabilizador de cauda, responsável por manter estável o corpo, e a segunda, sem o estabilizador. Nessa última situação, quando a hélice começava a rodar, o corpo do helicóptero girava no sentido oposto. O vídeo foi reproduzido três vezes a pedido dos estudantes.

Na sequência foi solicitado que respondessem duas perguntas iniciais que descreviam as atividades que seriam realizadas em seguida; para representação foram utilizadas fotos das mesmas. Esse momento foi de muito envolvimento e diálogo entre os alunos nos seus respectivos grupos, e entre professor e alunos. Eles solicitaram para ver o que seria realizado, e a dúvida surgia em como o rapaz que estava na plataforma iria girar a roda de bicicleta. As situações foram demonstradas nas atividades, porém não executadas, preferiu-se aguardar todos responderem as perguntas.

No momento de execução da AE, foi solicitada a participação de um estudante; o professor organizou o voluntário na plataforma e pediu à turma que informasse como deveria transcorrer a atividade. Para finalizar a AE, e também o encontro, os alunos fizeram o fechamento respondendo às perguntas do roteiro guia.

Observou-se que cerca de três estudantes não estavam completamente envolvidos com a atividade, porém o restante da turma demonstrou interesse para o que estava sendo realizado em aula.

4.4.5 Quinto encontro

O último encontro foi destinado à abordagem do movimento de Precessão. Iniciou-se a aula retomando os conceitos sobre MA e CMA, para isso, foi solicitado aos estudantes que mencionassem a forma que poderia ser calculado ou quantificado o MA. Houve poucas contribuições por parte dos educandos. As equações foram colocadas no quadro, sendo, no lado esquerdo, as equações referentes ao MA, e, no lado direito, a equação da CMA.

Após o momento de retomada dos conceitos estudados nas aulas anteriores, foi utilizado o trecho de um vídeo¹⁰ encontrado na Internet referente a uma simulação e que era destinado a explicação do funcionamento do giroscópio. Em um de seus trechos, um corpo

¹⁰ Disponível em: <<https://bit.ly/2Nwlnrd>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

girava constantemente e nele havia a representação do vetor MA, na sequência, era simulado a aplicação de uma força para aumentar sua velocidade, a partir disso, era representado o MA variando no mesmo sentido do Torque. Nesse momento, se tornou mais visível para os estudantes a relação entre as grandezas. Em meio ao diálogo e a explicação, era demonstrado que sua direção condizia com a regra da mão direita, estratégia que foi abordada nas aulas anteriores.

Do mesmo vídeo, também foram retirados outros dois trechos¹¹. Esses, por sua vez, estavam relacionados à explicação do movimento de precessão. O objetivo dos vídeos e da explicação do professor era esclarecer que a direção do Torque e do MA precisavam ser encontrados para conseguir prever os movimentos que ocorreriam no giroscópio. Nesse momento, observou-se que os estudantes estavam em silêncio e que a maioria estava atenta às explicações. Demonstrou-se com as simulações que o vetor MA sofria variação na direção do Torque. Após a explanação do conteúdo, deu-se início a uma problematização com o giroscópio.

Em seguida, apresentou-se um vídeo¹² no qual o giroscópio é submetido a vários movimentos, mas seu eixo permanecia sempre direcionado para a mesma posição, mostrando que tal fato ocorria por uma característica importante do equipamento, isso é, que o centro de gravidade do giroscópio está na intersecção dos eixos de simetria e por isso o Torque era nulo. Ressaltou-se nesse momento que sem Torque não haveria variação do MA. A partir disso, apresentou-se o giroscópio físico, dispendo-o em uma determinada posição, foi solicitado aos estudantes que previssem o que iria acontecer quando o rotor estivesse parado e quando estivesse em alta velocidade de rotação.

Esse momento da aula foi intenso, com satisfatória participação dos estudantes. Alguns estavam parados com o olhar fixo no equipamento, pareciam estar simulando mentalmente o que poderia vir a acontecer, outros discutiam em seus grupos sobre as possibilidades de movimento, e uns chamavam pelo professor para esclarecer se queria descobrir o movimento do eixo do rotor. Essa atividade não foi com a ajuda de um roteiro guia, mas com uma estrutura semelhante a dele. Primeiramente, os estudantes deveriam levantar suas hipóteses em um determinado tempo cedido e depois seria realizado a AE. No momento de execução da tarefa uns pareciam chocados e outros contentes por quase terem acertado, alguns acreditavam que iria acontecer o mesmo movimento que com o rotor parado, outros que o eixo iria mover-se na diagonal.

¹¹ Disponíveis em: <<https://bit.ly/2TkuDnt>> e <<https://bit.ly/2tEFJFu>>. Acessos em: 21 fev. 2019.

¹² Disponível em: <<https://bit.ly/2Uf3hMQ>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

Houve, então, o momento de explicação e contextualização¹³, explanando as possibilidades de utilização que o dispositivo giroscópio teria. Como exemplo de utilização, foi citado a incorporação do instrumento em motos, com a finalidade de evitar que essas venham a tombar.

No decorrer da aula, uma nova situação foi proposta. Usou-se um giroscópio diferente, o equipamento referido é semelhante a uma gangorra, em uma das pontas há um rotor e do outro um contrapeso móvel que permite equilibrá-lo, sendo que o suporte que sustenta a gangorra pode girar livremente. Isso significa que o equipamento pode apontar o eixo do rotor para qualquer posição. Pediu-se aos estudantes que antevissessem o que aconteceria quando o giroscópio estivesse com o rotor girando (com seu eixo na posição horizontal), ora com contrapeso, ora sem o contrapeso. Novamente, foi disponibilizado tempo para os estudantes pensarem e relatarem suas hipóteses do que aconteceria. Assim como a outra atividade, essa gerou bastante participação e frequentemente os estudantes chamavam o professor para esclarecer dúvidas sobre o que iria acontecer. No momento de execução da atividade, a turma estava descontraída e parecia sentir-se à vontade em fazer inferências, perguntas e saciar dúvidas.

Com o transcorrer da aula, foi sugerido uma AE com o roteiro guia. O roteiro estava organizado em três etapas, a primeira pré-experimental, que previa o momento de contextualização e levantamento de hipótese; a experimental em que seria realizado a atividade, e por fim, a pós-experimental, na qual ocorreria o fechamento das atividades retomando as previsões iniciais.

Na etapa pré-experimental foram exibidos dois vídeos para contextualização, um sobre um rapaz que tenta segurar horizontalmente um rotor de 10kg, ora parado e ora com alta velocidade de rotação, e o segundo sobre a explicação do movimento de precessão da Terra. Logo depois, foram apresentados questionamentos sobre as AE experimentais que seriam realizadas. A atividade era referente a uma roda de bicicleta que estava suspensa por uma corda em uma de suas extremidades enquanto a outra estava livre. Questionava-se o que aconteceria com ela sem rotação e com rotação. Disponibilizou-se tempo para o levantamento de hipóteses.

Na etapa experimental, foram realizadas as atividades do roteiro guia. Na execução, buscou se envolver os estudantes na atividade, solicitando a eles que dissessem como o professor deveria realizá-la.

¹³ Disponível em: <<https://bit.ly/2Ejug35>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

Na etapa pós-experimental, foi realizado o fechamento da atividade. À medida que os estudantes elaboravam suas respostas finais, o professor passava entre os grupos esclarecendo dúvidas.

O encontro oportunizou tempo suficiente para o envolvimento dos estudantes nas atividades. É possível afirmar também que houve tempo para refletirem, discutirem com os colegas e com o professor, e para manusearem os equipamentos. A aceitação das atividades, por parte dos estudantes, desenvolvidas nos encontros foram boas, muitos demonstravam estarem contentes, enquanto outros ficaram decepcionados por terem errado nas previsões. De modo geral, na maioria dos momentos de explicações, os estudantes ficavam atentos e questionavam, buscando esclarecer todas as situações propostas.

5 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo destina-se à descrição da pesquisa realizada no estudo. De forma mais específica, buscamos apresentar os instrumentos para coleta de dados e o modo como proceder à análise para conseguir responder ao questionamento inicial. Para tanto, projetamos a realização de uma pesquisa qualitativa, cujas características e especificidades estão descritas a seguir.

5.1 Aspectos metodológicos

De acordo com os objetivos anunciados para o estudo, a pesquisa é definida como de abordagem qualitativa, a qual, conforme Triviños (1994), busca compreender e analisar a realidade, possibilitando ao mesmo tempo assimilar as atividades de investigação que podem ser específicas do estudo e identificar os traços comuns presentes nos dados, podendo responder ao questionamento da pesquisa. O uso de pesquisas qualitativas é recorrente, pois levam a uma interpretação além dos números, o que se justifica em função de ser uma área de intensas relações humanas, ou seja, é algo dinâmico, interativo e passível de interpretações.

A pesquisa caracteriza-se ainda como do tipo participante (GIL, 2008), uma vez que o próprio pesquisador assume a condução da sala de aula e é o observador. Isto significa que a pesquisa ocorrerá no próprio espaço de atuação do pesquisador. Este tipo de estudo tem como aspecto central a interação entre o pesquisador e os integrantes da conjuntura analisada. Ela valoriza as relações entre investigador e participante, uma vez que o pesquisador interage integralmente das atividades desenvolvidas.

A pesquisa-participante, assim como a pesquisa-ação, se caracteriza pelo envolvimento do investigador e os sujeitos participantes da pesquisa, o que diferencia dos princípios da pesquisa científica acadêmica. Os autores propõem a “relatividade observacional”, como substituição da pesquisa empírica clássica, pois se entende que a realidade não é fixa e o observador, juntamente com seus instrumentos, desempenha papel ativo na coleta, análise e interpretação dos dados. Por esse motivo, o relacionamento do pesquisador com os sujeitos de pesquisa, tanto na pesquisa-participante e na pesquisa-ação, não se dá com mera observação do pesquisado sobre os sujeitos, mas ambos acabam se identificando, sobretudo, quando os objetos são sujeitos sociais (GIL, 2008).

As características apresentadas vêm ao encontro do pretendido neste estudo. Pois, é por meio da participação, do envolvimento e do diálogo estabelecido entre investigador e

sujeitos e deles com o conhecimento que o pesquisador pretende analisar os resultados obtidos e a eficácia da proposta didática elaborada para construção do conhecimento de grandezas físicas.

A partir dessas características, os instrumentos para coleta de dados foram pré e pós-teste e o diário de bordo. Esses instrumentos permitem apresentar e discutir os dados de forma qualitativa na perspectiva de uma interpretação à luz do referencial teórico construído.

O pré e pós-teste são sugeridos como instrumentos a serem aplicados em dois momentos: antes (pré-teste) e após a aplicação da proposta (pós-teste), o qual será constituído por questões relacionadas ao conteúdo. A opção por este instrumento decorre da possibilidade de traçar comparações e fazer inferências sobre a efetividade da proposta em termos de apropriação de conceitos.

O diário de bordo, segundo a perspectiva de Zabalza (2004), pode ser entendido como espaço designado a registros, anotações e reflexões individuais sobre um determinado processo de aprendizagem. De acordo com o autor (2004, p. 11) “Os diários contribuem de uma maneira notável para o estabelecimento dessa espécie de círculo de melhoria capaz de nos introduzir em uma dinâmica de revisão e enriquecimento de nossa atividade como professores”. Seu foco principal está em analisar o processo educacional, isto é, a relação entre aluno-aluno, aluno-professor e aluno-objeto, bem como a estrutura da proposta didática. Segundo Coppete (2014), o diário de bordo representa um instrumento pessoal e, por este motivo, pode apresentar sentimentos como frustrações, conquistas, dúvidas, impasses, inquietações e desabafos expressos em uma caminhada, os quais oralmente e presencialmente nunca fossem expressos.

Para a análise dos dados coletados estabelecemos categorias específicas, de acordo com os instrumentos empregados. Tais categorias são, no entender de Bardin (2004), um espaço para discutir e refletir sobre os dados, sendo que essas podem estar definidas *a priori* ou serem elaboradas com base na leitura do material coletado. No caso do questionário pós e pré-teste, optamos por criar categorias de acordo com os itens que o integram, ou seja, já estão criadas *a priori*. Dessa forma, cada problema corresponde a uma categoria e é avaliado em termo de comparação entre o pré e pós-teste, neles buscamos identificar a evolução conceitual dos estudantes.

Com relação ao diário de bordo, as categorias foram elaboradas a partir da leitura do material registrado, destas, foram criadas três que se referem as ferramentas didáticas utilizadas. Com isso buscamos analisar o envolvimento dos alunos e a estrutura das aulas.

5.2 Análise dos dados

A análise dos dados, apresentada na sequência, dá-se em duas etapas: na primeira estão analisados os registros do diário de bordo e, posteriormente, as respostas dadas pelos estudantes no pré-teste e no pós-teste.

5.2.1 Diário de Bordo

O uso do diário de bordo como instrumento de pesquisa justifica-se por permitir um registro de todas as atividades ocorridas no contexto educacional, possibilitando analisar a participação dos estudantes nas atividades, a interação entre aluno-aluno e aluno-professor, bem como a estrutura da aula.

Para a análise dos registros feitos no diário de bordo e constituintes dos dados coletados da pesquisa seguimos as indicações de Bardin, foram elaboradas as seguintes categorias: problematizações iniciais, recursos digitais e AE. Em cada uma dessas categorias são analisados momentos de interação entre aluno-aluno e aluno-professor e a estrutura da aula. As partes citadas das transcrições do diário são destacadas em letra itálica.

5.2.1.1 Problematizações

Em uma educação na qual o sujeito torna-se construtor de sua própria aprendizagem, as problematizações assumem papel fundamental no planejamento das aulas. Para Delizoicov (2001), as problematizações devem ter o potencial de gerar no sujeito que aprende a necessidade de aquisição de conhecimento, além disso, elas permitem localizar as possíveis limitações dos conhecimentos por eles apresentados. O defendido pelo autor, foi relatado no registro do diário de bordo,

Ao iniciar as problematizações sobre Velocidade Angular, ficou evidente a heterogeneidade da turma, isto é, a segurança/confiança que alguns estudantes demonstravam ao responder as problematizações, enquanto outros ficavam inquietos e seus olhares demonstravam estarem pensativos e decididos a entender ou compreender o que se estava questionando. Lembro de uma estudante sentada bem à frente que pedia ajuda ao colega ao lado, e o mesmo lhe explicava sobre a diferença entre Velocidade Linear e Angular (DIÁRIO DE BORDO, 15/08/2018).

As problematizações referentes à Velocidade Angular parecem estar alinhadas com o defendido por Delizoicov. A necessidade de aquisição de conhecimento ocorre quando o sujeito busca alternativas para compreender o que se está questionando, nesse caso, o auxílio do colega próximo. Atitudes como essas podem não ser recorridas por parte dos estudantes, mas o trecho sugere também a percepção do professor/pesquisador quanto às expressões faciais e comportamentais dos estudantes que, ao se depararem com a situação-problema, apresentam curiosidade e interesse pelo conteúdo.

A estrutura das problematizações possui papel fundamental. Nos questionamentos referentes ao conceito de Torque três situações-problemas foram utilizadas, que se complementavam aumentando gradativamente o grau de dificuldade. O objetivo era o mesmo da situação anterior, como exemplo, gerar a necessidade de conhecimento e mapear os conhecimentos prévios, no entanto, ocorrem instantes de tomada de consciência. No diário de bordo foi relatado esse momento,

Apresentei então a problematização referente ao Spinner, questionando sobre o empurrão fornecido ao brinquedo para colocá-lo em rotação. Alguns estudantes logo falaram sobre o conceito de força, outros já familiarizados com a grandeza, utilizaram o termo Torque ou Momento de Força. Apresentei então a segunda situação, que se referia a posição da força aplicada. Nessa problematização estava claro que a força em si, pode em alguns casos, não produzir rotação, e, por esse motivo, necessita de uma posição adequada. Ao apresentar o questionamento, o relacionado à aplicação de força em diferentes posições da roda, percebi sussurros: “É mesmo! Em alguns casos a força não produz rotação” (DIÁRIO DE BORDO, 15/08/2018).

Os problemas estão relacionados às situações rotineiras vividas pelos estudantes, buscando ter uma significação, como sugerido por Delizoicov, de modo a conscientizá-lo de que existe diferença entre o conceito de Torque e Força. Essa estratégia, de organizar uma série de perguntas deve ter o potencial de gerar no aluno a tomada de consciência, ou seja, de confrontar seu conhecimento com situações nas quais não se sustenta.

Por outro lado, as problematizações também podem ocasionar pouca participação dos estudantes quando o que se deseja ensinar está além do que eles já conhecem. Essa situação foi observada na abordagem do conceito de Momento de Inércia e do MA, momento no qual a turma demonstra pouca ou nenhuma participação. No entanto, isso não significa que não se deve apresentar as problematizações, pelo contrário, o silêncio ou a pouca participação deve provavelmente estar relacionada a falta de conhecimento prévio. O trecho mostrado a seguir,

descreve o momento da abordagem do conceito de Momento de Inércia. Ao realizar a abordagem, o professor assume a postura de fomentar nos estudantes a participação, procurando o momento adequado para introduzir o tópico e iniciar sua definição.

Iniciei a problematização sobre Momento de Inércia com a contextualização sobre a força aplicada a um tijolo e a um palete de tijolos. Ao apresentá-la, todos sem exceção, concordaram que para colocar o tijolo em movimento era necessário menos força. Logo em seguida apresentei a problematização sobre o arranjo experimental montado. Nesse momento, parte da turma ficou sem saber o que responder e outra concordava que quanto mais longe, mais força seria preciso para colocar o corpo em rotação. Questionei a turma se para as mesmas massas, em posições mais afastadas do eixo seria necessária mais força para colocar o equipamento em rotação, eles concordavam que quanto mais longe, mais força seria necessária, mas não utilizavam o conceito de Momento de Inércia em suas falas. Percebi que aquele conteúdo era novo para todos os integrantes da turma, e então apresentei o conceito, explicando que a posição da massa estaria relacionada com o mesmo (DIÁRIO DE BORDO, 15/08/2018).

Outro momento registrado na abordagem do conceito do MA é perceptível a falta de participação dos estudantes.

Na sequência da aula apresentei a problematização sobre a tendência de corpos permanecerem em rotação. Nessa questão o objetivo era incentivar os educandos a falar sobre uma grandeza que definiria a tendência de corpos permanecerem em rotação, já que a tendência de permanecer em movimento retilíneo estava relacionada com o momento linear. Ao passar o slide e ler a problematização, questionei, resgatando e definindo o conceito de momento linear, sobre qual grandeza mediria a quantidade de movimento de rotação. Eles ficaram em silêncio, e nada falaram. Questionei novamente. Ninguém ousou arriscar uma resposta (DIÁRIO DE BORDO, 20/08/2018).

Em relação aos trechos apresentados, ficou perceptível que a participação dos estudantes está relacionada aos seus conhecimentos prévios. O conceito de Momento de Inércia provavelmente não faz parte do planejamento curricular dos professores da educação básica, o que ocasiona uma lacuna na compreensão dos fenômenos relacionados aos movimentos rotacionais. À medida que o indivíduo conhece conceitos ou grandezas, o nível de participação aumenta, e, novamente, as características das problematizações aparecem, como o levantamento de hipóteses, a participação e a tomada de consciência. O trecho a seguir destaca o momento de abordagem do conceito de CMA, onde há intensa participação.

Iniciei a aula com as problematizações do homem que coloca a roda do automóvel em rotação, e depois com a do rapaz que está sobre a plataforma giratória fechando e abrindo os braços. Na primeira problematização, era praticamente consensual que seria necessário a aplicação de uma força contrária, para pará-lo, então houve bastante participação e pouca diferença nas respostas. Na segunda situação, a participação se manteve, mas houve divergência nas repostas, cada aluno defendia seu ponto de vista. Após o rapaz ser colocado em movimento com os braços estendidos, sua velocidade era uma, e quando fechava seus braços começava a girar mais rapidamente. Questionei se o Momento Angular aumentava quando eles fechavam os braços. Um estudante estava convicto que sim, pois sua velocidade angular aumentava. Então disse a ele, para o Momento Angular aumentar deve haver torque aplicado, houve? (DIÁRIO DE BORDO, 20/08/2018).

Em relação ao trecho sobre a abordagem do MA e o da CMA, fica nítido a utilização dos novos conceitos por parte dos estudantes, o que permite a eles formularem suas hipóteses e aumentar o nível de participação.

5.2.1.2 Recursos Digitais

Para Oliveira (2003), o uso de tecnologias digitais oferece sensíveis mudanças na relação entre os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, vale analisar como esses recursos foram aceitos, e se contribuíram de alguma forma no desenvolvimento das aulas. Inserido em uma perspectiva construtivista, onde os estudantes devem estar envolvidos com as atividades pedagógicas, a participação, o interesse e a interação são aspectos principais dessa análise. O trecho a seguir relata o momento no qual o GIF é utilizado como instrumento para representar uma situação de movimento, o que certamente seria impossível no quadro tradicional. A situação descrita é referente ao momento de apresentação de engrenagens, onde se discutia sobre a diferença de Velocidade Linear e Angular.

Aqueles alunos, que apresentavam dificuldade pareciam não conseguir visualizar essa diferença. Neste momento então, apresentei uma animação de duas engrenagens. Pedi que imaginassem as engrenagens como as rodas do trator e solicitei que me ajudassem a contar quantas voltas realizavam, para isso, acompanhava com o meu dedo um ponto da engrenagem maior, enquanto eles contavam o número de voltas da menor. Nesse momento eles estavam atentos, participativos e envolvidos na atividade (DIÁRIO DE BORDO, 15/08/2018).

De acordo com o que a literatura especializada na área sugere, as animações em GIF podem ser utilizadas no campo educacional, inseridas nos hipertextos ou como complemento do discurso do professor. Em relação a isso, o trecho representa o momento em que o docente sente a necessidade de demonstrar a animação após a problematização apresentada. Essa alternativa didática pareceu contribuir no envolvimento dos estudantes durante a atividade.

Promover a construção de conhecimento é objetivo de um ensino pautado no construtivismo, portanto, auxiliá-los na compreensão de fenômenos abstratos torna-se função do professor. Nesse sentido, os recursos digitais tornam-se poderosos para o aprendizado, permitindo aos alunos construir e reconstruir significados (MELO FILHO, 2009), e, subsidia o docente para complementar suas explicações. Essa situação foi expressa no trecho a seguir,

Passei então a abordar o conteúdo, explicando a primeira e a segunda problematização. Após a explicação utilizando os slides com equações e as animações, utilizei um trecho de um vídeo disponível na Internet. O vídeo era relacionado a explicação da atividade experimental que foi realizada ao final da aula do Momento Angular. Nele os criadores acrescentam um elemento essencial, que é a representação vetorial das grandezas. No momento da apresentação do vídeo e da explicação, um aluno concordava com a cabeça aparentando ter entendido (DIÁRIO DE BORDO, 20/08/2018).

Após a realização da AE, o professor conclui a explicação utilizando um vídeo da mesma atividade desenvolvida. O vídeo permite a inclusão de elementos que, na AE, torna-se impossível incluir, e que a única maneira é abstraindo tal situação. Essa alternativa, embora não possua participação dos estudantes, parece ser bem aceita.

De acordo com Moran (1994), o material audiovisual facilita na compreensão daquilo que não temos presente fisicamente. Além disso, conforme menciona Cinelli (2003), eles possuem a vantagem de serem manipulados com recuos, avanços, repetições e pausas, a fim de se analisar e obter o maior número de informações possíveis. O apresentado pelos autores foi de encontro com o momento em que o vídeo é utilizado para contextualizar um determinado fenômeno,

Na etapa pré-experimental foi apresentado aos acadêmicos um vídeo. Nesse, um helicóptero de controle remoto era posto em funcionamento, ora com o estabilizador e cauda, ora sem o estabilizador de cauda. O vídeo foi reproduzido três vezes a pedidos dos estudantes. Percebi que, a cada reprodução, eles atentavam-se a um novo detalhe (DIÁRIO DE BORDO, 20/08/2018).

Situações como a apresentada não são cotidianas, e demonstram estar distantes da realidade dos estudantes. Mas o vídeo, como defendem os autores antes citados, possibilitam aproximar aquilo que está distante, assim como o uso de recursos como pausa e repetições. O desejo dos alunos pelas repetições confirma o exposto por Moran (1994), de que os vídeos criam condições de maior participação e envolvimento durante a atividade.

5.2.1.3 Atividades experimentais

Assim como as estratégias didáticas apresentadas anteriormente, as AE constituem importantes ferramentas para o professor. Isso porque fornecem aos estudantes um material concreto e manipulável. Essas atividades podem ser inseridas no planejamento pedagógico de diversas formas, por exemplo, ser manipuladas pelo professor com o objetivo de ilustrar um fenômeno, ou pelos estudantes, para testar, coletar dados, manusear e experimentar.

Pinho-Alves (2000), assinala que as AE, inseridas em um planejamento construtivista, não devem estar em segundo plano nas atividades do professor, pelo contrário, elas devem fazer parte do seu discurso, isso é, devem ser inseridas no momento em que o docente julga ser necessário, complementando sua explicação. Isso significa romper com características presentes do laboratório didáticos tradicional, como por exemplo, executar uma lista de procedimentos previamente fixados. O exposto pelo autor vai de encontro com que foi registrado no diário de bordo,

Sobre o Torque, utilizei uma haste que continha 4 ganchos fixos. Um em cada extremidade e dois no meio. Pedi a participação de um aluno, e solicitei a ele que segurasse próximo a uma extremidade e que compartilhasse com os colegas sobre a força que ele fazia para manter a haste na horizontal, enquanto eu adicionava uma massa, ora na extremidade oposta, ora no meio. Ao realizar a atividade, o aluno mencionou: “Nossa! (risos) no meio fica bem mais leve”. Deixei que o experimento transitasse pela sala, e observei que todos o manusearam (DIÁRIO DE BORDO, 15/08/2018).

O trecho relata o momento em que o professor utiliza um equipamento didático para contextualizar o conceito que estava sendo estudado; essa abordagem não utiliza nenhum roteiro, somente a interação com os estudantes. Esse tipo de atividade busca contextualizar um conceito novo, e que, talvez, nunca tenha sido experimentado por parte dos estudantes. Como menciona Borges (2002), as atividades devem oferecer a oportunidade, seja ela de manusear ou observar, mas que permita conectar símbolos, e que possa se tornar um exercício

de simbolização e representação. Nesse caso, entra a questão da sensação sentida pelo sujeito que aprende, na qual ele experimenta e compara a força que fez para manter a haste na horizontal modificando a posição da massa.

Assim como as AE podem ser utilizadas de modo a contextualizar um conceito ou grandeza apresentada, elas também se mostraram eficazes ao serem inseridas antes de abordar um determinado conteúdo, com o objetivo de fomentar a motivação, a interação e o envolvimento dos estudantes na aula.

Eles ficaram em silêncio, e nada falaram. Questionei novamente. Ninguém ousou arriscar uma resposta. Peguei o rotor do giroscópio, e pedi a ajuda de um voluntário. Demonstrei a ele como eu queria que segurasse o brinquedo. Na sequência, com a ajuda de uma furadeira coloquei o rotor para girar. Entreguei o objeto, e disse a ele para mudar o eixo de posição várias vezes, compartilhando com os demais se considerava fácil ou difícil mudá-lo. O aluno não se conteve e começou a rir, dizendo “Eu não consigo! Empurro para um lado e ele vai para o outro” (DIÁRIO DE BORDO, 20/08/2018).

Buscar aproximar os estudantes do que se deseja ensinar consiste em facilitar o processo de ensino e aprendizagem. É preciso considerar que nem todos os indivíduos que aprendem tiveram a oportunidade de presenciar, ver ou interagir com o que se deseja ensinar. Sem esse conhecimento prévio, faltam recursos para a interação e o diálogo.

Fundamentado nas concepções construtivistas, Rosa (2011) sugere um roteiro guia para a execução de AE. Diferentemente de roteiros “engessados” ditos “roteiros tradicionais”, o proposto pela autora busca mobilizar a estrutura cognitiva do aprendiz. Ao contrário de ter uma série de passos a ser realizado, o roteiro contém uma série de perguntas organizadas de modo a fomentar os estudantes na busca por respostas e pela relação entre o que se estudou e o que ocorrerá na atividade. Diante do propósito de favorecer a construção de conhecimento por parte dos estudantes, o roteiro estimula a interação entre os indivíduos que compõem a sala, como pode ser observado no trecho a seguir,

Após a apresentação do vídeo foi dada sequência a atividade, e então cabia a eles a levantarem hipóteses referentes às imagens contidas no roteiro. O diálogo entre eles nesse momento foi intenso, pois cada um tentava explicar de uma forma o que aconteceria com a roda de bicicleta. Frequentemente eles me chamavam para confirmar o que aconteceria ou tirar dúvidas sobre como o rapaz da figura segurava a roda, como ele a girava e sobre o sentido de rotação dela (DIÁRIO DE BORDO, 20/08/2018).

É possível observar que a estrutura do roteiro favoreceu o diálogo dentro da sala de aula e também estimulou a busca por respostas. Tais características estão presentes nas concepções construtivistas de ensino, as quais defendem um ambiente com estudantes ativos e participativos.

As AE como um todo, constituem parte fundamental na proposta didática. O registrado no diário de bordo demonstrou que além das AE apresentadas após a abordagem do conteúdo, podem ser incluídas também atividades antes de iniciar o estudo. Portanto, isso não significa que o planejamento não foi adequado, mas sim, que é flexível e pode ser adaptado de acordo com a característica de cada professor.

5.2.2 Pré e Pós-teste

O pré-teste e pós-teste são usados como instrumentos de pesquisa a fim de estabelecer um comparativo entre os conhecimentos iniciais e os finais apresentados pelos estudantes, permitindo analisar possíveis apropriações de conceitos, com o objetivo de obter indícios de aprendizagem.

Os testes são formados por um mesmo conjunto de questões abertas, iguais. Para análise dos dados, após a leitura do pré e pós-teste, considerou-se os conceitos abordados nas questões e definiu-se como categorias de pesquisa: Velocidade Angular, Torque, Momento de Inércia, Momento Angular, Conservação do Momento Angular. As transcrições feitas das respostas dadas pelos estudantes as questões, que são apresentadas no texto, estão destacadas em itálico e para identificar o estudante foi utilizado um código alfa numérico (A1, A2, A3, A4, A5, ...). Salientamos que, dos 15 participantes voluntários da pesquisa, três deles não compareceram em todas as aulas e também não realizaram todas as atividades dos encontros, por esse motivo, o material utilizado para análise é de apenas 12 participantes.

5.2.2.1 Velocidade Angular

A primeira questão (Q1) do pré-teste e pós-teste, pretende encontrar evidências que demonstrem se os estudantes conhecem, ou não, os conceitos de Velocidade Linear e Angular, e se compreendem a relação/diferença entre eles. O problema está relacionado ao movimento de um carrossel de um parque de diversões, e questiona sobre a velocidade do cavalo posicionado na parte mais externa do brinquedo em relação ao que fica mais próximo ao eixo de rotação (centro do carrossel).

O cavalo de madeira na parte mais externa de um carrossel move-se mais rapidamente do que um cavalo que está mais para o interior do carrossel? Ou ambos têm a mesma rapidez?

Ao responder uma questão sobre a velocidade de um corpo que descreve um movimento rotacional, é preciso estar ciente que há dois tipos de velocidade, isto é, que há Velocidade Angular e a Velocidade Linear. A resposta consistente para esse tipo de pergunta deverá então ser elaborada mencionando os dois tipos de velocidade, como por exemplo, “o cavalo localizado na parte mais externa terá Velocidade Angular igual aos demais, enquanto a Velocidade Linear será maior para o cavalo que estiver mais afastado do centro de rotação do carrossel”. As repostas dos estudantes à Q1 do pré e pós-teste estão descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Respostas dos estudantes para a Q1 do pré e pós-teste

	<i>Pré-teste</i>	<i>Pós-teste</i>
A3	<i>Sim, a velocidade linear dele será maior mais alta, porém a angular é a mesma, estando os dois ligados ao mesmo eixo.</i>	<i>Ambos têm a mesma velocidade angular, mas com velocidades lineares diferentes.</i>
A4	<i>Não tenho certeza, mas uma bailarina move-se mais devagar se girar com os braços abertos, pois sai superfície é maior, mas no carrossel não tenho certeza se a superfície de contato é maior.</i>	<i>A velocidade de ambos será diferente, pois o cavalo mais externo se move mais rápido, porém a velocidade angular é mesma.</i>
A5	<i>O externo é mais rápido.</i>	<i>Move-se mais rápido o de fora.</i>
A6	<i>Ambos têm a mesma rapidez, pois o carrossel todo anda na mesma velocidade.</i>	<i>A velocidade angular é a mesma. A linear o de fora anda mais rápido.</i>
A7	<i>Tem a mesma rapidez.</i>	<i>O de fora vai mais rápido.</i>
A8	<i>Ambos têm a mesma velocidade.</i>	<i>Mais rapidamente em Velocidade linear, igual em Velocidade angular.</i>
A9	<i>Se ambos estiverem com a mesma frequência, o de fora se moverá mais rápido.</i>	<i>A velocidade angular dos dois são iguais, mas a linear é diferente, o afastado tem mais velocidade linear.</i>
A10	<i>O que está mais longe do centro é mais rápido.</i>	<i>A velocidade angular é a mesma mas a velocidade linear diferente.</i>
A11	<i>Ambos mesma rapidez.</i>	<i>A velocidade angular é a mesma, porém linear não, os mais afastados têm velocidade linear maior.</i>
A13	<i>Ambos têm a mesma rapidez.</i>	<i>A velocidade linear muda e a velocidade angular é a mesma.</i>
A14	<i>Acredito que a velocidade seja a mesma, porém o percurso do cavalo que está no exterior seja maior.</i>	<i>Depende, se estivermos falando de velocidade angular é a mesma, mas a linear de fora é maior que a de dentro.</i>
A15	<i>Acho que ambos têm a mesma velocidade, só que a distância (perímetros) diferentes.</i>	<i>Velocidade linear é igual, a angular é mais rápida no cavalo de fora.</i>

Fonte: autores, 2019.

Ao analisar as respostas do pré-teste, na tabela 3, pode-se observar que os estudantes A3 e A9 apresentam indícios de conhecimento prévios relacionados aos conceitos de velocidade no movimento rotacional. O participante A3 mantém sua resposta tanto no pré-teste quanto no pós-teste, o que indica que a definição do conceito está clara para ele. Em

relação ao participante A9, entendemos que ele identifica a existência de duas grandezas a serem analisadas, são elas a frequência e a rapidez, mas não menciona a grandeza Velocidade Angular ou linear (A9 - *Se ambos estiverem com a mesma frequência, o de fora se moverá mais rápido*). O conceito de frequência está relacionado ao número de rotação por unidade de tempo, enquanto Velocidade Angular é a rapidez com que varia o ângulo por unidade de tempo. A frequência de rotação para cada cavalo do carrossel é igual, logo a Velocidade Angular é a mesma, e quanto mais distante do eixo de rotação, maior Velocidade Linear ele terá. A9, no entanto, apresenta progresso na resposta do pós-teste, evidenciando a apropriação e uso de novos termos que substituem os anteriores, isso é, frequência por Velocidade Angular e rapidez por Velocidade Linear.

No pré-teste, os estudantes A4, A6, A8, A10, A11, A13 e A14 indicam apenas um tipo de velocidade (A8 - *Ambos têm a mesma rapidez*, neste caso relacionado à Velocidade Angular; A10 - *O que está mais longe do centro é mais rápido*, neste caso referindo-se à Velocidade Linear) ou respostas inconsistentes (A4 - *Não tenho certeza, mas uma bailarina move-se mais devagar se girar com os braços abertos, pois sua superfície é maior, mas no carrossel não tenho certeza se a superfície de contato é maior*). Os dados apontam que existe uma lacuna na identificação, diferenciação ou compreensão dos conceitos de velocidade no movimento rotacional. Em comparação aos resultados obtidos no pós-teste, há indícios de progresso nos estudantes, pois praticamente todos os estudantes passam a utilizar o termo velocidade, diferenciando-o entre “linear” e “angular” (A11 - *A velocidade angular é a mesma, porém linear não, os mais afastados têm velocidade linear maior*).

Quanto aos estudantes A5 e A7 os dados, apresentados na tabela 3, não apontam evolução na apropriação e utilização das grandezas referente a Velocidade Linear e Angular, pois ambos referenciam apenas um tipo de velocidade tanto no pré-teste quanto no pós-teste (pré: A7 - *tem a mesma rapidez*; pós: A7 - *o de fora vai mais rápido*). Outro caso que trata de uma apropriação equivocada é o aluno A15; no pré-teste, o estudante se refere apenas a um tipo de velocidade (A15 - *Acho que ambos têm a mesma velocidade, só que a distância (perímetros) diferente*).

5.2.2.2 Momento de Inércia

A segunda questão (Q2) do pré e pós-teste, visa identificar conhecimentos referentes ao conceito de Momento de Inércia. O problema escolhido faz referência a uma situação semelhante ao do equilibrista de parque de diversões e do esporte Slackline.

Quando você caminha sobre um muro, porque manter os braços abertos ajuda a equilibrar-se?

Uma resposta apropriada para esse problema deve envolver o conceito de Momento de Inércia, que expressa a dificuldade do corpo em alterar o estado de movimento rotacional. O Momento de Inércia está relacionado com a distribuição da massa em relação ao eixo de rotação, quanto mais afastada a massa do eixo, maior o Momento de Inércia e maior dificuldade o corpo oferecerá para alterar seu estado de rotação. Ao caminhar sobre um muro, intuitivamente abrimos os braços, e por consequência disso aumentamos o Momento de Inércia, dificultando que ocorra o desequilíbrio. O Quadro 4 contém as repostas dos estudantes para esta questão.

Quadro 4 - Respostas dos estudantes para a Q2 do pré e pós-teste

	<i>Pré-teste</i>	<i>Pós-teste</i>
A3	<i>Pois ajuda você a mudar o centro gravitacional do seu corpo.</i>	<i>Porque aumenta o momento de inércia, facilitando o equilíbrio do corpo.</i>
A4	<i>Creio que tenha algo a ver com uma distribuição mais parelha da massa corporal.</i>	<i>Pois redistribuí o peso e ajuda a compensar o momento angular do eixo y.</i>
A5	<i>Distribuí o peso conforme os pontos de apoio.</i>	<i>Para aumentar o espaço.</i>
A6	<i>Pois há dois pesos de quase mesma massa.</i>	<i>Devido ao momento de inércia.</i>
A7	<i>Pois distribuí a massa.</i>	<i>Ajuda na distribuição do peso.</i>
A8	<i>Não respondeu.</i>	<i>Aumenta o momento de inércia.</i>
A9	<i>Pois com o raio dos braços mais abertos o centro de massa fica mais concentrado.</i>	<i>Pois você pode adquirir rotação e facilita voltar ao seu estado de equilíbrio. Pela distribuição de massa.</i>
A10	<i>Pois distribuí melhor o peso.</i>	<i>Para aumentar a inércia referente da massa.</i>
A11	<i>Para a massa do corpo não ficar toda no centro.</i>	<i>Aumenta o momento inercial.</i>
A13	<i>Pois a massa é distribuída em equilíbrio.</i>	<i>Por causa do momento de inércia.</i>
A14	<i>Para facilitar o equilíbrio de massa.</i>	<i>Devido ao momento de inércia.</i>
A15	<i>Porque muda o centro de gravidade em relação ao eixo x.</i>	<i>O aumento da massa influencia no aumento da inércia.</i>

Fonte: autores, 2019.

Analisando os dados obtidos do pré-teste, identificamos que nenhum dos estudantes mencionou o conceito Momento de Inércia, isto parece indicar que eles desconhecem tal conceito, o que pode sugerir que o mesmo não foi trabalhado na educação básica.

No pré-teste os estudantes A3, A6, A8, A9, A11, A13 e A14 apresentam respostas diversas, que se distinguem umas das outras (pré: A3 - *Pois ajuda você a mudar o centro gravitacional do seu corpo*; pré: A9 - *Pois com o raio dos braços mais abertos o centro de massa fica mais concentrado*), e os dados não indicam indícios de conhecimento referente à influência da distribuição na dificuldade de rotação do corpo. Em relação a esses estudantes, no pós-teste, é notável uma evolução quanto à utilização do termo Momento de Inércia ou

Momento Inercial, ou seja, de que essa grandeza está relacionada à distribuição da massa (pós: A3 - *Porque aumenta o momento de inércia, facilitando o equilíbrio do corpo*). A relação entre o equilíbrio e a distribuição da massa é também identificada na resposta do aluno A9 (pós: A9 - *Pois você pode adquirir rotação e facilita voltar ao seu estado de equilíbrio. Pela distribuição de massa*), embora o estudante não mencione o termo Momento de Inércia, ele reconhece que a facilidade no equilíbrio está relacionada com a distribuição da massa.

Em contrapartida, em comparação entre o pré-teste e pós-teste, alguns estudantes não apresentaram evolução, pois suas respostas não oferecem indícios de compreensão do conceito de Momento de Inércia. O aluno A4 revela confusão na definição entre MA e Momento de Inércia (pré: A4 - *Creio que tenha algo a ver com uma distribuição mais parelha da massa corporal*; pós: A4 - *Pois redistribui o peso e ajuda a compensar o momento angular do eixo y*), O MA mede a quantidade de movimento de rotação de um corpo, enquanto o Momento de Inércia mede a dificuldade de alterar o estado de rotação; são duas grandezas que estão relacionadas, mas não são iguais. O A5 menciona aumentar o espaço, o que nos remete a ideia que ele, talvez, queira se referir à distribuição da massa, no entanto, essa explicação não aparece, estando, nesse caso, incompleta a sua resposta.

O aluno A7 no pré-teste, estava próximo à definição do conceito de Momento de Inércia (pré: A7 - *Pois distribui a massa*), porém, no pós-teste, menciona o termo “peso” o que acaba por revelar que as definições de massa e peso não estejam bem esclarecidas para ele.

O aluno A10 e A15 possuem respostas distintas no pré-teste (pré: A10 - *Pois distribui melhor o peso*; pré: A15 - *Porque muda o centro de gravidade em relação ao eixo x*), mas fornecem respostas parecidas no pós-teste (pós: A10 - *Para aumentar a inércia referente da massa*; pós: A15 - *O aumento da massa influencia no aumento da inércia*); a relação entre a massa com a inércia é correta, pois quanto maior a massa, maior a inércia, no entanto, esta resposta é equivocada se referindo ao Momento de Inércia, pois podemos ter para uma mesma massa um Momento de Inércia diferente.

As respostas iniciais não apresentam um padrão, mas no pós-teste, os estudantes passam a utilizar o conceito de Momento de Inércia, Inércia e distribuição da massa, estando essas definições mais homogêneas e próximas do que era almejado após a aplicação do produto. Apesar das atribuições equivocadas de alguns estudantes, mais da metade da turma apresentou respostas satisfatórias e progresso quanto ao entendimento do conceito de Momento de Inércia. Com base nessas informações, e pretendendo atingir um número maior de estudantes, entendemos que as atividades referentes a esse conceito necessitam de um

tempo maior de discussão em sala de aula, assim como maior atenção na definição do conceito da grandeza.

5.2.2.3 Torque

A terceira pergunta (Q3) dos questionários apresenta um problema que pretende identificar se os estudantes compreendem a diferença entre força e Torque. Desse modo, o foco estava em investigar sobre qual grandeza era estabelecida por eles como responsável por colocar um corpo em rotação.

Como denominamos a grandeza responsável por colocar corpos em rotação?

É notável, no senso-comum, que as pessoas confundam Torque com força. De fato, a uma relação entre essas grandezas. O Torque muitas vezes é chamado também de momento de força; é uma grandeza que representa a magnitude da força aplicada um sistema rotacional, ela depende da força e da distância de sua aplicação em relação ao eixo de rotação. Se a força coincidir com o eixo de rotação do corpo, terá posição zero e conseqüentemente Torque nulo, nesse caso, o corpo se moverá linearmente. No entanto, se for aplicada força em outra posição que não coincida com o eixo de rotação, haverá Torque, e o corpo poderá entrar em movimento de rotação. Por esse motivo a grandeza responsável por colocar corpos em rotação é o Torque. As respostas dos estudantes para Q3 estão descritas no Quadro 5.

Quadro 5 - Respostas dos estudantes para a Q3 do pré e pós-teste

	<i>Pré-teste</i>	<i>Pós-teste</i>
A3	<i>Aceleração centrípeta.</i>	<i>O que tende a manter os corpos em rotação é o torque.</i>
A4	<i>Não sou capaz de responder.</i>	<i>O torque funciona como uma alavanca que coloca os corpos em movimento.</i>
A5	<i>Momento de uma força.</i>	<i>Torque ou Momento de Força.</i>
A6	<i>Não respondeu.</i>	<i>Torque.</i>
A7	<i>Não respondeu.</i>	<i>Torque.</i>
A8	<i>Não respondeu.</i>	<i>Torque.</i>
A9	<i>Aceleração centrípeta.</i>	<i>Torque.</i>
A10	<i>Tração.</i>	<i>Torque e momento angular.</i>
A11	<i>Aceleração centrípeta.</i>	<i>Torque.</i>
A13	<i>MCU, mantido em rotação pela resultante das forças (qualquer F. motriz), nesse caso sendo a força centrípeta.</i>	<i>Torque e momento angular.</i>
A14	<i>Uma força.</i>	<i>Momento angular e torque.</i>
A15	<i>A gravidade fazendo força em algum ponto do corpo, e afastado do centro de apoio.</i>	<i>Torque.</i>

Fonte: autores, 2019.

Analisando os dados do pré-teste identifica-se que apenas o estudante A5 respondeu corretamente à questão (pré: A5 – *Momento de uma força*; pós: A5 – *Torque*), e em relação à diferença de termos utilizados no pré-teste e no pós-teste, cabe destacar que o estudante ampliou seu vocabulário, passando a identificar o termo momento de força como equivalente ao Torque.

Em contrapartida, os estudantes A4, A6, A7 e A8, que não responderam essa questão no pré-teste, ou os A9 e A11, que definiram com grandeza responsável a aceleração centrípeta, mostraram progresso ao estabelecer no pós-teste a grandeza Torque como resposta a questão. A aceleração centrípeta, embora seja fundamental para o movimento circular, não provoca movimento rotacional, ela surge devido a Força centrípeta que “puxa” o corpo em rotação para o centro da trajetória circular.

Outro estudante que apresenta progresso é o A15 (pré: A15 - *A gravidade fazendo força em algum ponto do corpo, e afastado do centro de apoio*; pós: A15 - *Torque*). A situação mencionada pelo participante no pré-teste pode ser entendida como uma tentativa de explicação do movimento de rotação de um corpo provocado pela sua força peso, como exemplo, a rotação de uma barra homogênea. Esse fenômeno ocorre quando o eixo de rotação não coincide com o centro de gravidade, nesse caso, a força peso produz Torque e coloca o corpo em rotação. A situação descrita pelo estudante, embora haja erro no uso de conceitos, é real. Entendemos, então, que o progresso do aluno nesse caso foi o de ampliar seu vocabulário, passando a entender que o Torque resume a situação que tentava explicar no pré-teste.

Vale ressaltar também uma concepção alternativa quanto ao aluno A3 que, no pós-teste, define Torque como a grandeza que “tende a manter” corpos em rotação (pós: A3 - *O que tende a manter os corpos em rotação é o torque*), sendo que o correto seria afirmar que ele “tende a colocar” corpos em rotação; já os estudantes A10, A13 e A14 além de mencionarem o termo Torque, acrescentam o MA. Diante do ocorrido, acabamos por entender que os estudantes assimilaram a definição dos conceitos de Torque e MA como sinônimos. É preciso deixar claro que o Torque não mantém corpos em rotação, pois ele poderá permanecer girando apenas por possuir quantidade de movimento de rotação (Momento Angular).

Com base nos dados obtidos, após aplicação do produto, é possível identificar evolução conceitual por parte de todos os estudantes, embora tenha ocorrido alguns equívocos a maioria passou a implementar a grandeza em suas respostas. Nesse caso, podemos concluir que o planejamento das atividades na proposta didática foi eficaz, no sentido de ampliar vocabulário e de comparar conceitos que anteriormente possuíam, mas que não se sustentavam como resposta ao problema.

5.2.2.4 Momento Angular

A questão quatro (Q4) do pré-teste visa identificar se os estudantes conhecem o conceito de MA. Para isso, foi apresentado o problema associado ao sentido de rotação das hélices de helicópteros de cargas, especificadamente, sobre aqueles que possuem duas hélices principais.

A resolução do problema está relacionada com a CMA, no entanto, para compreender esse princípio é preciso estar ciente do conceito e das características do MA, pois, sem seu conhecimento, não há como conhecer o princípio de CMA.

Existem helicópteros dotados de duas hélices principais. Descreva como devem ser o sentido de rotação das hélices para dar estabilidade ao helicóptero.



Ao iniciar a rotação, as hélices adquirem MA. De acordo com o princípio de CMA, se, inicialmente, o sistema (helicóptero) possui MA igual a zero, ele deverá permanecer sempre sendo zero na ausência de torques externos (o torque produzido na rotação das hélices é interno). Quando as hélices começarem a girar, o sistema deve manter-se nulo, pois não há aplicação de torque externo, nesse caso, as hélices giram em sentidos opostos, produzindo MA resultante nulo, ou seja, uma anula a outra. Dessa forma, o corpo do helicóptero não tende a girar, e assim, consegue adquirir estabilidade.

As respostas dos estudantes no questionário pré-teste e pós-teste estão descritas no Quadro 6, e analisando os resultados obtidos do pré-teste dos estudantes A6 e A15, em comparação com o pós-teste, verifica-se que a resposta principal (de que as hélices devem girar em sentidos opostos) é mantida (pré: A6 - *Uma hélice no sentido horário, e outra no sentido anti-horário*; pós: A6 - *O sentido de uma é horário e o da outra é anti-horário*; pré: A15 - *No caso da foto ao lado, o rotor frontal gira em sentido anti-horário e o rotor traseiro gira no sentido horário*; pós: A15 - *Devem ser em sentidos opostos*), isso mostra um ponto positivo das atividades desenvolvidas, pois não houve um entendimento equivocado da situação após a aplicação da proposta.

Quadro 6 - Respostas dos estudantes para a Q4 do pré e pós-teste

	<i>Pré-teste</i>	<i>Pós-teste</i>
A3	<i>Tem duas opções. Uma dá certo e a outra não: Ambas ao mesmo sentido ou cada uma para um lado.</i>	<i>Uma hélice gira sentido horário e a outra sentido anti-horário para que as forças possam se anular e manter o helicóptero estável.</i>
A4	<i>Pelos meus conhecimentos uma irá girar em sentido horário e outra no sentido anti-horário.</i>	<i>Cada hélice gira em uma direção para manter o helicóptero, pois se girassem na mesma direção o helicóptero giraria na direção contrária para compensar.</i>
A5	<i>Simultâneo e mesma frequência.</i>	<i>Em sentidos opostos.</i>
A6	<i>Uma hélice no sentido horário, e outra no sentido anti-horário.</i>	<i>O sentido de uma é horário e o da outra anti-horário.</i>
A7	-----	<i>Giram em sentido opostos para estabilizar.</i>
A8	<i>Mesmo sentido.</i>	<i>Uma para cada lado para equilibrar o momento angular.</i>
A9	<i>Não sei.</i>	<i>Sentido horário para poder voar e ter estabilidade.</i>
A10	<i>Uma no sentido horário e outra no sentido anti-horário.</i>	<i>Os sentidos devem ser opostos para ter equilíbrio no sistema.</i>
A11	-----	<i>Devem ter sentido opostos, uma horária e outra anti-horária.</i>
A13	<i>Elas devem girar no mesmo eixo.</i>	<i>Os sentidos devem ser opostos para equilibrar o sistema.</i>
A14	<i>As duas hélices para o mesmo sentido de rotação.</i>	<i>Em sentidos opostos.</i>
A15	<i>No caso da foto ao lado, o rotor frontal gira em sentido anti-horário e o rotor traseiro gira no sentido horário.</i>	<i>Devem ser em sentidos opostos.</i>

Fonte: autores, 2019.

Outra análise importante ocorre com os estudantes A4 e A10, mas, nesse caso, ocorre evolução dos estudantes em comparação do pré e pós-teste (pré: A4- *Pelos meus conhecimentos uma irá girar em sentido horário e outra no sentido anti-horário*; pré: A10 - *Uma no sentido horário e outra no sentido anti-horário*). O estudante A4, expressa, inicialmente, uma concepção de que as hélices deveriam girar uma para cada lado, no entanto, manifesta dúvida ou pouca convicção. Em contrapartida, no pós-teste, ele acrescenta elementos que revelam domínio/certeza quanto ao que se questiona, como exemplo, a explicação do que poderia acontecer caso as hélices girassem para o mesmo lado (pós: A4 - *Cada hélice gira em uma direção para manter o helicóptero, pois se girassem na mesma direção o helicóptero giraria na direção contrária para compensar.*). Embora não haja a presença das grandezas do MA ou do princípio de CMA nas respostas, o recurso do estudante para defender sua posição é correto.

Houve também estudantes que, no pré-teste, não se sentiram aptos a responder à pergunta (A7 e A11), acreditavam que os movimentos das hélices deveriam ser para o mesmo sentido (A8 e A4), apresentando respostas inconsistentes (A5 e A13) e um aluno que apresentou duas possibilidades, mas sem argumentação consistente (A3). Em relação a esses

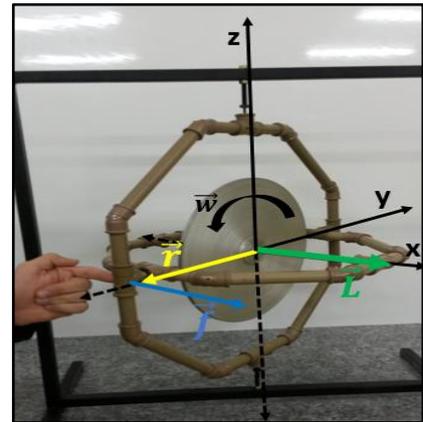
estudantes, é notável um crescimento nas respostas do pós-teste, como o do A5 e A14 (pré: A5 - *Simultâneo e mesma frequência*; pós: A5 - *Em sentidos opostos*; pré: A14 - *As duas hélices para o mesmo sentido de rotação*; pós: A14 - *Em sentidos opostos*), pois passam a identificar que os movimentos das hélices devem ser em sentidos opostos. Mencionar apenas o sentido de rotação, não pode ser considerado incorreto, no entanto, é pouco consistente. Alguns estudantes, além de apresentarem o sentido de rotação, buscam outros elementos para justificar a sua posição, como exemplo o conceito de MA (A8 - *Uma para cada lado para equilibrar o momento angular*), o uso do termo estabilidade, que é o que se deseja para o helicóptero (A7 - *Giram em sentido opostos para estabilizar*), ou forças que possam se anular e equilibrar o sistema (A3 - *Uma hélice gira sentido horário e a outra em sentido anti-horário para que as forças possam se anular e manter o helicóptero estável*; A13 - *Os sentidos devem ser opostos para equilibrar o sistema*). Nota-se que, nos pré-teste, apenas o A8, menciona a grandeza do MA, no entanto, os demais trazem consigo, após a aplicação da proposta, um indicativo de que o problema deve ser analisado como um sistema estável, onde “forças” devem se anular. É equivocado, utilizar conceito de força, sendo que o correto seria o MA. A utilização equivocada desse termo pode estar ligada a associação de que o vetor (seta) indica sempre a direção da força, portanto, o vetor não é definido para eles como uma grandeza vetorial genérica, e que pode ser associada a diferentes tipos de grandezas (velocidade, aceleração, força, momento linear e angular, campo elétrico e magnético), e sim, apenas como força.

Embora a utilização do termo MA, não esteja presente na maioria das respostas, e de que um dos estudantes não tenha respondido corretamente o problema (pós: A9 - *Sentido horário para poder voar e ter estabilidade.*), não seria adequado dizer que a proposta não tenha contribuído no desenvolvimento dos estudantes, pois há, de uma forma ou outra, evolução. Vale ressaltar também, que é preciso trabalhar com discernimento as grandezas vetoriais, para que os estudantes consigam compreender que um vetor pode ser associado a diferentes tipos de grandezas.

5.2.2.5 Conservação do Momento Angular

A última questão (Q5) do pré-teste tinha como objetivo identificar se os estudantes conheciam o funcionamento do giroscópio, assim sendo, questionava-se sobre o que aconteceria caso um dos anéis do giroscópio sofresse um empurrão enquanto o rotor estivesse em rotação.

Descreva com suas palavras o que acontece se for empurrado o anel externo, quando o rotor estiver girando em sentido anti-horário, conforme mostra a figura abaixo.



Quando o rotor do giroscópio está em alta rotação, o mesmo tende a manter o seu eixo apontado sempre para a mesma direção, pois há MA e ausência de Torque aplicado a ele. Isso acontece porque o rotor fica isolado de forças externas e por esse motivo o MA não varia. No entanto, quando sofre aplicação de força em algum de seus anéis, o anel que foi tocado permanece parado, enquanto o outro começa a girar. No problema, foi indicada a direção da força, do vetor posição (ponto onde foi aplicada a força), do MA e o sentido de rotação do rotor. Nessas condições, a direção MA é na direção do Torque, ou seja, o eixo do rotor irá girar em torno do eixo y, em sentido anti-horário. As respostas dos alunos para essa questão estão descritas no Quadro 7.

Quadro 7 - Respostas dos estudantes para a Q5 do pré e pós-teste

	<i>Pré-teste</i>	<i>Pós-teste</i>
A3	<i>Não estou apto a responder a esta pergunta.</i>	<i>O eixo irá oscilar sobre o eixo y.</i>
A4	<i>Creio que cada um dos eixos irá girar em um diferente sentido e a roda interna irá girar.</i>	<i>Ele irá girar no sentido oposto ao que foi empurrado, e a parte menor irá girar no eixo y.</i>
A5	<i>Vai aumentar a velocidade.</i>	<i>Fica na vertical.</i>
A6	-----	<i>O eixo do rotor irá se mover na direção do torque.</i>
A7	-----	<i>Ele irá para a vertical.</i>
A8	<i>Não sei.</i>	<i>O rotor interno gira na direção do torque.</i>
A9	<i>Não sei.</i>	<i>O anel interno irá girar no sentido horário.</i>
10	<i>Não sei.</i>	<i>Vai girar em direção ao torque.</i>
11	-----	<i>O rotor se movimenta em direção ao torque.</i>
13	-----	<i>Vai girar o eixo na direção do torque.</i>
14	<i>Vai variar o ângulo de rotação.</i>	<i>Vai girar o do meio em direção ao torque.</i>
A15	<i>Ele girará em torno do eixo z, depois rotacionará sobre o eixo y e por último o disco rotacionar-se-á no sentido anti-horário.</i>	<i>Ele gira no eixo z.</i>

Fonte: autores, 2019.

Ao se falar dessas grandezas, estamos nos referindo a um conjunto de vetores que estão contidos em um espaço tridimensional, o que se apresenta como um desafio para a

identificação por parte de alguns estudantes. Analisando o pré-teste, é possível identificar que muitos optaram por não responder à questão, ou diziam não se sentir aptos a respondê-la (A3, A6, A7, A8, A9, A10, A11 e A13).

Embora alguns estudantes, no pré-teste, não tenham respondido o problema, outros tentaram supor o que poderia acontecer, como exemplo o estudante A5 (pré: *A5 – vai aumentar a velocidade*). Com base nessas informações, é possível que a decisão tomada por eles, seja a de não responder ou suscitar hipóteses que estão distantes do que realmente poderia acontecer, estando ligada ao desconhecimento do equipamento, isso é, de que talvez nunca tenham visto um similar funcionando. O que nos leva a crer nessa suposição é a respostas de outros alunos, como é o caso do A15 e A4 (pré: *A15 - Ele girará em torno do eixo z, depois rotacionará sobre o eixo y e por último o disco rotacionar-se-á no sentido anti-horário*; pré: *A4 - Creio que cada um dos eixos irá girar em um diferente sentido e a roda interna irá girar*), a situação mencionada pelos estudantes, é a de que todos os anéis e também o rotor, entram em rotação, isso pode ocorrer quando a velocidade de rotação do rotor for baixa. A situação descrita aparenta que os estudantes conhecem ou já tenham visto algo semelhante, mas que não conhecem seu funcionamento.

Os dados obtidos no pós-teste, indicam progresso por parte de alguns estudantes, como é o caso do A3, A4, A6, A8, A10, A11, a13 e A14. Os estudantes A3 e A4 descrevem respostas parecidas (pós: *A3 - O eixo irá oscilar sobre o eixo y*; Pós: *A4 - Ele irá girar no sentido oposto ao que foi empurrado, e a parte menor irá girar no eixo y*), a suposição dos educandos para o problema, é de que o eixo rotor entre em rotação no eixo y; de fato isso ocorre, uma vez que a direção do Torque é paralela ao eixo z e tem sentido para cima. Os estudantes A6, A8, A10, A11, A13 e A14 passam a identificar que o movimento do rotor será na direção do Torque, o que é também condizente com o que ocorre no funcionamento do dispositivo, caso sofra ação de torques externos.

Embora não ocorra utilização dos conceitos estudados para justificar o funcionamento do equipamento, como exemplo, “o rotor do giroscópio girará em sentido anti-horário, pois o MA irá variar no sentido do torque”, não seria adequado dizer que a aplicação das atividades da proposta didática não contribuiu. Embora as respostas não estejam justificadas, elas sugerem que a proposta favoreceu no desenvolvimento de uma visão mais ampla dos movimentos rotacionais, que eles estão contidos em eixos imaginários que servem como referência para identificar e classificar o tipo de movimento, pois passam a utilizar termos como “gira no eixo z”, “gira no eixo y” e “sentido horário”, termos que antes não apareciam no pré-teste.

Com base nos dados obtidos no pré-teste e pós-teste, o uso de recursos digitais, como vídeos exibidos antes das atividades, é uma interessante estratégia para o professor apresentar situações que são pouco cotidianas, como é o caso do giroscópio.

5.2.3 Síntese da análise dos dados

A partir dos resultados obtidos no diário de bordo e no questionário pré e pós-teste, o texto a seguir busca tecer algumas considerações entre os dois instrumentos de pesquisa utilizados. O quadro 8 apresenta, de maneira geral, os principais resultados obtidos.

Quadro 8 - Resultados gerais do Diário de bordo e do pré e pós-teste

<i>Diário de bordo</i>	<i>Pré e pós-teste</i>
<i>Geraram necessidade de aquisição de conhecimento</i>	<i>Apresentaram ampliação de vocabulário</i>
<i>Conduziram os estudantes para a tomada de consciência</i>	<i>Passaram a substituir conceitos anteriores como frequência e por velocidade angular</i>
<i>Permitiram a identificação de conhecimento prévios</i>	<i>Diferenciaram grandezas, como velocidade angular e linear</i>
<i>Promoveram interação, diálogo, questionamentos e curiosidade por parte dos estudantes</i>	<i>Nenhum aluno regrediu, isto é, após a proposta apresentou conhecimento incorreto.</i>
<i>Promoveram envolvimento dos estudantes durante as atividades</i>	<i>Promoveram uma visão ampla dos movimentos rotacionais</i>
<i>Auxiliaram o professor a complementar suas explicações</i>	<i>Alguns conceitos devem ser explorados com cautela e necessitam de mais tempo</i>
<i>Contribuíram na aproximação de situações pouco cotidianas e na contextualização de fenômenos</i>	<i>Assimilaram grandezas como equivalentes</i>
<i>Oportunizaram o conhecimento sensorial</i>	<i>Discernimento ao trabalhar com grandezas vetoriais: estudantes associam vetor à força</i>

Fonte: autores, 2019.

Os dados do diário de bordo apontam que, o planejamento didático pedagógico possibilitou criar um ambiente repleto de reflexões, diálogos e experiências. Proporcionar um espaço envolvente é fundamental em uma perspectiva construtivista, como definem Laburú e Carvalho (2001), a aprendizagem depende exclusivamente de cada estudante, por esse motivo, cabe ao professor assumir a postura de mediador e/ou facilitador do processo de ensino e aprendizagem e, criar condições que auxiliem a construção de conhecimento por parte de cada educando.

Quanto ao questionário pré e pós-teste identificamos, ao final de nosso trabalho, pontos negativos e positivos. Os resultados obtidos nesse instrumento, indicam que é necessário ter cuidado na abordagem de conceitos como Momento de Inércia, Momento Angular e Torque, pois os resultados salientam que houve por parte de alguns, a apropriação incorreta dessas grandezas. No entanto, as atividades da proposta didática, juntamente com os

recursos do produto educacional, permitiram aos estudantes ampliarem suas visões na análise dos movimentos rotacionais. Com isso, queremos dizer que elas oportunizaram aos sujeitos da pesquisa, identificarem novos símbolos e diferenciarem/conhecerem novas grandezas que são fundamentais nos movimentos rotacionais.

Comparando os resultados do pré e pós-teste com o diário de bordo, percebemos que, a substituição e diferenciação de grandezas físicas, a ampliação de vocabulário e uma nova visão dos movimentos rotacionais, pode estar ligada aos dados obtidos no diário de bordo, uma vez que, nesse instrumento, foram identificadas a tomada de consciência e a apropriação de conteúdo por parte dos estudantes. Essas características, evidenciadas nos registros do professor, demonstram que “os significados não são entidades estáticas, mas ponto de partida para a atribuição de novas significações que possibilitam a origem da estrutura cognitiva” (SANTOS, p. 101), isso ocorre quando os conceitos são reformulados e/ou reestruturados cognitivamente, tornando-se assim, mais consistentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de tópicos da Dinâmica Rotacional permite uma visão mais abrangente do mundo que vivemos. Conceitos como Velocidade Angular, Momento de Inércia, Torque e Momento Angular e sua conservação são relevantes para a compreensão de fenômenos que envolvem movimentos rotacionais. Durante o estudo, constatamos que esses componentes curriculares, mesmo que reconhecidos como importante por pesquisadores (RUBINI; KURTENBACH; SILVA, 2015) e pela legislação para a formação dos jovens, enfrentam obstáculos quanto a sua inserção no EM.

Levantamos dois fatores relacionados à ausência da temática em sala de aula na educação básica, estes foram: a dificuldade que os professores apresentam em relação à compreensão do conteúdo (SILVA, 2012); e a falta de conteúdo nos livros didáticos (COSTA, 2015), o que, por consequência, provoca falta de materiais acessível ao professor. Com base nessas evidências, optamos em contribuir na elaboração de material didático destinado aos professores de Física do EM para que se sintam subsidiados em trabalhar esse conteúdo.

Assim sendo, buscamos dissertações que versavam sobre os movimentos rotacionais, com o objetivo de analisar quais eram as ferramentas didáticas sugeridas pelos autores para a abordagem de tópicos da Dinâmica Rotacional. A partir da leitura das obras, e a identificação do material didático construído, estruturamos a proposta didática e o produto educacional, aqui defendido, com novas ferramentas didáticas, com o objetivo de enriquecer o repertório já existente.

Com base no estudo levantado, o produto educacional elaborado nesta dissertação ficou constituído por um conjunto de atividades como problematizações, animações em GIF, hipertextos, AE e vídeos. Por contar com recursos digitais, optamos por disponibilizá-lo através de um site, buscando atingir o maior número de pessoas possíveis.

Tomando como base todos os recursos didáticos do produto, elaboramos uma proposta didática, que foi aplicada a uma turma do segundo semestre do curso de Física. O objetivo da sua aplicação foi o de verificar quais as contribuições para a apropriação de conceitos relacionados aos tópicos de Dinâmica Rotacional são ofertadas em um ensino por problematização apoiada em diferentes ferramentas didáticas.

Buscamos desenvolver encontros onde os estudantes fossem participativos no processo de ensino e aprendizagem e, por esse motivo, fundamentamos a proposta didática nas concepções construtivista de ensino. Assim, organizamos encontros de acordo com as seguintes etapas: Questionamentos iniciais, abordagem do conteúdo e AE.

Durante os encontros, as etapas anteriormente mencionadas, foram subsidiadas por atividades diversificadas, estas foram: problematizações que estimulassem o levantamento de hipótese e favorecesse o diálogo; animações em GIF e vídeos para contextualizar e ilustrar tópicos abstratos e AE para fornecer aos educandos a oportunidade de manusear, ver e sentir as reações de fenômenos físicos. Quanto à proposta didática, percebemos que ela se mostrou flexível e adaptável, pois à medida que os encontros ocorriam, notamos que as etapas podiam ser enriquecidas. Com isso, queremos dizer, que as problematizações, por exemplo, não precisavam necessariamente ser situações-problemas apenas com imagens ou GIF, mas também com vídeos ou AE. Isso significa que as etapas da proposta podem ser reestruturadas de acordo com a característica de cada professor. Outro exemplo era as AE, que necessitavam, às vezes, de uma complementação usando GIF ou vídeos, pois, somente elas, pareciam não atender os objetivos desejados. O que podemos compreender dessa situação é, o que já havia sido mencionado por Laburú e Carvalho (2001), que cada indivíduo tem seu tempo e sua maneira de aprender e isso precisa ser respeitado. Por isso, concordamos com os autores, de que, a adoção exclusiva de uma única estratégia didática poderá comprometer o desenvolvimento dos educandos. Por esse motivo, a união de vídeos com recursos digitais, e problematizações com recursos digitais ou AE, podem vir a ser excelentes estratégias didáticas de ensino.

Após a aplicação da proposta didática, identificamos através do diário de bordo e do questionário pré e pós-teste as contribuições das ferramentas didáticas utilizadas. No diário de bordo, analisamos a que favoreceu o uso de problematizações iniciais, os recursos digitais e as AE. Quanto às problematizações iniciais, verificamos que elas ajudaram o professor na identificação de conhecimentos prévios dos estudantes, na condução dos alunos para a tomada de consciência e na incitação pela busca de respostas por parte dos estudantes. Os recursos digitais e as AE destacaram-se no sentido de auxiliar na aproximação de situações pouco cotidianas, na visualização de fenômenos abstratos, na oportunização de conhecimento e contato com novos dispositivos e o interesse por aprender durante a utilização dos recursos. É importante também destacar que as problematizações, os recursos digitais e as AE foram fundamentais para criar um ambiente de diálogo e interação entre os sujeitos do processo, assim como a de contextualização dos conceitos estudados.

Quanto ao pré-teste e pós-teste, observamos que alguns conceitos, como, Momento de Inércia e MA, devem ser explorados com cautela, evitando que sejam apropriados erroneamente; também é preciso explorar mais o que é um vetor, demonstrando que ele pode ser associado a diferentes grandezas, e não somente a força. No entanto, as problematizações

e a estratégias didáticas utilizadas contribuíram na evolução de vocabulário dos estudantes, no conhecimento de novas grandezas, na diferenciação entre conhecimento prévio e o novo conhecimento e em uma visão mais ampla dos movimentos rotacionais.

Em conformidade com o enunciado na introdução deste estudo, dentre os objetivos específicos da pesquisa estavam o de propiciar uma reflexão acerca do ensino de Física; de elaborar um produto educacional que abarcasse um conjunto de atividades diversificadas e a estruturação de uma proposta didática para estudo de tópicos da Dinâmica Rotacional. Conseqüentemente, com base na análise dos dados coletados e dos registros, podemos apontar que houve pontos satisfatórios como: o interesse e entusiasmo por maior parte dos estudantes na resolução das atividades; interatividade entre os sujeitos (professor e estudantes) do processo; satisfação, por parte dos educandos, ao ver finalidade dos conceitos estudados; conhecimento de novos conceitos físicos, e, também, diferenciação de grandezas, por parte dos estudantes, que por vezes acabam sendo apropriadas incorretamente fora do ambiente escolar. Os resultados apontam também que utilizar estratégias didáticas diversificadas possibilita contemplar um maior número de alunos envolvidos nas atividades.

Vale ressaltar que a apropriação das teorias sobre o processo de ensino e aprendizagem, identificado nos referenciais teóricos e, o desenvolvimento da proposta didática, fortaleceram no professor/pesquisador, suas concepções quanto ao ensino de Física. Isto é, a consolidação da importância de pensar e repensar o planejamento didático, assim como, o de valorizar os mais variados tipos de ferramentas didáticas, possibilitando auxiliar o máximo de estudantes na internalização dos conceitos físicos abordados.

Mesmo assim, sabemos que o apresentado neste estudo não soluciona o problema da ausência da Dinâmica Rotacional no EM, todavia, pode ser uma alternativa para amenizar tais problemas e incentivar sua inserção. Pois, sabemos que a melhoria na qualidade de ensino não resulta de grandes revoluções, mas sim de situações isoladas, que quando somadas a outras possibilitam mudanças desejadas. Por esse motivo, o estudo teve o intuito de promover uma pequena contribuição que, somada a outras já existentes, possa contribuir na qualificação de Ensino de Física, em especial a Dinâmica Rotacional.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Michele A.; COSTA, Sayonara S. C. O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 2, p. 18-29, 2006.
- AZEVEDO, Dácio A. *Dinâmica de Rotação para o Ensino Médio com o uso de experimentos de baixo custo*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- BARBOSA, Wilton G. *Inserção de conceitos de Dinâmica Rotacional no Ensino Médio através do laboratório mão estruturado mediado por videoanálise*. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.
- BECKER, Fernando. O que é construtivismo? *Revista de Educação AEC*, Brasília, v. 21, n. 83, p. 7-15, abr./jun. 1992. Disponível em: <<https://bit.ly/2JHquSD>>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- BORGES, Tarcisio. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- _____. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: Ministério da Educação, 2002.
- BUSATTO, Cassiano Z.; GIACOMELLI, Alisson C.; PÉREZ, Carlos, A. S. Construção de um Giroscópio para o estudo do Momento Angular e a Precessão. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, 5, 2016, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: UTFPR, 2016. p. 1-11.
- CARDOSO, Stenio O. O.; DICKMAN, Adriana G. Simulação computacional aliada a teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para o ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, p. 891-934, 2012.
- CHIQUETTO, Marcos J. O currículo de Física do Ensino Médio no Brasil: discussão retrospectiva, *Revista e-curriculum*, São Paulo, v. 7, n. 1, abr. 2011.
- CINELLI, Nair P. F. *A influência do vídeo no processo de aprendizagem*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- COPPETE, Maria C. Diários de bordo e ensaios pedagógicos: possibilidades para pensar a formação de professores na modalidade de educação a distância. In: SEMINÁRIO

INTERNACIONAL HISTÓRIA DO TEMPO PRESENTE, 2, 2014, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, UFSC, 2014.

CORTEZ, Jucelino; BUSATTO, Cassiano Z. Uma proposta para o uso do giroscópio no estudo da conservação do momento angular. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 1, p. 108-121, 2018.

COSTA, Jefferson M. *Proposta de uma Metodologia para abordagem da Conservação do Momento Angular no Ensino Médio*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.

DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e Problematizações. In: PIETRECOLA, M. (Org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: UFSC, 2001.

FARIA, Elaine T. O professor e as novas tecnologias. In: ENRICONE, Délcia (Org.). *Ser Professor*. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

FONSECA, Monalisa. *O Laboratório Virtual como atividade complementar de disciplinas introdutórias de mecânica: análise a partir da experiência do giroscópio*. Dissertação (Mestrado Interunidades em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FRANCISCO JUNIOR, Wilmo E. *Analogias e situações problematizadoras em aulas de Ciências*. São Carlos: Pedro e João Editores, 2010.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GIL, Antonio C. *Métodos e técnicas de pesquisa em ciência social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, Leila J. *Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no ensino médio*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

KRUMMENAUER, Wilson L. *O Movimento Circular Uniforme para os alunos da EJA que trabalham no processo de produção de couro*. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LABURÚ, Carlos E.; CARVALHO, Marcelo. Controvérsias construtivistas e pluralismo metodológico no ensino de ciências naturais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Bauru, v. 1, n. 1, p. 57-68, jan./abr. 2001.

MELLO FILHO, Ivanildo J.; ROLIM, Ana L. S.; CARVALHO, Rosângela S. A tecnologia como organizador prévio: uso de objetos de aprendizagem no ensino da eletricidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, 1, 2009, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: UTFPR, 2009. p. 533-534. Disponível em: <<https://bit.ly/2TkWEQv>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

MORAES, Rodrigo X. *Aulas de Física usando Simulações e Experimentos de baixo custo: um exemplo abordando a Dinâmica das Rotações*. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2010.

MORAN, José M. Influência dos meios de comunicação no conhecimento. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 23, p. 233-238, maio/ago. 1994.

MOREIRA, Marco A. *Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea*. (Conferência proferida na XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador, julho de 2013 e durante o Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, março de 2014).

OLIVEIRA, Gerson P. *Novas tecnologias da informação e da comunicação e a construção do conhecimento em cursos universitários: reflexões sobre acesso, conexões e virtualidade*. 2002. Disponível em: <<https://rioei.org/historico/deloslectores/344Pastre.pdf>>. Acesso em: 7 maio 2018.

PINHO-ALVES, Jose. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista*. 2000. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PIRES, Marcelo A. *Tecnologias de Informação e Comunicação como meio de ampliar e estimular o aprendizado de Física*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ROSA, Cleci T. W. *A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física*. 2011. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

_____; ROSA, Álvaro B.; DARROZ, Luiz M; SILVA, Denilson T. Atividade Experimental para demonstração dos fenômenos de reflexão, refração e reflexão total. *Rencima*, v. 4, n. 1, p. 75-85, 2013.

RUBINI, G.; KURTENBACH, E.; SILVA, R. C. “Coisas que Giram’ - a conservação do momento angular de forma interativa”. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2005, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBF, 2005.

SANTOS, José A. S. Teorias da Aprendizagem: Comportamentalista, Cognitivista e Humanista. *Revista Científica Sigma*, v. 2, n. 2, p. 96-110, 2006.

SANTOS, José N.; SILVA, Romero T. Animação interativa como organizador prévio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15, 2003, Curitiba. *Atas...* Curitiba: CEFET-PR, 2003, p. 2333-2342. Disponível em: <<https://bit.ly/2JDk2vT>>. Acesso em: 7 maio 2018.

SANTOS, Maria A. C.; PASSOS, Marinez M.; ARRUDA, Sergio M; VISCOVINI, Ronaldo C. Geração de imagens animadas GIF com o Mathematica®: Simulações didáticas de ondas eletromagnéticas e polarização da luz. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 38, n. 1, 2016.

SILVA, Laurielza C. B. *O Discurso dos Professores de Maringá e região sobre a abordagem do Momento Angular e do Torque no Ensino Médio*. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

ZABALZA, Miguel A. *Diários de aula: contributo para o estudo dos dilemas práticos dos professores*. Porto: Porto Editora, 1994.

ANEXO A - Termo de autorização do curso de Física - UPF**OFÍCIO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA ACADÊMICA**

Por este instrumento, o Curso de Física-L da Universidade de Passo Fundo, autoriza o mestrando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo, Cassiano Zolet Busatto, conjuntamente com seu orientador professor Dr. Carlos Ariel Samudio Perez, a desenvolver a pesquisa intitulada “Momento Angular para o Ensino Médio: análise de uma proposta didática”. A pesquisa refere-se à aplicação de uma sequência didática, com alunos do II nível na disciplina “Física Geral e Experimental II”. Os dados a serem coletados vinculam-se a registros do pesquisador em um diário de bordo e a realização de testes. Todo material será analisado, mantendo-se o anonimato dos sujeitos envolvidos.

Passo Fundo, ____ de junho de 2018.

Dr. Jucelino Cortez

Coordenador do Curso de Física – L

APÊNDICE A - Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Momento Angular para o Ensino Médio: análise de uma proposta didática” de responsabilidade dos pesquisadores Cassiano Zolet Busatto e do Dr. Carlos Ariel Samudio Pérez. Esta pesquisa é desenvolvida em razão da necessidade de qualificação do processo ensino e aprendizagem em Física nos diferentes níveis de escolarização, inclusive nos cursos de formação de professores. O objetivo do trabalho é desenvolver um estudo referente à discussão sobre o uso das atividades experimentais de Física no ensino médio, avaliando a proposta didática elaborada. A atividade será desenvolvida durante as atividades da disciplina de “Física Geral e Experimental II” e envolve registros por parte do pesquisador referente a andamento das aulas e a realização de testes de conhecimento específico sobre a temática.

Esclarecemos que, a sua participação não é obrigatória e, portanto, poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento. Além disso, garantimos que receberá esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. As informações serão analisadas e não envolvem a identificação do nome dos sujeitos. Tais dados serão utilizados apenas para fins acadêmicos, sendo garantido o sigilo das informações.

Informamos que a sua participação nesta pesquisa não traz complicações legais, não envolve nenhum tipo de risco, físico, material, moral e/ou psicológico. Ao participar desta pesquisa você não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo o auxilie no processo de construção do conhecimento científico. Você não terá nenhum tipo de despesa, bem como nada será pago pela sua participação.

Caso você tenha dúvida sobre o comportamento dos pesquisadores ou sobre as mudanças ocorridas na pesquisa que não constam no TCLE ou, ainda, caso se considere prejudicado na sua dignidade e autonomia, você pode entrar em contato com o pesquisador Dr. Carlos Ariel Samudio Pérez, pelo telefone (54) 3316-8350, ou com a coordenação do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade de Passo Fundo, pelo telefone (54) 3316 8363.

Dessa forma, se você concorda em participar da pesquisa, em conformidade com as explicações e orientações registradas neste Termo, pedimos que registre abaixo a sua autorização. Informamos que este Termo, também assinado pelos pesquisadores responsáveis, é emitido em duas vias, das quais uma ficará com você e a outra com os pesquisadores.

Passo Fundo, ____ de _____ de 2018.

Nome do(a) participante: _____

Data de nascimento: ____/____/____.

Assinatura: _____

Pesquisadores: _____ e _____

APÊNDICE B - Exemplos de questionamentos iniciais

QUESTIONAMENTOS INICIAIS

Apresentam-se aqui algumas sugestões de como poderão ser abordados inicialmente alguns tópicos presentes na proposta didática.

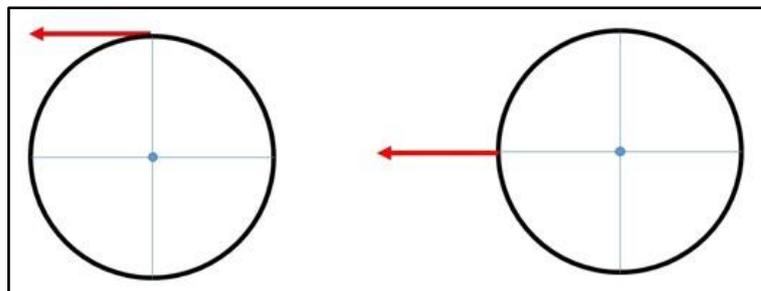
- Velocidade Angular
 - Suponha que um trator esteja em movimento constante. A velocidade das rodas (dianteiras e traseiras) será igual ou diferente? Porque?



- Torque
 - Porque para trocar as rodas de caminhões e carros, as pessoas exercem força próximas as extremidades das chaves de roda?



- As figuras abaixo representam uma roda que está fixa a um eixo no seu centro. As setas indicam o local da força aplica. Em relação a essas situações, elas produziram rotação? Porque?



- Momento Angular

- Você já ouviu falar do brinquedo Spinner? Sabe por que o Spinner consegue permanecer por tanto tempo girando?



- Porque é mais fácil equilibrar-se na bicicleta com ela em movimento do que parada?



- Por que o pião consegue permanecer na vertical enquanto está girando?



APÊNDICE C - Atividade Experimental

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE CONSERVAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR

Título: _____

Estudantes: _____

Etapa Pré-Experimental

➤ Contextualização

Assistir aos vídeos:

<<https://www.youtube.com/watch?v=zr0XYUrigak>>.

<<https://www.youtube.com/watch?v=GeyDf4ooPdo>>.

PARA PENSAR:

Existe alguma relação entre os vídeos assistidos? Ambos podem ser explicados pelas mesmas grandezas Físicas?

➤ Objetivo da atividade

Analisar os movimentos causados pela ação de Torque em movimentos com quantidade de Movimento Angular diferente de zero.

➤ Hipóteses do estudo

Figura 1 - Roda com velocidade angular igual a zero



Fonte: autores, 2018.

Figura 2 - Roda com velocidade angular diferente de zero e positiva.



Fonte: autores, 2018.

Considere. Na figura 1, velocidade angular igual a zero; e na figura 2, roda em rotação no sentido anti-horário. Descreva para as duas situações acima, o que ocorrerá se a pessoa soltar a roda.

Etapa Experimental

A atividade será realizada de forma demonstrativa, com o auxílio do professor.

Etapa Pós-Experimental

Retomar as hipóteses iniciais e confrontar com os resultados obtidos na etapa experimental.

É possível perceber alguma semelhança entre a atividade experimental e os vídeos assistidos?

APÊNDICE D - Questionário Pré e Pós-teste**Questionário sobre conceitos da Dinâmica Rotacional**

Prezado estudante, responda os problemas a seguir com honestidade e sinceridade. E não esqueça de informar seu código alfa numérico.

Código alfa numérico: _____

- 1) (Hewitt, 2015) O cavalo de madeira na parte mais externa de um carrossel, move-se mais rapidamente do que um cavalo que está mais para o interior do carrossel? Ou ambos têm a mesma rapidez?

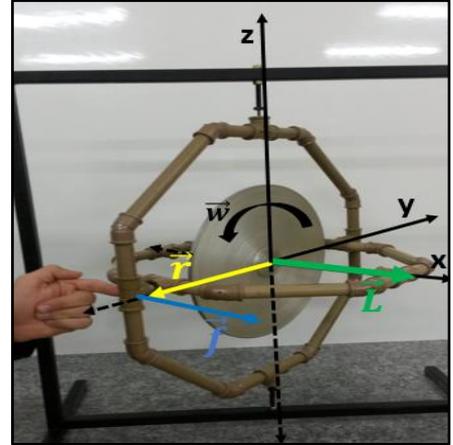
- 2) (Hewitt, 2015) Quando você caminha sobre um muro, porque manter os braços abertos ajuda a equilibrar-se?

- 3) Como denominamos a grandeza responsável por colocar corpos em rotação?

- 4) Existem helicópteros dotados de duas hélices principais. Descreva como devem ser o sentido de rotação das hélices para dar estabilidade ao helicóptero.



- 5) Descreva com suas palavras o que acontece se for empurrado o anel externo, quando o rotor estiver girando em sentido anti-horário, conforme mostra a figura abaixo.



PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional encontra-se disponível nos endereços:

<http://docs.upf.br/download/ppgecm/Cassiano_PRODUTO.pdf>

<<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/432305>>

FERRAMENTAS DIDÁTICAS PARA O ESTUDO DE TÓPICOS DA DINÂMICA DE ROTAÇÕES



O material que segue constitui o Produto Educacional elaborado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECEM) na Universidade de Passo Fundo (UPF) – Rio Grande do Sul. Este material é constituído por um conjunto de atividades como: vídeos, hipertextos, atividades experimentais e equipamentos didáticos, cujo objetivo está em servir de apoio aos professores de Física de Ensino Médio. O produto está associado a dissertação de mestrado “Estratégias didáticas para estudo da Dinâmica Rotacional”.

www.upf.br/ppgecm

ISSN 2595-3672 - <https://www.upf.br/produtoseducacionais>

Link Produto - <https://sites.google.com/view/dinarot>

CIP – Catalogação na Publicação

B976f Busatto, Cassiano Zolet
Ferramentas didáticas para o estudo de tópicos da dinâmica de rotações [recurso eletrônico] Cassiano Zolet Busatto, Carlos Ariel Samudio Pérez. – 2019.
1 Site. – (Produtos Educacionais do PPGECEM)

Inclui bibliografia.
ISSN 2595-3672.

Modo de acesso gratuito: <<http://www.upf.br/ppgecm>>. Este material integra os estudos desenvolvidos junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECEM), na Universidade de Passo Fundo (UPF), sob orientação do Prof. Dr. Carlos Ariel Samudio Pérez.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Dinâmica rotacional. 3. Ensino Médio. I. Samudio Pérez, Carlos Ariel, orientador. II. Título. III. Série.

CDU: 53

Catalogação: Bibliotecária Marciéli Oliveira- CRB 10/2113