



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

PEDRO RODRIGO DE SOUSA SANTOS

**O USO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO COMO INSTRUMENTO PARA O
ENSINO DE MECÂNICA NO ENSINO FUNDAMENTAL.**

FORTALEZA
2017

PEDRO RODRIGO DE SOUSA SANTOS

**O USO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO COMO INSTRUMENTO PARA O
ENSINO DE MECÂNICA NO ENSINO FUNDAMENTAL.**

Monografia apresentada como exigência para obtenção do grau de Licenciado em Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Orientador (a): Profa. Dra. Carla Maria Salgado Vidal Silva

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S698u Sousa Santos, Pedro Rodrigo de.
O uso de experimentos de baixo custo como instrumento para o ensino de mecânica no ensino fundamental. / Pedro Rodrigo de Sousa Santos. – 2017.
47 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2017.
Orientação: Profa. Dra. Carla Maria Salgado Vidal Silva.
1. física experimental. 2. mecânica. 3. construtivismo. I. Título.

CDD 530

PEDRO RODRIGO DE SOUSA SANTOS

Monografia apresentada como exigência para obtenção do grau de Licenciado em Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Orientador (a): Profa. Dra. Carla Maria Salgado Vidal Silva

Aprovada em: 30/01/2017.

BANCA EXAMINADORA

Carla Maria Salgado Vidal Silva

Profa. Dra. Carla Maria Salgado Vidal
Universidade Federal do Ceará

Marcos Antônio Araújo Silva

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva
Universidade Federal do Ceará

Rocicler Oliveira Holanda

Profa. Dra. Rocicler Oliveira Holanda
Universidade Estadual do Ceará

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me agraciado com saúde e sabedoria. A minha mãe Terezinha principalmente por ser um exemplo de bondade e devoção à família. Aos meus irmãos Wellington, Samuel e Ester por serem meus exemplos durante minha infância. A toda minha família, em especial meus primos Lucas, Bia, Bel, Bianca, e meu sobrinho Antônio que compartilharam suas infâncias comigo.

Aos meus amigos Hermilano, Luiza, Junior, Georgianne Roberta, Elano, Phillipy, Reginaldo por me incentivarem a ser sempre melhor e compartilharem suas alegrias comigo.

A minha orientadora Profa. Carla Vidal por sua atenção, paciência, orientação, e por todas as lições aprendidas nesse tempo que passamos trabalhando juntos.

Aos amigos que fiz na Universidade Federal do Ceará, Lucas Silveira por sua amizade e colaboração nos estudos em várias cadeiras. Carlos Henrique por me incentivar a entrar num Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid). Matheus Pinheiro pelo exemplo de determinação com os estudos e com a Física.

A Universidade Federal do Ceará e todos que a compõem por todo apoio durante esses anos de estudos. À CAPES pelo suporte financeiro dado pelas bolsas de estudos do Programa de Iniciação à Docência (PID) e Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid).

Ao Colégio Luzardo Viana por minha formação básica, pela oportunidade de fazer parte da equipe de professores e pelo apoio durante este trabalho.

A todos os meus professores que fizeram parte da minha trajetória como o Prof. Marcos Antonio que foi meu coordenador na bolsa do Pibid e do PID. E a todos os meus alunos que foram a motivação deste trabalho e de próximos que virão.

“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.”

(Isaac Newton)

RESUMO

O presente trabalho teve a finalidade de investigar a eficácia do uso de experimentos de baixo custo para o ensino de mecânica no ensino fundamental. A física de modo geral não é popular entre os alunos. Muitos têm dificuldades às vezes em entender as teorias e na maioria das vezes em compreender os cálculos. Como alternativa ao ensino tradicional este trabalho propõe o uso da metodologia da física experimental junto com a teoria do construtivismo, tendo como base a epistemologia genética de Jean Piaget. Para realizar o objetivo deste trabalho foi aplicado um primeiro questionário em alunos do nono ano, que já tiveram aulas tradicionais de mecânica, para investigar a forma que viam a física, como gostariam de aprender essa disciplina e avaliar seu nível em alguns tópicos de mecânica. Foram escolhidos três experimentos para trabalhar nesta pesquisa, “MRU”, “A moeda que cai no copo” e “Carrinho movido à bexiga – Jet car” que tratam respectivamente do movimento retilíneo uniforme, da primeira lei de Newton e da terceira lei de Newton. Foi realizado um segundo questionário, após os alunos terem participado das aulas práticas, com o objetivo de fazer uma comparação com os resultados obtidos com o primeiro. No fim, os resultados mostraram que o uso dos experimentos de baixo custo foi eficaz para o ensino de mecânica no ensino fundamental.

Palavras Chave: Física Experimental; Mecânica; Construtivismo.

ABSTRACT

The present work had the purpose to investigate the effectiveness of the use of experiments of low cost for the teaching of mechanics in elementary school. Physics in general is not popular with students. Many have difficulties at times in understanding theories and most often in understanding calculations. As an alternative to traditional teaching, this work proposes the use of the methodology of experimental physics together with the theory of constructivism, based on the genetic epistemology of Jean Piaget. In order to accomplish the objective of this work, a first questionnaire was applied to students of the ninth grade, who already had traditional mechanics classes, to investigate the way they see physics, how they would like to learn this discipline and evaluate their level in some mechanics topics. Three experiments were chosen to work on this research, "URM", "The coin that falls in the cup" and "Jet car", which deal respectively with the uniform rectilinear movement, Newton's first law and Newton's third law. A second questionnaire was carried out, after the students had participated in the practical classes, in order to make a comparison with the results obtained with the first one. In the end, the results showed that the use of low cost experiments was effective for the teaching of mechanics in elementary school.

Keywords: Experimental Physics; Mechanics; Constructivism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Movimento retilíneo uniforme descrito por uma pedra em movimento.....	10
Figura 2.2 – Movimento Circular Uniforme descrito por um satélite em torno do planeta.....	10
Figura 2.3 – Partícula em movimento uniforme.....	11
Figura 2.4 – Gráfico “v” versus “t” para o Movimento Progressivo.....	12
Figura 2.5 – Gráfico “v” versus “t” para o Movimento Retrógrado.....	13
Figura 2.6 – Gráficos do espaço versus tempo, para os Movimentos Uniformes Progressivos.....	13
Figura 2.7 – Gráficos do espaço versus tempo, para os Movimentos Uniformes Retrógrados.....	14
Figura 2.8 – Gráfico da velocidade versus tempo, para o Movimento Uniforme.....	14
Figura 2.9 – Passageiro sendo lançado para frente por inércia, quando o ônibus é freado bruscamente.....	16
Figura 2.10 – Caminhão em repouso no meio de um lago congelado.....	17
Figura 2.11 – Caminhão em movimento retilíneo uniforme, num lago congelado.....	17
Figura 2.12 – Bloco sobre uma mesa, preso por um fio inextensível, realizando um movimento circular uniforme (MCU)	18
Figura 2.13 – Após o fio se romper o bloco, que antes realiza um movimento circular uniforme, sai pela tangente em movimento retilíneo uniforme.....	19
Figura 2.14 – Ilustração da definição de um newton.....	20
Figura 2.15 – Três massas sendo atraídas pelo campo gravitacional da Terra.....	21
Figura 2.16 – Força de ação aplicada pelo homem no bloco.....	22
Figura 2.17 – Força de reação aplicada pelo bloco sobre o homem.....	23
Figura 2.18 – Forças de ação e reação, que o homem e o bloco trocam entre si.....	23
Figura 2.19 – O movimento da pessoa, explicado pelo Princípio da Ação e Reação.....	24
Figura 2.20 – Na medida em que a Terra atrai o corpo, este a atrai pela terceira lei de Newton.....	25
Figura 3.1 – Primeiro Questionário.....	28

Figura 3.2 – Segundo Questionário.....	29
Figura 4.1 – Material usado no Experimento 1.....	30
Figura 4.2 – Material usado no experimento 2.....	32
Figura 4.3 – Procedimento do Experimento 2.....	32
Figura 4.4 – Material usado no Experimento 3.....	33
Figura 4.5 – Passo 1. Criar o “Motor”.....	34
Figura 4.6 – Passo 2. Construção dos eixos.....	34
Figura 4.7 – Passo 3. Colocar os eixos no corpo do carrinho.....	35
Figura 4.8 – Passo 4. Fixar o “motor” no carrinho.....	35
Figura 4.9 – Carrinho movido à bexiga.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Resultados da questão 1, do primeiro questionário.....	37
Gráfico 4.2 – Resultados da questão 2, do primeiro questionário.....	38
Gráfico 4.3 – Resultados da questão 3, do primeiro questionário.....	39
Gráfico 4.4 – Resultados da questão 4, do primeiro questionário.....	39
Gráfico 4.5 – Resultados da questão 5, do primeiro questionário.....	40
Gráfico 4.6 – Resultados da questão 6, do primeiro questionário.....	41
Gráfico 4.7 – Resultados da questão 7, do primeiro questionário.....	41
Gráfico 4.8 – Resultados da questão 8, do primeiro questionário.....	42
Gráfico 4.9 – Resultados da questão 9, do primeiro questionário.....	43
Gráfico 4.10 – Resultados da questão 10, do primeiro questionário.....	43
Gráfico 4.11 – Resultados da questão 1, do segundo questionário.....	44
Gráfico 4.12 – Resultados da questão 2, do segundo questionário.....	45
Gráfico 4.13 – Resultados da questão 3, do segundo questionário.....	46

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.1. Jean Piaget.....	2
1.1.1. Epistemologia Genética.....	3
1.1.2. Construtivismo.....	5
1.2. Física Experimental.....	6
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1. “MRU”.....	9
2.1.1. Movimento Uniforme (MU).....	9
2.2. “A moeda que cai no copo”.....	15
2.2.1. Princípio da Inércia (primeira lei de Newton).....	15
2.2.2. Princípio Fundamental da Dinâmica (segunda lei de Newton).....	19
2.2.3. Força Peso.....	21
2.3. “Carrinho movido à bexiga – Jet car”.....	22
2.3.1. Princípio da Ação e Reação (terceira lei de Newton).....	22
3. METODOLOGIA.....	26
3.1. Primeiro questionário.....	27
3.2. Segundo questionário.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1. Experimentos.....	30
4.1.1. Experimento 1 - “MRU”.....	30
4.1.2. Experimento 2 - “A moeda que cai no copo”.....	31
4.1.3. Experimento 3 - “Carrinho movido à bexiga – Jet car”.....	33
4.2. Questionários.....	36
4.2.1. Primeiro questionário.....	37
4.2.2. Segundo questionário.....	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

INTRODUÇÃO

Durante os anos de 2014 e 2015 trabalhei como bolsista no Pibid (Programa institucional de bolsas de iniciação à docência), que é um programa da CAPES. Nesse tempo, que passei neste programa, presenciei o dia-a-dia da escola e os obstáculos da docência, como por exemplo a falta de interesse dos alunos nas disciplinas, em especial por Física, falta de recursos como um laboratório de ciências equipado, entre outros.

O que me chamou atenção neste período era o efeito causado por um dos nossos projetos no interesse dos alunos. Este projeto era a “Física Itinerante” onde fabricávamos experimentos de baixo custo e de fácil manuseio. Com os experimentos já em mãos levávamos para as escolas onde fazíamos demonstrações para os alunos despertando seu interesse e tirando dúvidas frequentes sobre a teoria abordada. Os alunos se mostravam entusiasmados e interessados em saber como cada um daqueles experimentos funcionava e que teorias estavam por traz de seu funcionamento.

Atualmente leciono física no ensino fundamental e me deparo diariamente com as dificuldades dos alunos em entender os conteúdos ministrados em sala de aula. Seja essa dificuldade gerada pelos modelos matemáticos usados ou simplesmente pela distância entre o conteúdo e a realidade do cotidiano do aluno.

No estudo de mecânica desde o início já nos deparamos com várias equações e fórmulas matemáticas que descrevem movimentos e leis dinâmicas. Esse formalismo matemático não favorece a aprendizagem dos conceitos, fazendo o aluno sentir dificuldades de compreender conceitos básicos e modelos científicos que descrevem os fenômenos do seu cotidiano.

Esta pesquisa tem como suporte a teoria do construtivismo, tendo por base a epistemologia genética de Piaget, e a metodologia da física experimental e tem como objetivo investigar, através de questionários, a eficácia do uso de experimentos de baixo custo para o ensino de mecânica no ensino fundamental, orientando o aluno para que ele construa seu conhecimento de modo a superar suas concepções espontâneas ou/e alternativas (Rinaldi & Ure, 1994).

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda os aportes teóricos usados para produzir este trabalho. Ele é dividido em dois tópicos principais: construtivismo e física experimental. O primeiro trata das teorias cognitivas em especial da epistemologia genética de Jean Piaget, que deu origem ao construtivismo, e o próprio construtivismo. O segundo trata da metodologia do ensino de física experimental.

1.1. Jean Piaget

Antes de falar sobre o construtivismo e a epistemologia genética vamos conhecer um pouco sobre o autor dessa teoria do conhecimento. As informações deste tópico foram adaptadas de “A epistemologia genética de Jean Piaget” (Caetano, 2010). Jean Piaget nasceu na Suíça em 1896. Desde cedo demonstrou interesse pela natureza e pela organização sistematizada dos dados coletados, tanto que aos onze anos publicou seu primeiro trabalho, um artigo científico sobre suas observações de um pardal albino.

Na adolescência, influenciado pelo seu padrinho, que era professor de filosofia, começou seus estudos se interessando principalmente pelas questões epistemológicas. Quando completou 18 anos precisou escolher entre a filosofia e a biologia, definindo sua profissão. Optou pela formação universitária em biologia doutorando-se aos 20 anos em Malacologia¹. Piaget desde sua adolescência desejava criar uma teoria biológica do conhecimento, acabou encontrando na psicologia da inteligência um meio termo para seus interesses biológicos e epistemológicos. A psicologia estuda o comportamento humano e, portanto, a forma que nos apropriamos do conhecimento e admite o método experimental de pesquisa, fato que chamou atenção de Piaget.

Foi convidado para trabalhar no laboratório de Binet (já falecido), mudou-se para a França. Através dos testes de inteligência padronizados, Piaget pode notar a regularidade das respostas das crianças, concluiu que o pensamento lógico se desenvolve de maneira gradativa. Após este contato com a criança Piaget retorna à

¹ **Malacologia** é o ramo da biologia que estuda os moluscos. Os estudos malacológicos incluem a taxonomia, a fisiologia e a ecologia destes animais

Suíça (1921) trazendo consigo esses dados que deram início a teoria da epistemologia genética.

Este autor teve mais de 50 livros publicados e centenas de artigos. Seu trabalho repercutiu em todo o mundo. Foi diretor do instituto Jean Jacques Rousseau (1921), sub-diretor geral da Unesco na década de 40, professor universitário. Depois de 60 anos de dedicação à pesquisa, faleceu em Genebra em 1980.

1.1.1. Epistemologia Genética

Antes de tudo é interessante explicar o nome dessa teoria. Epistemologia é usada para designar uma teoria do Conhecimento, a palavra “Genética” é para dar ideia de gradação, o sujeito passa de um conhecimento anterior menor para um posterior maior. Para Piaget desenvolvimento e crescimento mental se dão com a atividade do sujeito que se depara com o meio e a inteligência. Disto, o ser humano constrói conhecimento sobre o meio através do desenvolvimento da inteligência. A inteligência é definida na sua concepção como função e estrutura. Como função a inteligência está para a adaptação, ou seja, seus processos têm a finalidade de sobrevivência do sujeito no meio onde está inserido, modificando o meio se necessário ou se modificando para adaptar-se melhor ao meio. Como estrutura a inteligência é uma organização de processos que está ligada níveis de conhecimento, quando a organização é simples ela exige um nível de conhecimento simples, mas quando a organização é complexa a exigência é de um nível de conhecimento mais complexo.

Em termos de organização, o desenvolvimento da inteligência não se dá por acréscimos, mas sim por reorganizações, ou seja, crescer é uma maneira de reorganizar a sua inteligência de forma a aumentar sua capacidade de assimilação. O desenvolvimento no homem está ligado a certos processos de aprendizagem. Esta ligação é atribuída a certos fatores: “em parte a fatores sociais; em parte, a fatores cognitivos, que Piaget resumiu sob o nome de equilíbrio” (Kesseling, T. Jean Piaget, 1993, p. 67) que de maneira simples seria uma tendência ao equilíbrio interno. Para Piaget o desenvolvimento cognitivo se dá pela interação do sujeito com

o objeto de conhecimento. Ele afirma nas suas conclusões finais de *Les formes élémentaires de la dialectique* (1980) que:

A relação cognitiva sujeito/objeto é uma relação dialética porque se trata de processos de assimilação (por meio de esquemas de ação, conceitualizações ou teorizações, segundo os níveis) que precedem por aproximações sucessivas e através dos quais o objeto apresenta novos aspectos, características, propriedades, etc. que um sujeito também em modificação vai reconhecendo. Tal relação dialética é um produto da interação, através da ação, dos processos antagônicos (mas indissociáveis) de assimilação e acomodação.

Através do que foi dito percebemos que a equilibração se dá pela relação dialética do sujeito com o objeto por meio dos processos de assimilação e acomodação. É importante agora entender cada processo. O conceito da assimilação foi retirado por Piaget da biologia, "assimilação constitui um processo comum à vida orgânica e à atividade mental, portanto, uma noção comum à fisiologia e à psicologia" (Piaget, 1996, p. 47). Assimilação na fisiologia é tirar partes do alimento para transformar em energia, a assimilação descrita aqui tem caráter semelhante, na relação sujeito/objeto, quando o sujeito encontra o objeto de conhecimento ele retira desse objeto algum conhecimento e o retém. Esse conhecimento e não outro é retido por conta da organização mental das estruturas existentes. "A assimilação não se reduz (...) a uma simples identificação, mas é construção de estruturas ao mesmo tempo que incorporação de coisas a essas estruturas" (PIAGET, 1996, p. 364). A assimilação significa interpretação, ou seja, não basta olhar o meio, devemos interpretá-lo.

Para Piaget "a assimilação e a acomodação são (...) os dois polos de uma interação entre o organismo e o meio, a qual é a condição de todo funcionamento biológico e intelectual" (1996, p. 309). Temos uma interação do meio e as estruturas mentais, podemos dizer que a pessoa tem uma organização mental para conhecer o mundo que é capaz de mudar para atender as necessidades e singularidades do objeto. A esse processo de mudança, ou reorganização, chamou-se de acomodação.

O objetivo da epistemologia genética é descrever a ordem de sucessão em que as diferentes capacidades cognitivas se constroem em um indivíduo. Como a

formação da capacidade cognitiva acontece em períodos sucessivos. O desenvolvimento do conhecimento não acontece linearmente e sim através de saltos e rupturas. Através dessas conclusões a epistemologia genética estabeleceu estágios de desenvolvimento. Os estágios são: sensório-motor (0-2 anos), pré-operatório (2-7 anos), operatório concreto (7-11) e operatório formal (12 anos em diante). O primeiro estágio decorre no âmbito da motricidade; o segundo nas atividades representativas; o terceiro e o quarto no pensamento operatório, embora semelhantes se diferenciem, pois, o terceiro foca nas operações concretas palpáveis já o quarto tem um pensamento abstrato e formal. É interessante ressaltar o aspecto sucessivo (não cronológico) e integrativo (cada um é necessário para a formação do seguinte) desses estágios.

1.1.2. Construtivismo

O que é construtivismo? O construtivismo é uma teoria do conhecimento. Essa epistemologia tem origem principalmente na epistemologia genética de Jean Piaget. Para esse autor,

O conhecimento não pode ser concebido como algo predeterminado nem nas estruturas internas do sujeito, porquanto estas resultam de uma construção efetiva e contínua, nem nas características preexistentes do objeto, uma vez que elas só são conhecidas graças à mediação necessária dessas estruturas, e que essas, ao enquadrá-las, enriquecem-nas (PIAGET, 2007, p.1).

Deste trecho conseguimos extrair duas informações importantes primeiro o conhecimento não é algo interno que já existe no sujeito (apriorismo) e segundo o conhecimento não é dado pelo objeto/meio (empirismo). Assim, percebemos que o construtivismo contraria esses dois paradigmas da educação, anteriores ao mesmo. O conhecimento se dá, segundo essa teoria, de uma construção que resulta da interação do par sujeito/objeto e dos processos e organizações mentais que acontecem no sujeito.

O construtivismo defende que o aluno deve participar ativamente de seu aprendizado, através de experimentação, pesquisa em grupo, entre outros

procedimentos. De sua ação se estabelece as propriedades dos objetos e as características do mundo. O aluno vai ganhando a partir de sua interação com o meio que vive ideia de volume, proporção, quantidade, causalidade, etc. Se formam esquemas e que possibilitam agir sobre sua realidade de um modo mais complexo. Brunner afirma que:

As teorias da mente do “tudo ou nada” ou “de uma vez por todas”, não são interessantes do ponto de vista educacional. Especificamente as teorias interessantes contém algum tipo de especificação sobre os “recursos” necessários para que uma mente opere de maneira eficaz. Estes incluem não apenas recursos instrumentais (como “ferramentas” mentais), mas também ambientes ou condições necessárias para as operações eficazes. (Brunner, 2001, p.20).

Dessa afirmação notamos que se fazem necessários ambientes e condições, tanto para alunos como para professores, que tornem possível o desenvolvimento do conhecimento do aluno.

Na concepção construtivista a educação é concebida, segundo Becker (1994, p. 89), como “um processo de construção de conhecimento ao qual ocorrem, em condição de complementaridade, por um lado, os alunos e professores e, por outro, os problemas sociais atuais e o conhecimento já construído (acervo cultural da Humanidade)”. Ele também critica o sistema educacional que teima em continuar como a mesma ideologia de transmissão de conhecimento que é a escola, que consiste em 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.

1.2. Física Experimental

A física é uma ciência experimental, o que torna o ensino experimental de física como algo extremamente necessário para o seu entendimento. Mas a realidade é outra, o comum é a escola e o professor tentar passar os conteúdos prontos para os alunos que nesta situação são meros ouvintes. Nas palavras de Ricardo:

Há necessidade de fugirmos da assepsia do ensino, mostrando os conteúdos vinculados a realidade e não apresentando-os limpos, prontos, estanques ao universo e confinados na sala de aula e ao quadro negro (Ricardo,1998).

O ensino experimental não tem sido aplicado de maneira efetiva no nosso meio educacional (Elia, 1985). Pouco se vê nas escolas seu uso, e quando ocorre é apenas como ferramenta motivacional, em vez de abordar o caráter investigativo que serviria para desmistificar a ciência. Fato esse que vem prejudicando o ensino de algumas ciências.

É unânime a resposta dos professores quando perguntados sobre a necessidade do laboratório didático, como afirma Pinho Alves (2000) “a aceitação tácita do laboratório didático no ensino de física é quase um dogma, pois dificilmente encontramos um professor de física que negue a necessidade do laboratório” (p. 175). Isto ocorre porque a física é relacionada às experiências, esta se faz com experiências logo para aprendê-la é necessário o laboratório. Existem saídas para o problema da falta de laboratório, ou falta de equipamentos. Uma dessas saídas são os experimentos de baixo custo que foram utilizados neste trabalho, outra também usada recentemente por muitos professores são as simulações e modelagens computacionais.

É importante que o professor tenha em mente que o ensino experimental não deve estar desvinculado dos conceitos trabalhados em sala de aula. Barbosa percebeu “[...]que o ensino experimental nas escolas, quando existe, tem sido ministrado na maioria das vezes sem ligação com o conteúdo; em geral, o aluno não vê relação entre o ensino ministrado em laboratório e o de sala de aula (Barbosa, 1.986)”. O professor deve também fazer a ligação entre o conhecimento científico e o trabalho prático realizado pelo aluno. Para Axt (1991, p.79/80):

“A experimentação pode contribuir para aproximar o ensino de Ciências das características do trabalho científico, além de contribuir também para a aquisição de conhecimento e para o desenvolvimento mental dos alunos (Axt,1991, p. 79/80)”.

O uso da metodologia do ensino experimental, proposta neste trabalho, foi satisfatório, pois propiciou o contato dos alunos com experimentos que são ferramentas para compreensão de conceitos relacionados à mecânica. O uso da

abordagem construtivista se deve ao fato dos trabalhos de Piaget sobre o desenvolvimento cognitivo terem abordado todas as áreas do conhecimento, mas especificamente, contribui com os professores de física, com seus trabalhos sobre os conceitos de espaço, tempo, velocidade, etc. No próximo capítulo abordaremos o referencial teórico básico para compreensão dos fenômenos estudados nos três experimentos utilizados neste trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo trata de apresentar o referencial teórico básico necessário para a explicação dos fenômenos abordados nos três experimentos desenvolvidos, com os alunos do nono ano do ensino fundamental, que são: (1) “MRU” (gota de água e óleo) demonstra o comportamento do movimento retilíneo uniforme, (2) “A moeda que cai no copo” nesse experimento abordamos a primeira lei de Newton (Lei da Inércia) e (3) “Carrinho movido à bexiga – Jet Car” demonstra a terceira lei de Newton (Lei da Ação e Reação). Bem como, alguns importantes tópicos de cinemática e dinâmica.

2.1. “MRU”

Esse experimento demonstra e descreve o comportamento do movimento retilíneo uniforme, mostrando o movimento de uma gota de água se movendo dentro de uma proveta com óleo. Para entender os conceitos físicos desse experimento é necessário estudar um tópico de cinemática a citar o movimento uniforme. A cinemática é a parte da mecânica que descreve os movimentos e o repouso sem se preocupar com suas causas. As grandezas físicas fundamentais do qual se vale a cinemática são o comprimento e o tempo (Helou et al., 2007).

2.1.1. Movimento Uniforme (MU)

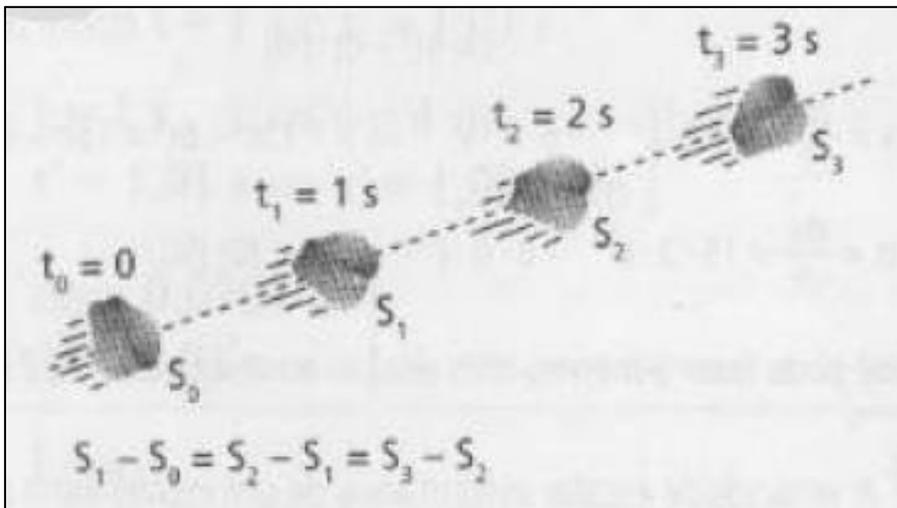
O movimento é dito uniforme quando sua velocidade escalar não varia no decorrer tempo. Este tipo de movimento pode ser observado em automóveis modernos com piloto automático acionado. Automóveis comuns em condições de trânsito livre podem ficar aproximadamente em movimento uniforme. Na natureza temos como exemplo de movimento uniforme o movimento da luz e do som em meios homogêneos.

O movimento uniforme é descrito por Helou Gualter e Newton da seguinte forma:

Movimento uniforme (MU) é aquele em que a velocidade escalar instantânea é constante e diferente de zero, de modo que o móvel sofre iguais variações de espaço em iguais intervalos de tempo (Helou et al., 2007, p.46).

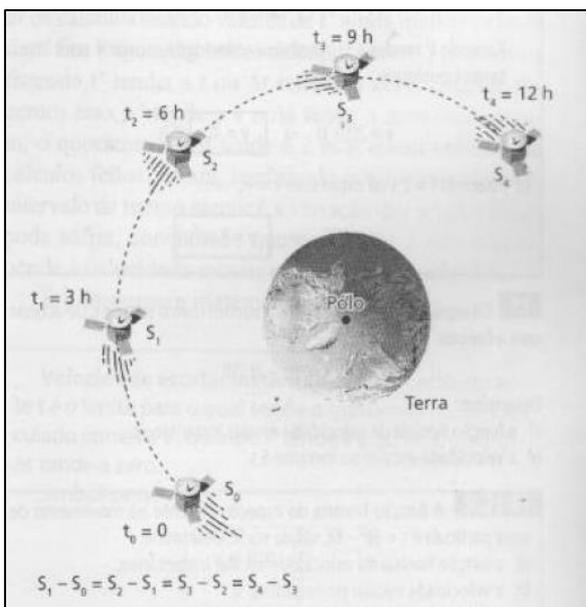
Nesta definição não se fez nem uma restrição quanto à forma da trajetória, podendo ser tanto retilínea quanto curvilínea como mostram as Figuras 2.1 e 2.2.

Figura 2.1 – Movimento retilíneo uniforme descrito por uma pedra em movimento.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 46).

Figura 2.2 – Movimento Circular Uniforme descrito por um satélite em torno do planeta.

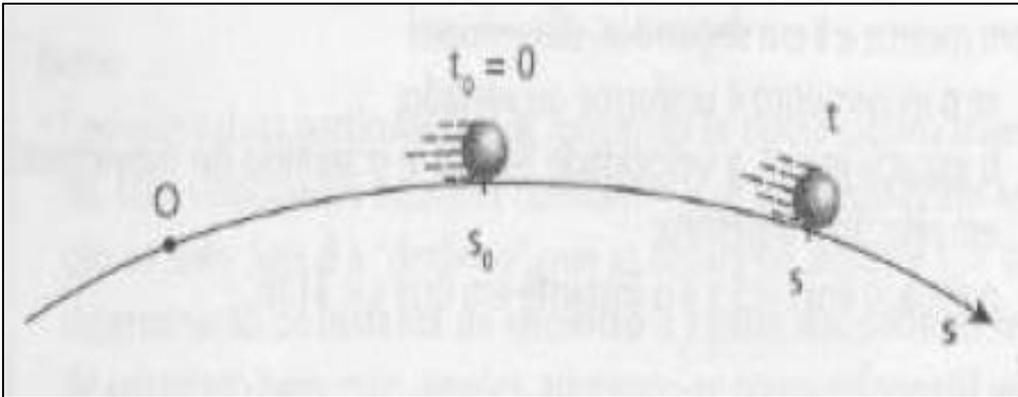


Fonte: (Helou et al., 2007, p. 46)

FUNÇÃO HORÁRIA DO ESPAÇO:

Considere uma partícula em movimento uniforme numa trajetória como mostra a Figura 2.3:

Figura 2.3 – Partícula em movimento uniforme.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 47)

Nesta trajetória o ponto **O** é a origem dos espaços, o instante $t_0 = 0$ é o tempo inicial onde a partícula se encontra na posição s_0 , que chamamos de posição inicial, em outro instante qualquer t a partícula está numa posição s .

Note que no movimento uniforme a velocidade escalar média (v_m) em qualquer intervalo de tempo é igual a velocidade escalar instantânea (v) em qualquer instante, pois a última é constante.

Logo podemos escrever, no intervalo de tempo de t_0 a t :

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{s - s_0}{t - t_0} = \frac{s - s_0}{t}$$

$$s - s_0 = vt \rightarrow s = s_0 + vt \quad (2.1)$$

A Equação (3.1) é a **função horária dos espaços** para todo movimento uniforme. Note que, nessa expressão:

- s_0 é o espaço inicial, espaço em $t_0 = 0$;
- v é a velocidade escalar;
- s é o espaço num instante t qualquer.

É possível reescrever a Equação (3.1) como:

$$\Delta s = vt \quad (2.2)$$

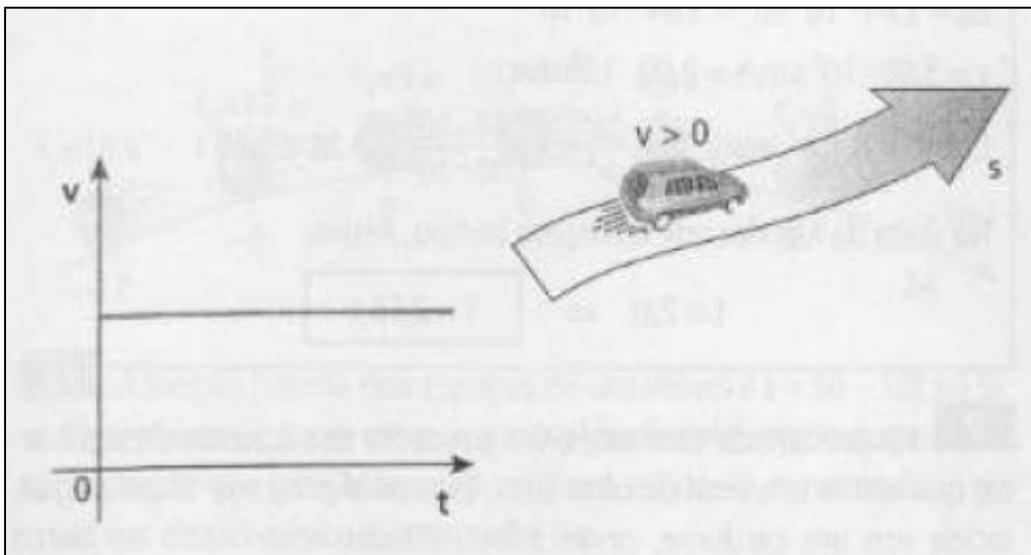
onde Δs é a variação do espaço percorrido no intervalo de tempo que vai do instante $t_0 = 0$ ao instante t .

Podemos classificar o movimento uniforme em movimento progressivo onde a velocidade escalar é positiva e o movimento se dá no sentido da trajetória, ou movimento retrógrado onde a velocidade escalar é negativa e o movimento se dá no sentido contrário ao da trajetória.

GRÁFICOS DO MOVIMENTO UNIFORME (Representação gráfica da velocidade escalar instantânea em função do tempo)

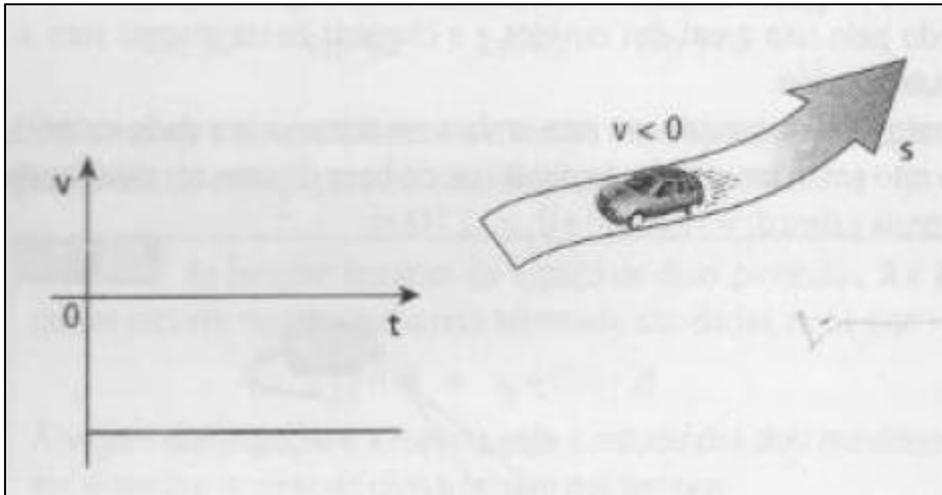
No movimento uniforme a velocidade escalar instantânea é constante. Assim o gráfico em função do tempo se apresenta como mostrado nas Figuras 2.4 e 2.5 para os casos de movimento progressivo e movimento retrógrado respectivamente.

Figura 2.4 – Gráfico “v” versus “t” para o Movimento Progressivo.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 47).

Figura 2.5 – Gráfico “v” versus “t” para o Movimento Retrógrado.

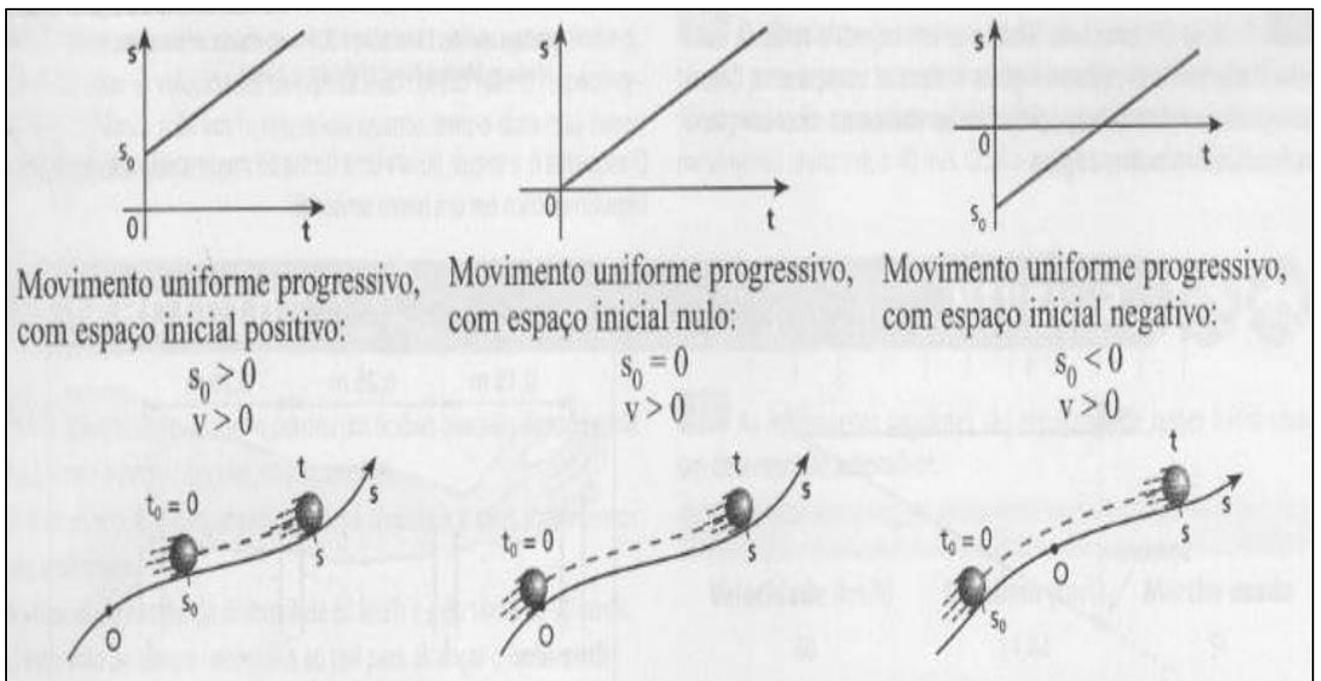


Fonte: (Helou et al., 2007, p. 47).

Representação gráfica do espaço em função do tempo:

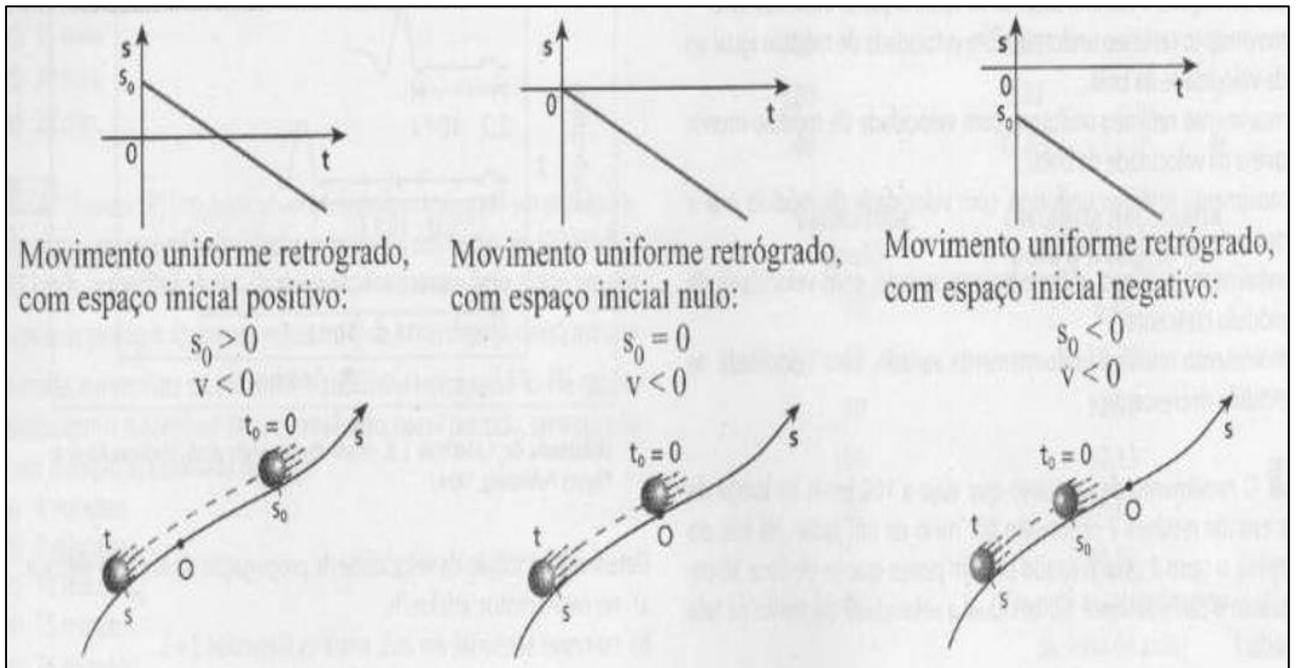
Como a função horária do espaço no movimento uniforme $s = s_0 + vt$ é do primeiro grau seu gráfico é uma reta inclinada em relação aos eixos como mostra a Figuras 2.6 e 2.7 para os casos de movimento progressivo e de movimento retrógrado respectivamente.

Figura 2.6 – Gráficos do espaço versus tempo, para os Movimentos Uniformes Progressivos.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 52).

Figura 2.7 – Gráficos do espaço versus tempo, para os Movimentos Uniformes Retrógrados.

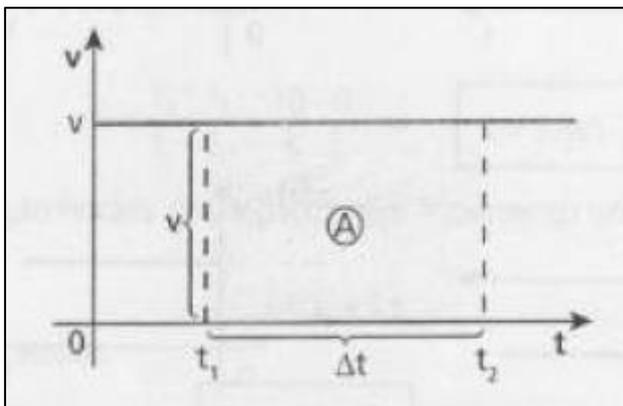


Fonte: (Helou et al., 2007, p. 52).

PROPRIEDADE DO GRÁFICO DA VELOCIDADE ESCALAR EM FUNÇÃO DO TEMPO:

A partir do gráfico da velocidade escalar v em função do tempo t do movimento uniforme Figura 2.8, escolhem-se dois instantes de tempos quaisquer t_1 e t_2 e calculamos a área A que eles determinam entre o eixo dos tempos e o gráfico de v em função de t :

Figura 2.8 – Gráfico da velocidade versus tempo, para o Movimento Uniforme.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 53).

A área do retângulo é a medida de sua base vezes a medida da altura, a base do nosso retângulo mede Δt (t_2-t_1) e sua altura é v . Logo temos:

$$A = \Delta t \cdot v \quad (2.3)$$

Como $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, podemos escrever que: $\Delta s = \Delta t \cdot v$

Comparando essa informação com a Equação (3.3) teremos:

$$A = \Delta s \quad (2.4)$$

Portanto no gráfico da velocidade escalar (v) pelo tempo (t) a área entre o gráfico e o eixo do tempo é numericamente igual à variação de espaço naquele intervalo de tempo.

2.2. “A moeda que cai no copo”

Através desta prática demonstramos a propriedade dos corpos de manter seu estado inicial de repouso, ou melhor, o princípio da inércia. Mostrando o que acontece com uma moeda, que está sobre um papelão em cima de um copo, quando puxamos bruscamente o papelão na horizontal. Para compreender os conceitos físicos relacionados com esta prática devemos recorrer a conceitos da dinâmica especialmente o princípio da inércia conhecido como primeira lei de Newton. A dinâmica é parte da mecânica que se preocupa em estudar os movimentos considerando aquilo que os produzem e os modificam.

2.2.1. Princípio da Inércia (primeira lei de Newton)

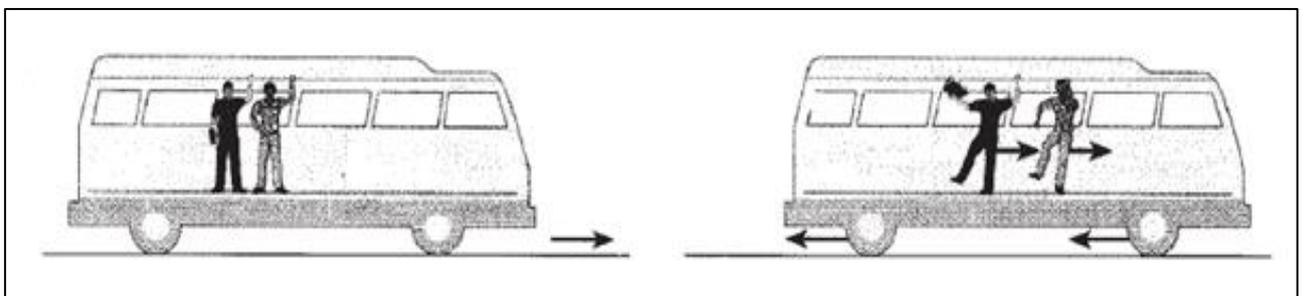
Newton fundamentou-se nos estudos de Galileu para apresentar suas leis do movimento. Neste tópico discorreremos sobre a primeira lei de Newton, conhecida como Princípio da Inércia. Esta lei nos traz o conceito de inércia que é uma propriedade fundamental da matéria, pois implica na existência da massa, que representa a medida de quantidade de inércia de um corpo.

“Inércia é a tendência dos corpos em conservar sua velocidade vetorial.” (Helou et al., 2007). Ou ainda na descrição de Ramalho:

Um ponto material isolado e em repouso tem a tendência natural de permanecer em repouso. Quando em movimento retilíneo uniforme (MRU), tem a tendência natural de manter constante sua velocidade. Essa propriedade da matéria de resistir a qualquer variação em sua velocidade recebe o nome de Inércia. (Ramalho et al., 1999, p.191).

Podemos exemplificar este conceito com uma situação do nosso cotidiano que é o caso do passageiro que viaja no corredor de um ônibus. Supondo que o ônibus esteja em repouso, quanto vale a velocidade do passageiro? Zero! Em seguida o ônibus arranca, e o passageiro é lançado para trás. Nesse momento ele demonstra **inércia de repouso**. Vamos pensar agora no ônibus, com o mesmo passageiro, se movendo em uma estrada retilínea a 60 km/h. Qual a velocidade do passageiro em relação à Terra? 60 km/h! Então, o ônibus freia rapidamente lançando o passageiro para frente, Figura 2.9. Agora o passageiro demonstra **inércia de movimento**. É importante perceber que em relação à Terra o passageiro no primeiro caso não é lançado para trás e sim seu corpo apenas teve a tendência de manter seu repouso. No segundo caso ele não é lançado para frente em relação à Terra, apenas teve a tendência de manter sua velocidade anterior à freada.

Figura 2.9 – Passageiro sendo lançado para frente por inércia, quando o ônibus é freado bruscamente.

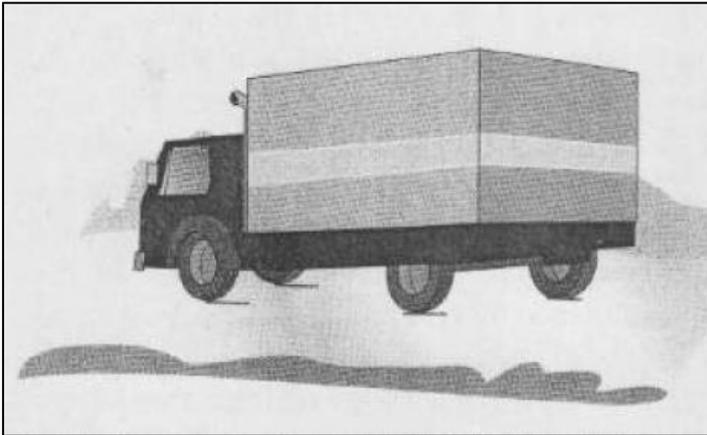


Fonte: (Ramalho et al., 1999, p. 191).

Vamos observar o seguinte enunciado retirado do livro de Helou (2007): “Se a força resultante sobre uma partícula é nula, ela permanece em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme, por inércia. (Helou et al., 2007, p.137)”.

Para exemplificar este enunciado supomos um lago congelado com superfície perfeitamente lisa, plana e horizontal. No local não há vento e podemos desconsiderar a influência do ar. Se pusermos um caminhão no meio deste lago, a força resultante atuante sobre ele será nula. Se o motorista tentar arrancar com o caminhão, como não existe atrito, o veículo ficará “patinando” e não sairá do lugar, Figura 2.10.

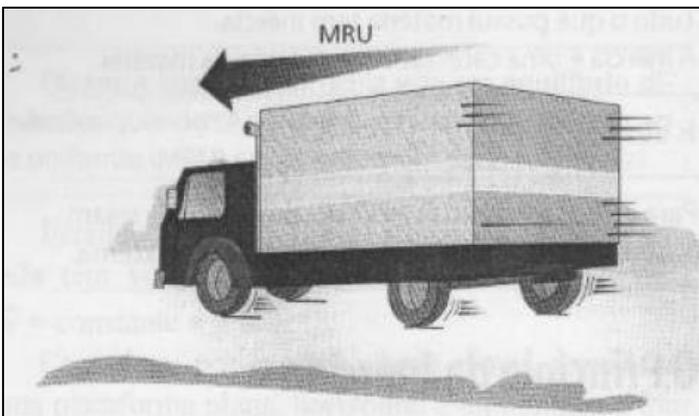
Figura 2.10 – Caminhão em repouso no meio de um lago congelado.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 138).

Vamos imaginar que de alguma forma alguém coloque o caminhão em movimento. Nessa situação, sua velocidade é constante, ou seja, ele descreverá um movimento retilíneo e uniforme, Figura 2.11. Mesmo que o motorista freie, ou vire o volante para qualquer lado, nada acontecerá. Pois a força resultante que atua sobre ele é nula.

Figura 2.11 – Caminhão em movimento retilíneo uniforme, num lago congelado.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 138).

Portanto um corpo em repouso, quando a força resultante for nula, permanecerá em repouso por inércia. E quando em movimento, se a força resultante for nula, seguirá um movimento retilíneo uniforme.

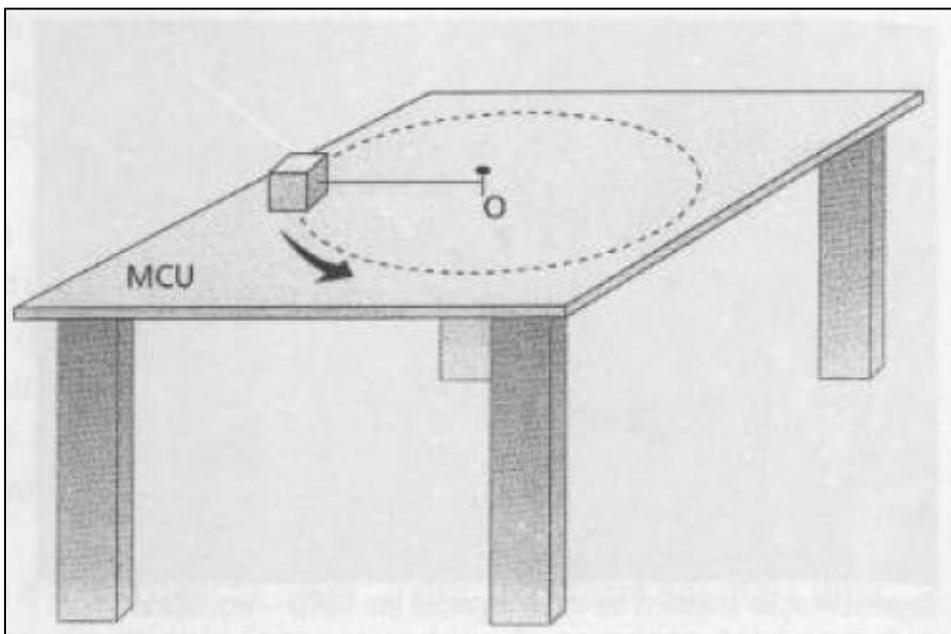
Agora observaremos o seguinte enunciado de Helou (2007): “um corpo livre de uma força externa resultante é incapaz de variar sua própria velocidade vetorial. (Helou et al., 2007, p.138)”.

Para entender o conceito de inércia, por este enunciado, usaremos a seguinte situação: uma mesa plana, perfeitamente lisa, sobre ela foi colocado um bloco que está preso nela por um fio inextensível, este bloco realiza um movimento circular uniforme (MCU) em torno de um ponto “O” (Figura 2.12).

Neste caso o módulo (intensidade) da velocidade do bloco não varia, mas sua direção sim, ou seja, temos uma variação da velocidade do bloco. Mas quem causa essa variação na velocidade? É a força que o fio aplica no bloco, que em cada instante, tem a direção do raio e sentido para “O”. É esta força que mantém esse movimento circular.

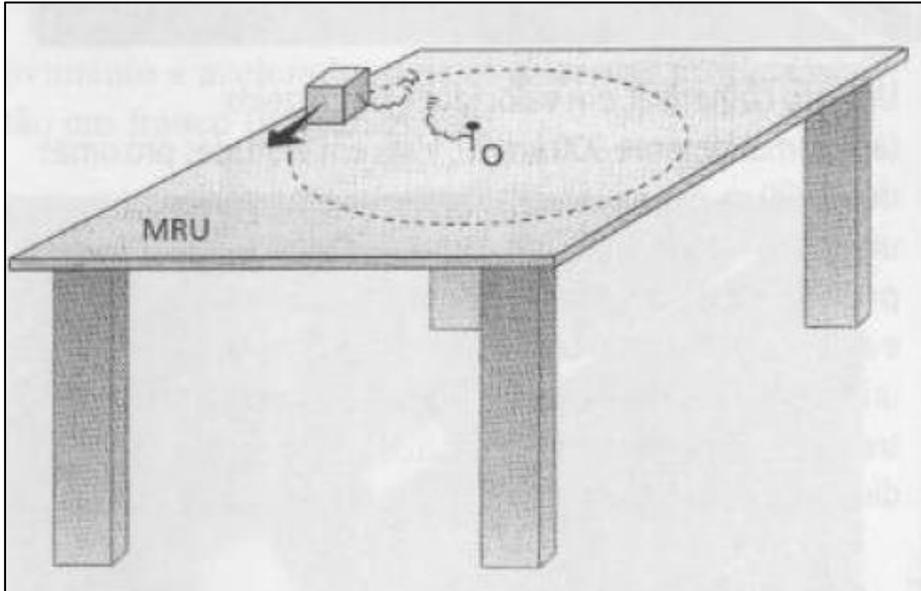
Vamos pensar agora no caso de o fio, em algum momento, se partir. O que acontece com o bloco? Neste caso, o bloco saíra pela tangente descrevendo um movimento uniforme e retilíneo (MRU), Figura 2.13.

Figura 2.12 – Bloco sobre uma mesa, preso por um fio inextensível, realizando um movimento circular uniforme (MCU).



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 138).

Figura 2.13 – Após o fio se romper o bloco, que antes realiza um movimento circular uniforme, sai pela tangente em movimento retilíneo uniforme.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 138).

Portanto, se eliminarmos a força exercida pelo fio, o bloco será incapaz de variar sua velocidade vetorial sozinho. Ele segue por inércia um movimento retilíneo uniforme.

2.2.2. Princípio Fundamental da Dinâmica (segunda lei de Newton)

A segunda lei de Newton trata das causas do movimento. O que se aplica tanto ao experimento “a moeda que cai no copo” como ao “Carrinho movido à bexiga – Jet Car”.

Considere uma partícula submetida a ação de uma força resultante \vec{F} . O que podemos esperar que aconteça à esta partícula? Esta partícula irá adquirir aceleração \vec{a} , ou seja, sua velocidade irá sofrer variações no intervalo de tempo.

Se for \vec{F} horizontal e seu sentido para a direita, qual deve ser a direção e o sentido da aceleração? A experiência nos mostra que \vec{a} terá mesma direção e mesmo sentido da força \vec{F} .

Helou (2007) enuncia a segunda lei de Newton da seguinte forma:

Se \vec{F} é a resultante das forças que agem em uma partícula, então, em consequência de \vec{F} , a partícula adquire na mesma direção e no mesmo sentido da força uma aceleração \vec{a} , cujo módulo é diretamente proporcional à intensidade da força. (Helou et al., 2007, p.141).

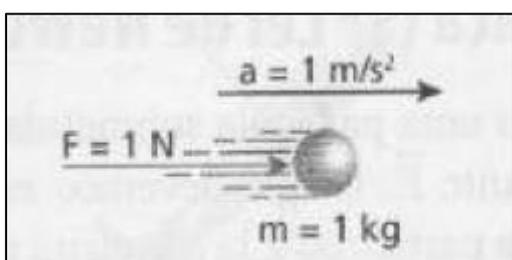
A expressão matemática que representa a segunda lei de Newton é:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a} \quad (2.5)$$

Da Equação (3.5), percebemos que se aplicarmos uma força \vec{F} em um corpo de massa m , obteremos uma aceleração \vec{a}_1 . Mas se aplicarmos em um corpo de massa maior M a mesma força obteremos uma aceleração \vec{a}_2 , de modo que \vec{a}_1 seja maior que \vec{a}_2 . Isso acontece porque, mantendo-se a força constante, quanto maior a massa menor será a aceleração. Então quanto maior a massa do corpo mais difícil será movê-lo. “Por isso a massa é a medida da inércia de um corpo.” (Ramalho et al., 1999, p.194).

A unidade da massa no sistema internacional é o quilograma (kg) e da aceleração é o metro por segundo ao quadrado (m/s^2). Força, pela segunda lei de Newton, é o produto da massa pela aceleração, ou seja, a unidade de força é quilograma vezes metro por segundo ao quadrado ($kg \cdot m/s^2$). Esse produto recebe o nome do célebre físico inglês, Newton (N), unidade de força do sistema internacional de medidas (S.I). Um newton é o módulo da força aplicada em um corpo de massa igual a um quilograma, que produz neste uma aceleração de $1 m/s^2$, Figura 2.14.

Figura 2.14 – Ilustração da definição de um newton.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 142).

2.2.3. Força Peso

Por que os corpos caem? Qualquer corpo abandonado nas vizinhanças da superfície da Terra cai variando sua velocidade. Isso se deve a interação da Terra com esses corpos. A Terra como qualquer corpo celeste possui um campo gravitacional, este campo é o responsável pela atração dos corpos. O peso de um corpo é essa força atrativa, gerada pelo campo gravitacional, aplicada sobre ele pela Terra (Figura 2.15).

Pela segunda lei de Newton sabemos que uma força resultante produz uma aceleração, e essa aceleração produzida pela força peso é a aceleração gravitacional \vec{g} (também representa o vetor do campo gravitacional).

O vetor \vec{g} tem a mesma direção e o mesmo sentido do peso, direção radial e sentido de cima para baixo. Assim, para um corpo nas proximidades da superfície, sob apenas a influência da força peso, podemos escrever a segunda lei de Newton:

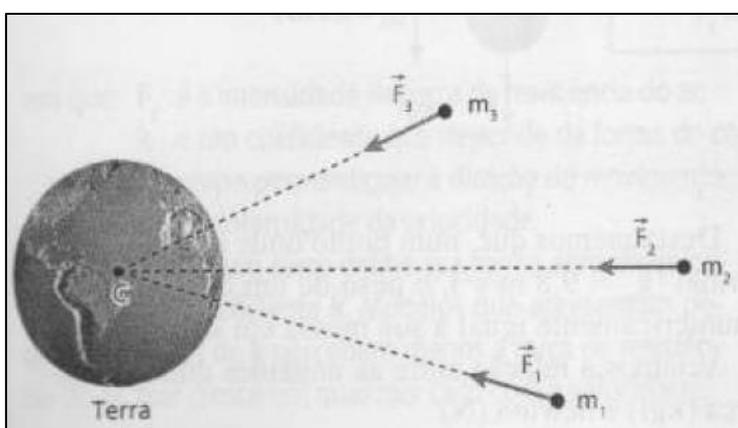
$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

Em módulo:

$$P = m \cdot g \quad (2.6)$$

A Equação (2.6) pode ser usada para calcular o peso de um corpo nas proximidades da superfície, o valor de g é a aproximadamente 9,8 metros por segundo ao quadrado.

Figura 2.15 – Três massas sendo atraídas pelo campo gravitacional da Terra.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 145).

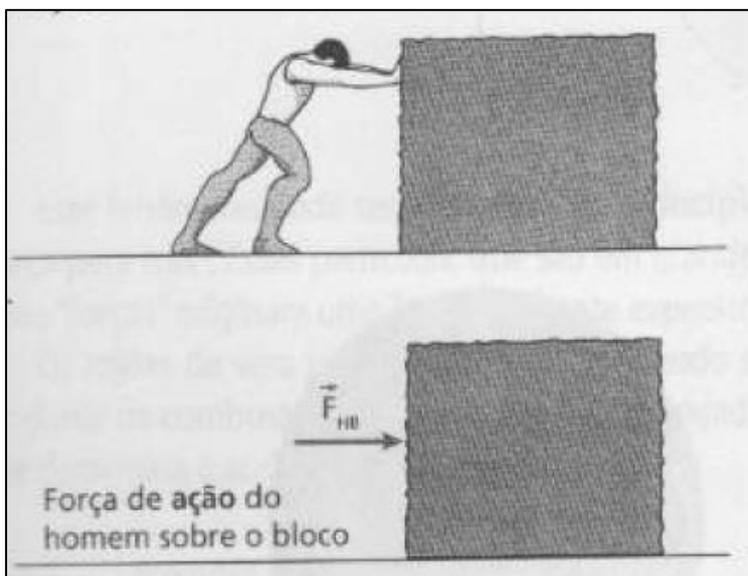
2.3. “Carrinho movido à bexiga – Jet Car”

Neste experimento de baixo custo trabalhamos com a terceira lei de Newton, o Princípio da Ação e Reação. Esta prática consiste na fabricação do carrinho e na demonstração de seu movimento. O carrinho é feito de papelão com rodas feitas de tampinhas, o “motor” do carrinho é feito de uma bexiga presa a um canudo de suco. Para compreender a teoria física desta prática devemos recorrer a terceira lei de Newton.

2.3.1. Princípio da Ação e da Reação (terceira lei de Newton)

Considere um homem que empurra um bloco horizontalmente para a direita, Figura 2.16. Nessa situação o homem aplica uma força no bloco \vec{F}_{HB} , que vamos chamar de **força de ação**.

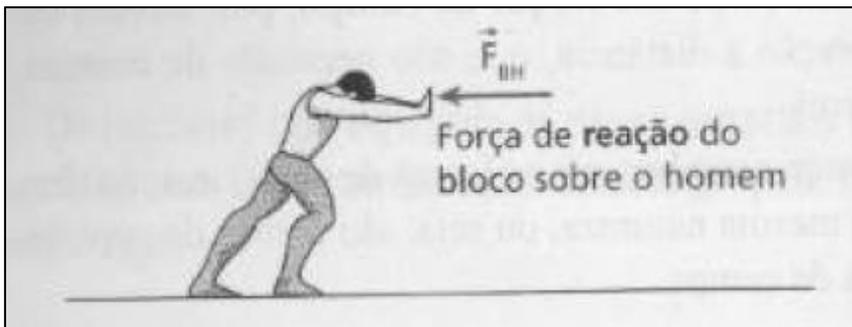
Figura 2.16 – Força de ação aplicada pelo homem no bloco.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 155).

Nesta situação será que o bloco também “empurra” o homem? Experiências feitas comprovam que se o homem aplica uma força no bloco, este aplica uma força no homem. O bloco aplica no homem uma força horizontal \vec{F}_{BH} , no sentido para a esquerda, Figura 2.17. Chamaremos essa força de **força de reação**.

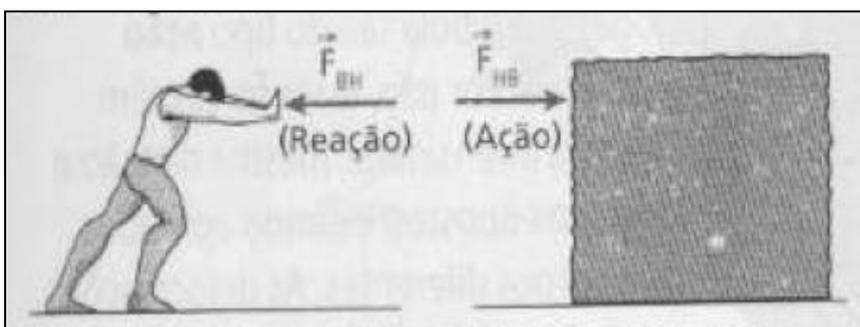
Figura 2.17 – Força de reação aplicada pelo bloco sobre o homem.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 155).

Logo, o homem exerce sobre o bloco uma força \vec{F}_{HB} , horizontal e para a direita e o bloco, por sua vez, exerce sobre o homem uma força \vec{F}_{BH} , horizontal e para a esquerda. Podemos ver esse par de forças na Figura 2.18.

Figura 2.18 – Forças de ação e reação, que o homem e o bloco trocam entre si.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 155).

As forças de ação e reação são opostas, ou seja, $\vec{F}_{HB} = -\vec{F}_{BH}$. Disto percebemos que, \vec{F}_{HB} e \vec{F}_{BH} têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos. Se imaginarmos, por exemplo, que \vec{F}_{HB} (força de ação) seja 50 N, veremos que a intensidade de \vec{F}_{BH} também será 50 N. É importante notar que o par de forças ação e reação estão aplicados em corpos diferentes. Neste caso a ação (\vec{F}_{HB}) está aplicada no bloco e a reação (\vec{F}_{BH}) está aplicada no homem.

O Princípio da Ação e Reação é descrito da seguinte forma:

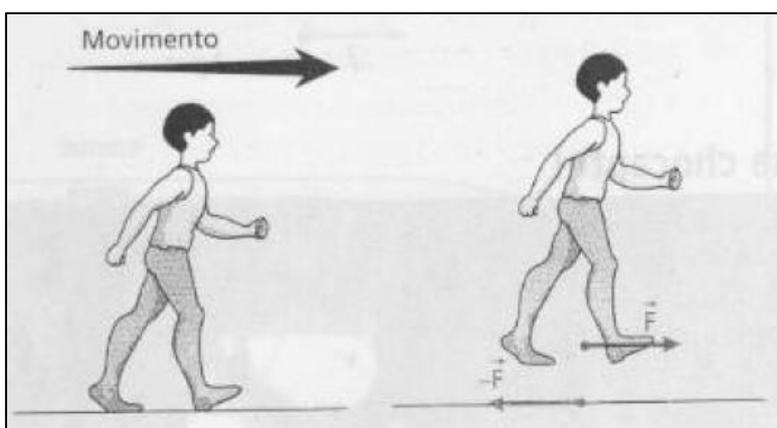
A toda força de ação corresponde uma de reação de modo que essas forças têm sempre mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos, estando aplicadas em corpos diferentes. (Helou et al., 2007, p.155).

É um erro comum achar que as forças de ação e reação se anulam mutuamente por terem a mesma intensidade. Isso nunca ocorre pelo fato de atuarem em corpos diferentes.

Existem dois tipos de natureza de força, são elas força de contato e força de campo. Força de contato é uma força aplicada por um corpo em outro que está em contato. Força de campo é uma força aplicada por um corpo em outro que não necessariamente precisa estar em contato com o primeiro.

O movimento de uma pessoa acontece graças ao Princípio da Ação e Reação pois quando ela anda empurra o chão “para trás” com uma força de ação. O chão em resposta a empurra “para frente” com uma força de reação, Figura 2.19. Neste caso notamos, que a ação está aplicada no solo, ao mesmo tempo que a reação é aplicada na pessoa.

Figura 2.19 – O movimento da pessoa, explicado pelo Princípio da Ação e Reação.

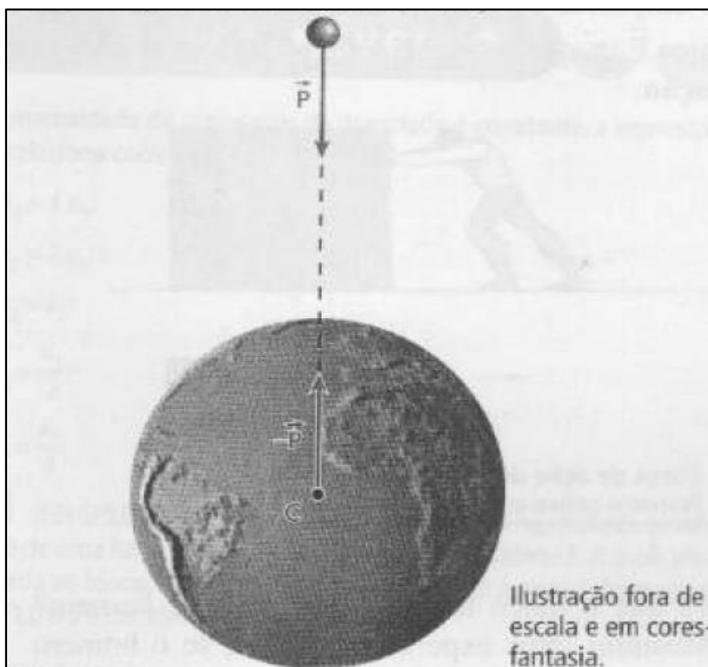


Fonte: (Helou et al., 2007, p. 155).

Um corpo sob a influência do campo gravitacional da Terra é atraído, sofrendo a ação de uma força \vec{P} . Mas se a Terra age no corpo por meio de seu campo gravitacional, este por sua vez, reage na Terra com uma força $-\vec{P}$ (no seu centro de massa), Figura 2.20.

Nestes dois casos podemos perceber que as forças de ação e reação sempre serão da mesma natureza. No primeiro caso a pessoa aplica uma força de contato no chão, e este reage com uma força também de contato. No segundo caso, A Terra atrai o corpo com uma força de campo e o mesmo responde com uma força de mesma natureza.

Figura 2.20 – Na medida em que a Terra atrai o corpo, este a atrai pela terceira lei de Newton.



Fonte: (Helou et al., 2007, p. 156).

No capítulo seguinte abordaremos a metodologia utilizada neste trabalho.

3. METODOLOGIA

Para realizar o objetivo principal deste trabalho que é investigar a eficácia do uso de experimentos de baixo custo para o ensino de mecânica no ensino fundamental foram aplicados dois questionários no Centro Educacional Cenequista Luzardo Viana, onde leciono a disciplina de física para 40 alunos do nono ano do ensino fundamental.

A amostra usada para este trabalho foi constituída por alunos do nono ano do ensino fundamental com idade média de 15 (quinze) anos, que já tinham tido aulas tradicionais sobre o conteúdo de mecânica abordado. Ao todo 34 (trinta e quatro) alunos foram submetidos ao primeiro questionário e 34 (trinta e quatro) alunos foram submetidos ao segundo questionário.

O primeiro questionário é estilo lápis e papel. Este questionário contém dez questões com o objetivo de saber qual a relação do aluno com a física, suas dificuldades, sua opinião quanto à forma que estuda e por fim sua concepção acerca de alguns tópicos abordados em mecânica.

Após os alunos terem respondido ao primeiro questionário partimos para a próxima etapa que são as aulas experimentais utilizando experimentos de baixo custo considerando o modelo construtivista de ensino. Foram selecionados três experimentos retirados do livro “Experimentos de Física utilizando materiais de baixo custo e fácil aceso.” Escrito por bolsistas do Programa institucional de bolsa de iniciação à docência (PIBID) de física da Faculdade de Educação, Ciência e Letras do Sertão Central (FECLESC) da Universidade Estadual do Ceará. O primeiro: “MRU” (gota de água e óleo) demonstra o comportamento do movimento retilíneo uniforme. O segundo: “A moeda que cai no copo” apresenta a primeira lei de Newton, Lei da Inércia. O terceiro: “Carrinho movido à bexiga – Jet Car” apresenta a terceira lei de Newton, lei da Ação e Reação.

Após trabalhar os experimentos, voltamos para sala de aula e aplicamos o segundo questionário no mesmo estilo do primeiro questionário. Este segundo questionário consiste de três questões, sobre o tema mecânica, semelhantes as do primeiro teste, para que seja possível comparar os resultados alcançados com o ensino experimental.

3.1. Primeiro Questionário

O primeiro questionário contém dez questões (Figura 3.1). Onde as sete primeiras questões foram retiradas da monografia: As dificuldades na aprendizagem da Física no primeiro ano do ensino médio da escola estadual de ensino fundamental e médio Osvaldo Cruz (CUNHA MARQUES, Evaldo, 2011) (disponível em: <http://monografias.brasilecola.uol.com.br/fisica/as-dificuldades-na-aprendizagem-fisica-no-primeiro-ano-ensino-medio.htm>), tratam da forma como os alunos participantes veem a física, suas dificuldades de aprendizagem e por fim sobre a maneira que eles gostariam de aprender essa ciência. As três questões restantes, foram elaboradas por mim, tratam de avaliar o conhecimento dos alunos sobre conceitos de mecânica, previamente trabalhados em aulas teóricas.

O primeiro questionário foi aplicado no dia 26 de outubro de 2016 para 34 alunos.

3.2. Segundo questionário

O segundo questionário (Figura 3.2) consiste de três questões elaboradas por mim. O segundo questionário trata de reavaliar os alunos sobre conceitos de mecânica após os mesmos terem participado de aulas experimentais com foco construtivista. Ele foi aplicado no dia 16 de novembro de 2016 com 34 alunos.

Após concluir os questionários foi feito um estudo das respostas dadas pelos alunos com o objetivo de avaliar dentre muitos fatores o método de ensino usado.

Figura 3.1 – Primeiro Questionário.**Primeiro Questionário**

Fonte: Brasil Escola - <http://monografias.brasilecola.uol.com.br/fisica/as-dificuldades-na-aprendizagem-fisica-no-primeiro-ano-ensino-medio.htm>

1ª- Você gosta de estudar física? Responda entre 1 e 5. 1 para maior intensidade.

()

2ª- Qual a diferença entre a física e a matemática?

() Não sei () Não tem () As formulas () A teoria

3ª- O professor utiliza recursos diferentes da aula tradicional no quadro?

() Não () Sim. Quais? _____

4ª- Qual a importância do ensino da física para você? Responda entre 1 e 5. 1 para maior intensidade.

()

5ª- Como você gostaria de estudar física?

() Só na sala de aula

() Na sala com experiências

() no laboratório

6ª- A física estudada na escola tem relação com seu cotidiano e suas tecnologias? Responda de 1 a 5. 1 para maior intensidade.

()

7ª- Qual a sua maior dificuldade na disciplina física?

() Entender os cálculos

() interpretar a teoria

() A relação entre a teoria e prática

() A forma como é trabalhada pelo professor

Fonte: autor.

8ª- Avalie a seguinte frase como verdadeira ou falsa: Todo corpo em movimento está acelerado.

() Verdadeira () Falsa

9ª- Você conhece as três leis de Newton?

() Sim () Não

10ª- Quais são as três leis de Newton?

Figura 3.2 – Segundo Questionário.

Segundo Questionário

1ª- Avalie a seguinte frase como verdadeira ou falsa: Todo corpo em movimento retilíneo uniforme tem aceleração nula.
() Verdadeira () Falsa

2ª- Você conhece a primeira lei de Newton (Inércia)? Dê um exemplo:

3ª- Na prática do carinho movido a ar você poderia explicar como ele se movimenta?

No capítulo seguinte apresentaremos os resultados obtidos neste trabalho, bem como as discussões destes resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desse trabalho foram divididos em duas partes: a primeira parte fala sobre montagem e aplicação dos experimentos e a segunda parte analisa as respostas dos questionários aplicados.

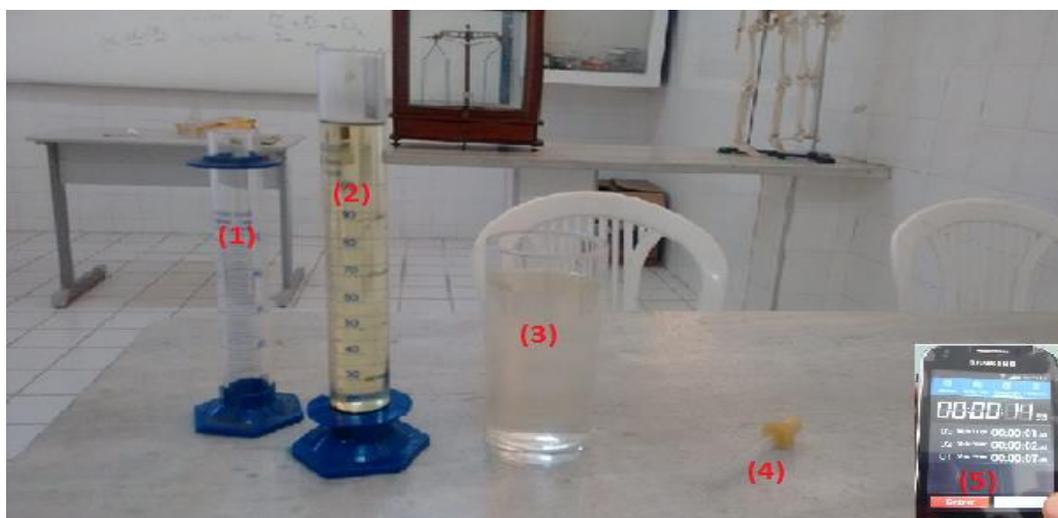
4.1. Experimentos

Na parte prática da pesquisa usamos três experimentos de baixo custo. São eles: (1) “MRU”, (2) “A moeda que cai no copo.” e (3) “Carrinho movido à bexiga – Jet car”. Nos tópicos seguintes será detalhamos a montagem e aplicação dos experimentos.

4.1.1. Experimento 1 – “MRU”

Este experimento tem como objetivo demonstrar o comportamento do movimento retilíneo uniforme e foi realizado após o primeiro questionário no dia 26 de outubro de 2016. Os alunos foram divididos em seis grupos. Cada grupo, em média, com seis alunos. Usamos o seguinte kit: (1) proveta, (2) óleo, (3) água, (4) um conta-gotas e (5) celular com função cronômetro (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Material usado no Experimento 1.



O procedimento começou com as seguintes orientações:

- I. Encher a proveta com óleo até uma altura satisfatória, quase no topo;
- II. Fazer marcações na proveta de cinco em cinco centímetros.

Após ter todo material em mãos um aluno, usando o conta-gotas, gotejava um pouco de água na proveta observando a formação de uma bolha, a bolha começava a descer na proveta, outro aluno acionava o cronômetro assim que a gota passasse pela primeira marcação e media o tempo gasto para atingir cada marcação e os demais alunos anotavam esses valores.

Com os valores dos instantes de tempo os alunos calculavam os intervalos de tempo que a gota levava para ir de uma marcação à próxima. Observando os valores dos intervalos de tempos constatamos que os valores eram aproximadamente iguais. Concluindo que a gota percorria deslocamentos iguais em intervalos de tempo iguais, o que caracteriza o movimento retilíneo uniforme.

Os alunos se mostraram animados no decorrer desta aula prática, quase todos se dispuseram a participar. Ficaram comportados, embora se distraíssem um pouco com algum objeto do laboratório. No fim entenderam os conceitos básicos do MRU.

4.1.2. Experimento 2 – “A moeda que cai no copo”

Nesta prática abordamos a primeira lei de Newton também conhecida como princípio da Inércia. Nesta prática realizada no dia 09 de novembro de 2016, os alunos assistiram-na e a questionaram podendo também participar do experimento.

Os materiais utilizados foram: (1) uma moeda, (2) um copo de vidro transparente e (3) um pedaço de papelão (Figura 4.2).

Quando puxamos bruscamente o papelão, a moeda cai no copo (Figura 4.3). O objetivo desta prática é questionar a razão disto acontecer. Podemos explicar esse fenômeno através da primeira lei de Newton, onde um corpo tende a manter seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme. Quando puxamos bruscamente o papelão este aumenta sua velocidade consideravelmente, mas a moeda mantém seu estado de repouso e em seguida cai no copo.

Figura 4.2 – Material usado no Experimento 2.

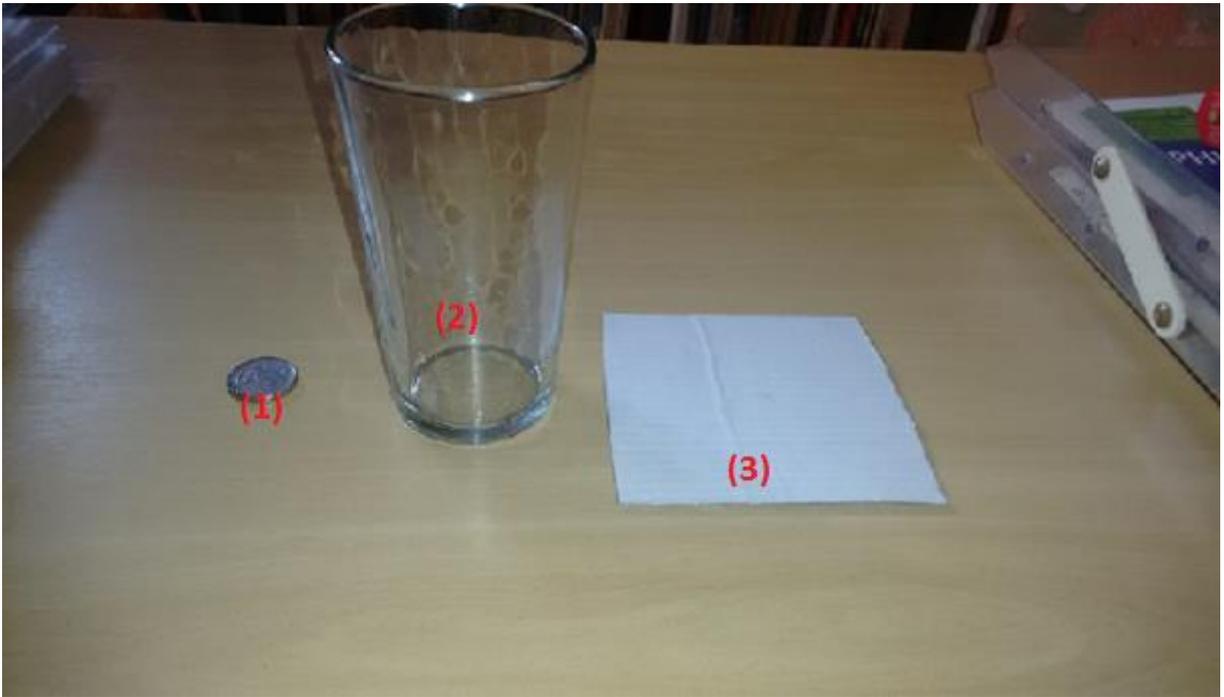
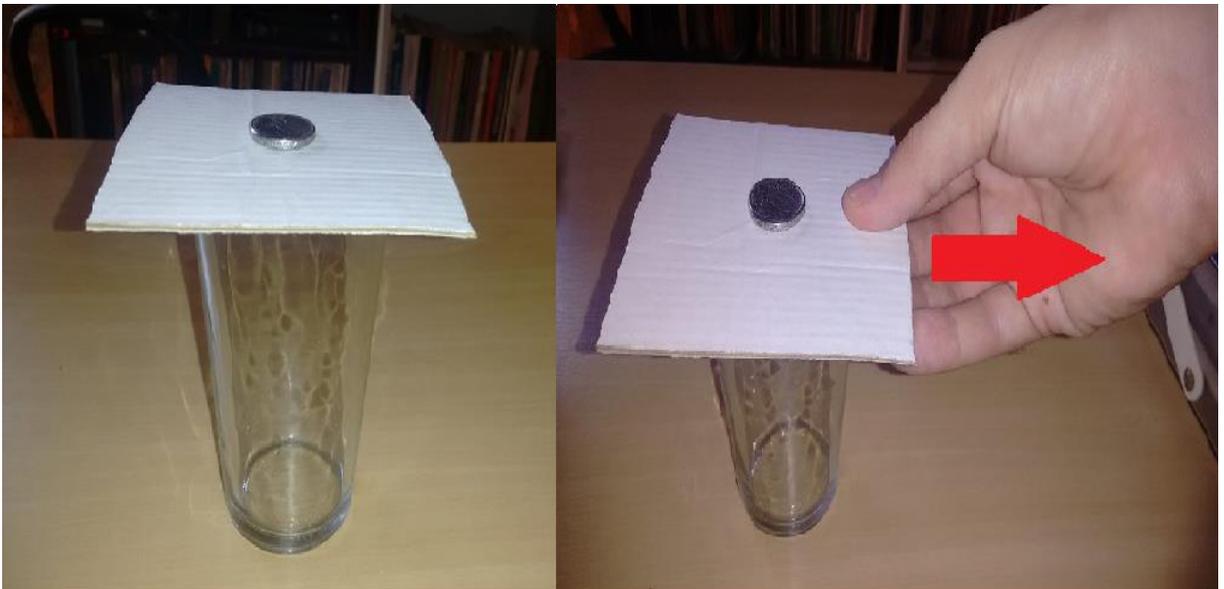


Figura 4.3 – Procedimento do Experimento 2.



No Experimento 2 os alunos observaram a demonstração e questionaram. A turma ficou comportada na sala de aula durante o experimento. No fim compreenderam o conceito da primeira lei de Newton.

4.1.3. Experimento 3 – “Carrinho movido à bexiga – Jet car”

Esta terceira prática tem como objetivo confeccionar um carro movido à bexiga que apresenta a terceira lei de Newton, também conhecida como princípio da ação e reação. Nesta aula experimental realizada no dia 09 de novembro de 2016, construímos o carrinho e em seguida discutimos sobre o seu funcionamento.

Este é um experimento de realização simples, pois usamos matérias de fácil acesso e baixo custo, mostrando que não é preciso tanto esforço para conseguir realizar uma aula experimental. Os materiais usados foram: (1) uma fita adesiva (usamos uma fita isolante), (2) uma bexiga, (3) quatro tampinhas de garrafa pet, (4) um pedaço de papelão, (5) um palito de churrasco, (6) dois canudos de vitamina e (7) um estilete (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Material usado na prática “Carrinho movido À bexiga – Jet car”.



A montagem do carrinho começa prendendo a bexiga usando a fita em um dos canudos, esse será o “motor” do nosso carrinho, não esquecendo de soprar pra testar se não está vazando ar ou se a bexiga está furada. Em seguida, fazemos os eixos, primeiro furamos as tampinhas, cortamos o palito de churrasco em dois pedaços, um maior e outro menor, fazendo o mesmo com o outro canudo e deixando os pedaços um pouco menores que os pedaços de palito. Unimos o pedaço maior de palito com uma das tampinhas, depois colocamos o pedaço maior de canudo e por fim colocamos outra tampinha na outra ponta do palito, assim está

pronto o eixo maior o eixo menor é feito da mesma maneira. Com os eixos e o “motor” prontos vamos agora, usando a fita, colar no corpo do carrinho o papelão. Observar que o eixo maior fica no lado maior do papelão. Para uma melhor compreensão vamos agora descrever o passo a passo.

1. Criar o “motor” – Colocar a bexiga no canudo e prender com a fita (Figura 4.5). É importante soprar o canudo para ter certeza que o ar não está escapando.

Figura 4.5 – Passo 1. Criar o “Motor”.



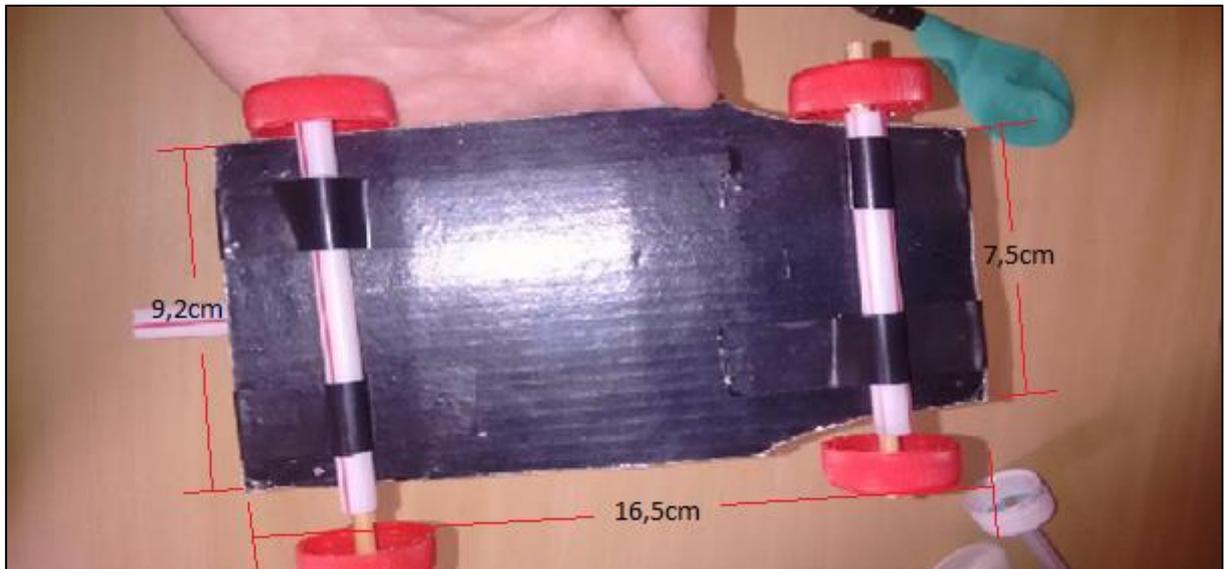
2. Construir os eixos e fixar as rodas neles – Corta um canudo, de forma a ter um pedaço maior 10,5 cm e outro pedaço menor de 8,6 cm. Fazer o mesmo para o palito de churrasco, pedaço menor 12,2 cm e maior 14 cm. Fixar as rodas no palito, que deve ser colocado dentro dos pedaços de canudo como mostra a Figura 4.6.

Figura 4.6 – Passo 2. Construção dos eixos.



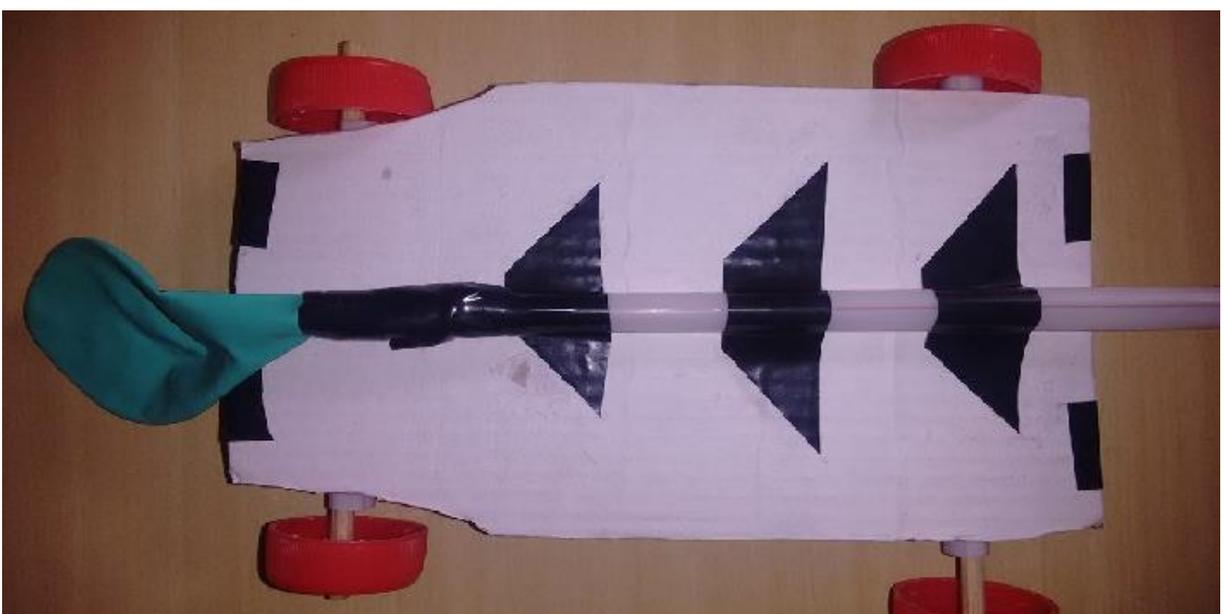
3. Colocar os eixos no carrinho – Pegar o papelão (corpo do carrinho), que deve está cortado com a parte dianteira menor como mostra a Figura 4.7. Fixar usando a fita os eixos, maior e menor, embaixo do papelão.

Figura 4.7 – Passo 3. Colocar os eixos no corpo do carrinho.



4. Fixar o “motor” no carrinho – Usando a fita Fixar o “motor” no carrinho, com a bexiga do lado menor (frente do carrinho) como ilustrado na Figura 4.8.

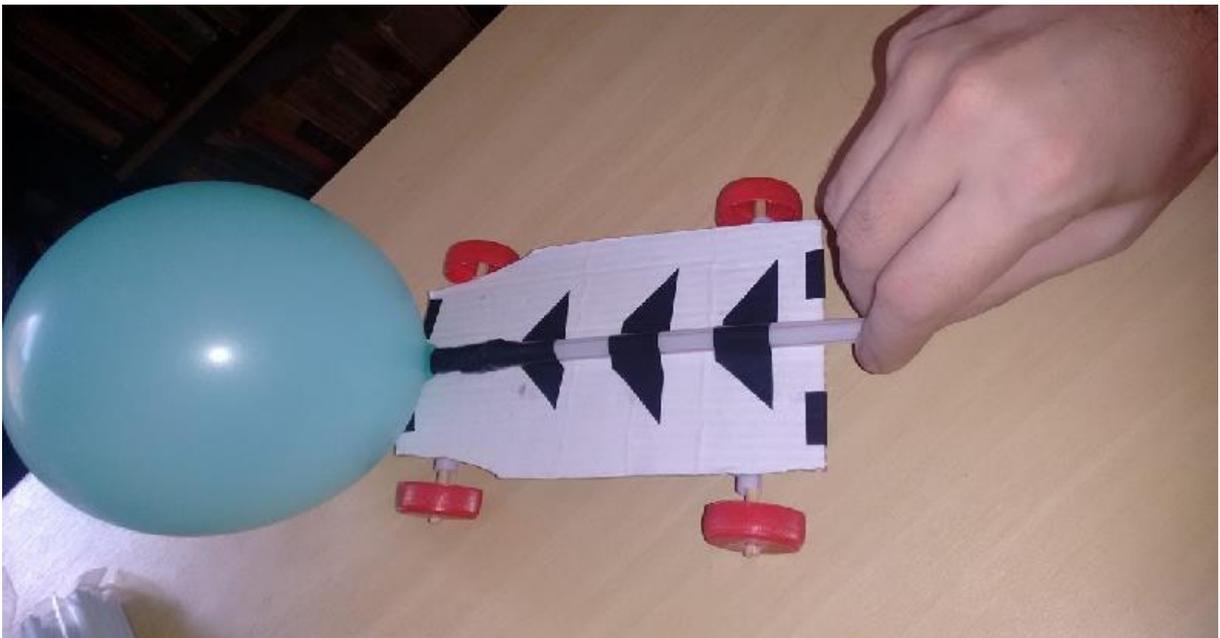
Figura 4.8 – Passo 4. Fixar o “motor” no carrinho.



Após esses passos, o carrinho está pronto como ilustra a Figura 4.9. Soprando o canudo, enchendo a bexiga, o carrinho entrará em movimento. Mas como ele se move? Quando o ar sai do canudo ele empurra o ar do ambiente para trás, este por sua vez, pela terceira lei de Newton irá reagir com uma força que empurra o carrinho para frente.

No Experimento 3 os alunos poderiam construir o seu próprio carrinho movido a bexiga. Em seguida estudamos o movimento do carrinho. A turma ficou comportada na sala de aula durante o experimento. Os alunos se mostraram interessados em entender o funcionamento do experimento. No fim compreenderam o conceito da terceira lei de Newton.

Figura 4.9 – Carrinho movido à bexiga.



4.2. Questionários

Usamos como amostra para esta pesquisa 34 alunos do nono ano do ensino fundamental, do colégio Luzardo Viana, que já tiveram aulas dos conteúdos de mecânica abordados neste trabalho. Esses alunos foram submetidos ao primeiro questionário que contém dez questões. Com o objetivo de entender como esses alunos veem a física, suas dificuldades de aprendizagem, que maneiras de melhorar sua aprendizagem, avaliar seus níveis de conhecimento nos tópicos de mecânica

abordados. O segundo questionário contém três questões, aplicadas após os alunos terem aulas práticas com os experimentos de baixo custo propostos nesse trabalho, com o objetivo de ver a eficácia do uso desses experimentos no ensino de Física, em especial de mecânica. A seguir veremos os resultados desses questionários em sequência.

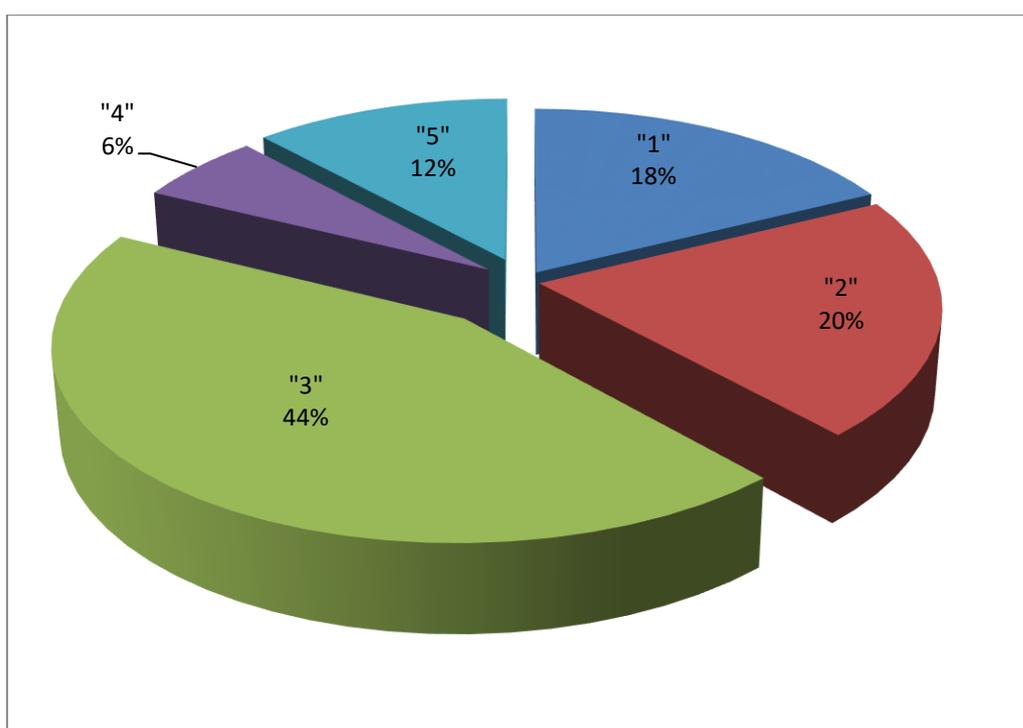
4.2.1. Primeiro questionário (Figura 3.1)

Das questões 1 a 7 foi estudada a visão do aluno sobre a física, seu ensino, de como melhorar sua aprendizagem nesta disciplina.

1. Você gosta de estudar física? Responda entre 1 e 5. 1 para maior intensidade.

O Gráfico 4.1 mostra que 38,2% responderam "1" e "2". 44,1% responderam "3" e 17,7% responderam "4" e "5", mostrando que a grande maioria dos estudantes gosta de física.

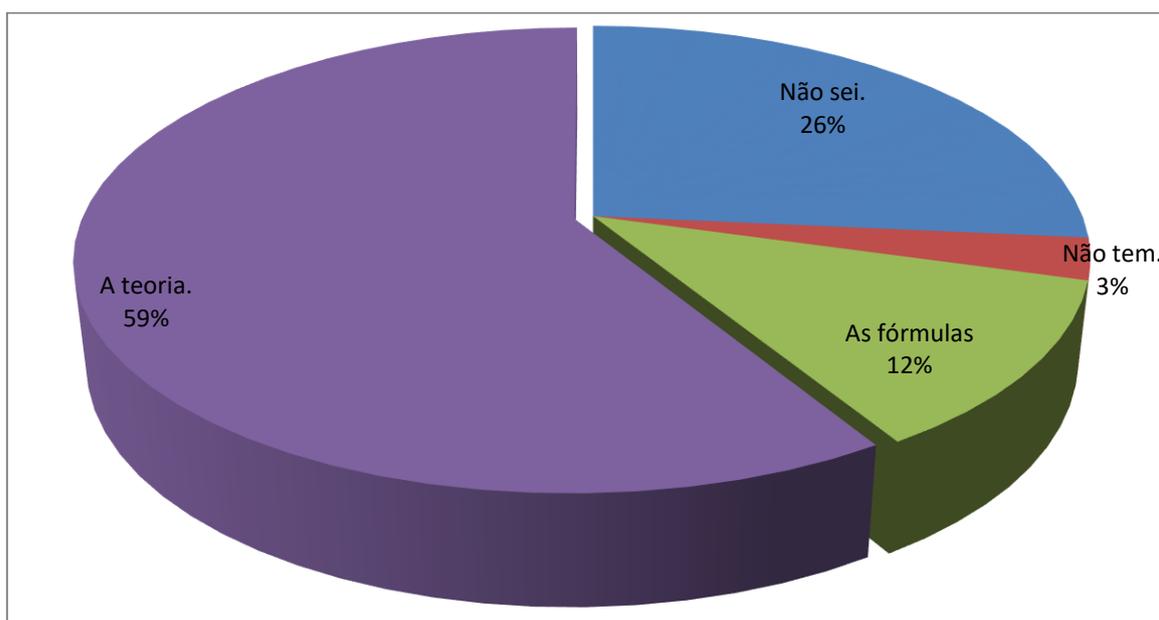
Gráfico 4.1 – Resultados da questão 1, do primeiro questionário.



2. Qual a diferença entre física e matemática?

O resultado da segunda pergunta do questionário 1 é mostrado no Gráfico 4.2. Podemos observar que a maioria respondeu que a diferença é na teoria, mostrando que a física que está sendo dada está mais concentrada nos fenômenos do que nos cálculos.

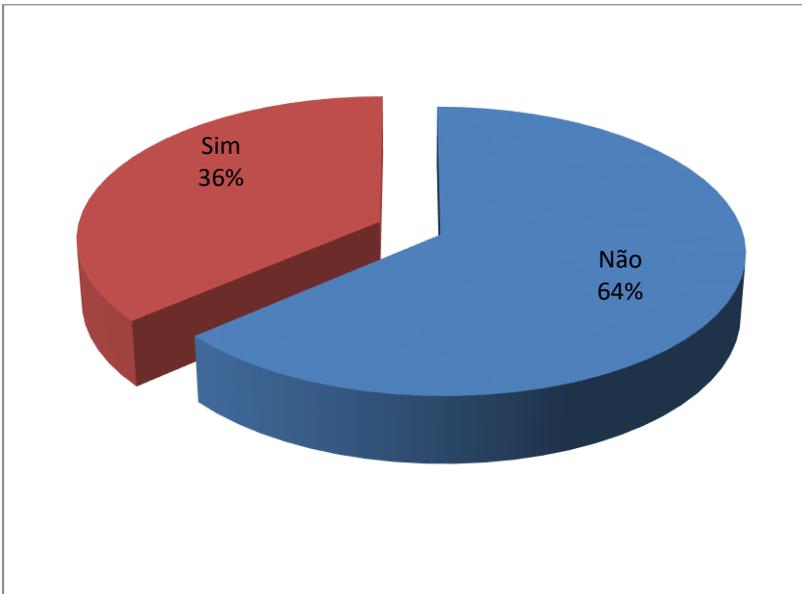
Gráfico 4.2 – Resultados da questão 2, do primeiro questionário.



3. O professor utiliza recursos diferentes da aula tradicional no quadro?

Os resultados da questão 3 nos mostra que: 63,6% dos alunos afirmam que o professor utiliza apenas aulas tradicionais no quadro e 36,4% disseram que são usados recursos diferentes como ilustra o Gráfico 4.3. Quando perguntado quais recursos diferentes o professor usava responderam, “Explica pegando os exemplos da sala mesmo e com muita paciência.”, “Os pincéis para ajudar na aula.”, “É legal a maneira que ele ensina.”, “Dinâmica.” e “Aulas no laboratório.”. Os alunos se referiam ao fato do professor fazer uso dos objetos ao seu alcance (pincéis, apagador, cadeiras) para dar exemplos de conceitos físicos. Mostrando que, muitas vezes, não são necessários grandes recursos ou laboratório para associar à física ao cotidiano.

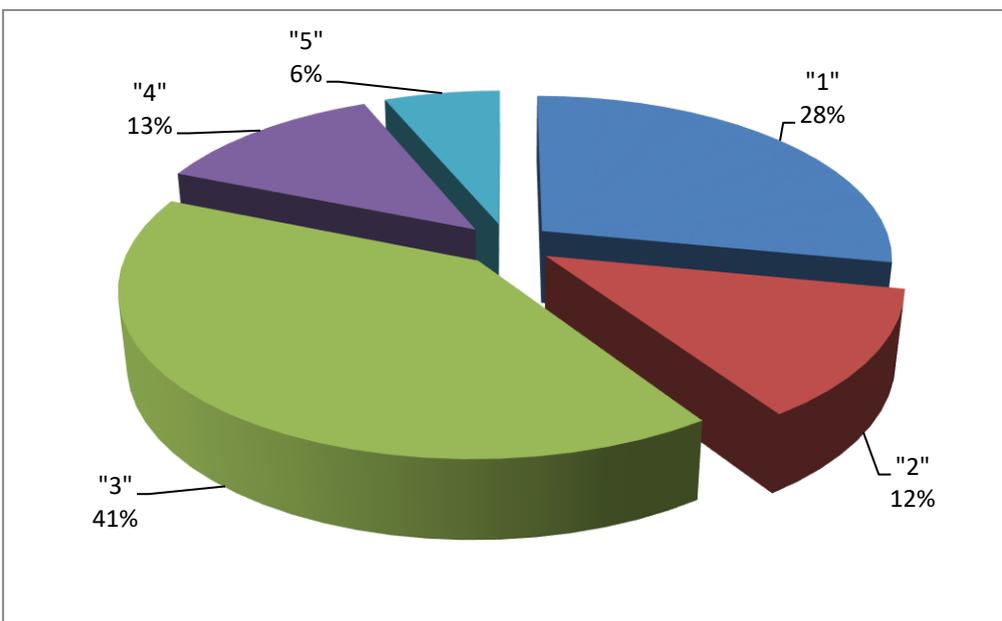
Gráfico 4.3 – Resultados da questão 3, do primeiro questionário.



4. Qual a importância do ensino de física para você? Responda entre 1 e 5. 1 para maior intensidade.

O Gráfico 4.4 mostra que 40,6% dos estudantes, quase a metade, afirmam que a física tem uma importância mediana, mas o número de resposta "1" (28,1%) é mais do que o número de resposta "5" (6,3%) constatando que os alunos reconhecem a importância da física.

Gráfico 4.4 – Resultados da questão 4, do primeiro questionário.



5. Como você gostaria de estudar física?

O Gráfico 4.5 mostra que a maioria dos discentes gostaria de estudar física no laboratório. Apenas 5,9% gostariam de estudar só na sala de aula sem experiências.

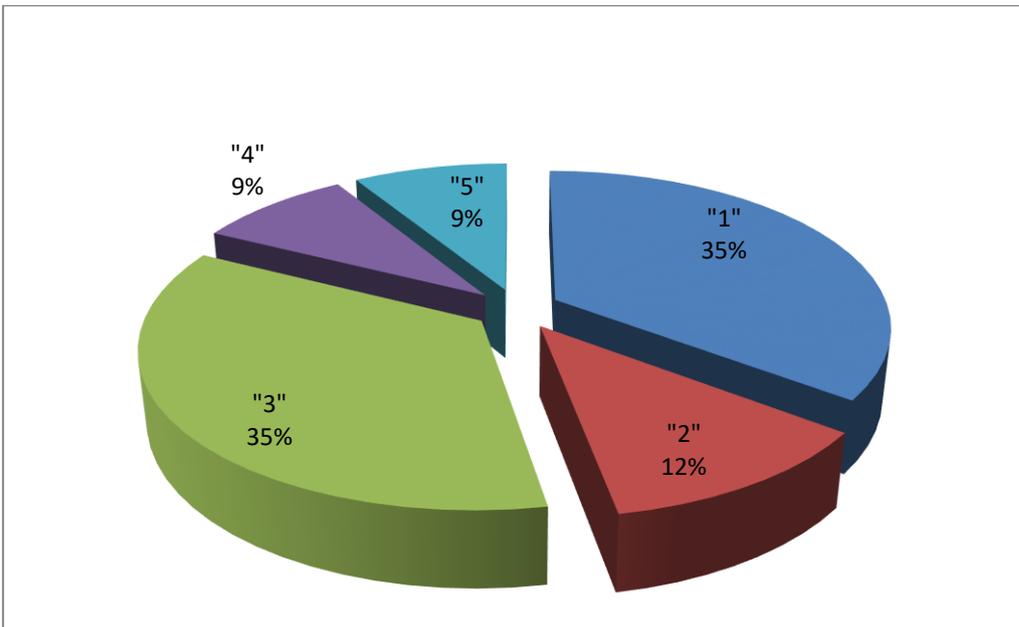
Gráfico 4.5 – Resultados da questão 5, do primeiro questionário.



6. A física estudada na escola tem relação com o seu cotidiano e suas tecnologias? Responda de 1 a 5. 1 para maior intensidade.

O Gráfico 4.6 mostra os resultados da sexta pergunta do primeiro questionário. Destes dados podemos concluir que a maioria dos alunos reconhece a relação do ensino de física com o cotidiano e suas tecnologias, embora 16,6% pensem que o ensino de física estudado na escola não tem relação com seu cotidiano ou se tem é muita pouca.

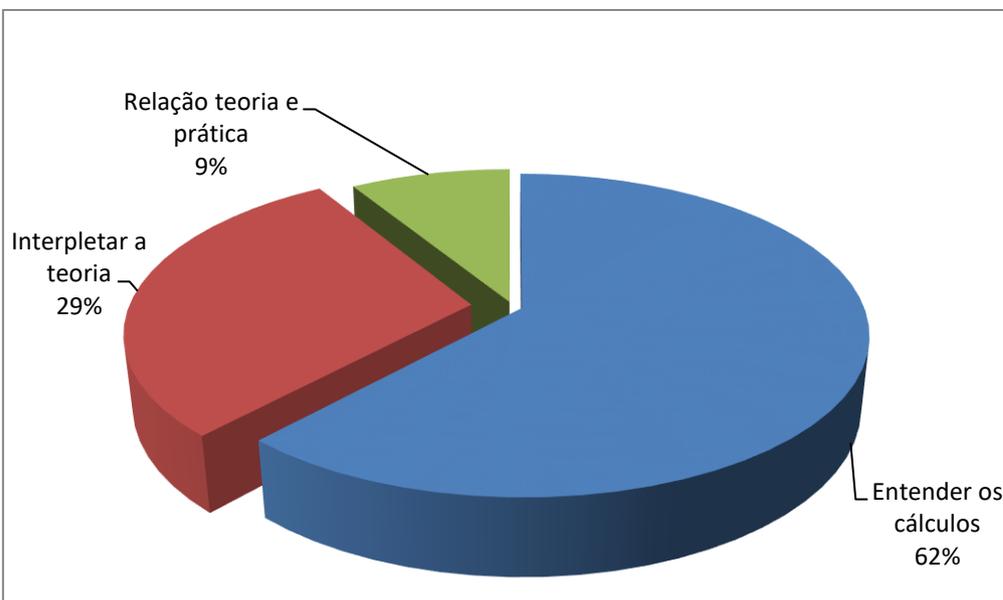
Gráfico 4.6 – Resultados da questão 6, do primeiro questionário.



7. Qual a sua maior dificuldade na disciplina de física?

O Gráfico 4.7 mostra os resultados da sétima pergunta do primeiro questionário. Com estes dados concluímos que, mais da metade dos alunos tem dificuldades com os cálculos, o que torna este o principal problema a ser resolvido pelo professor.

Gráfico 4.7 – Resultados da questão 7, do primeiro questionário.

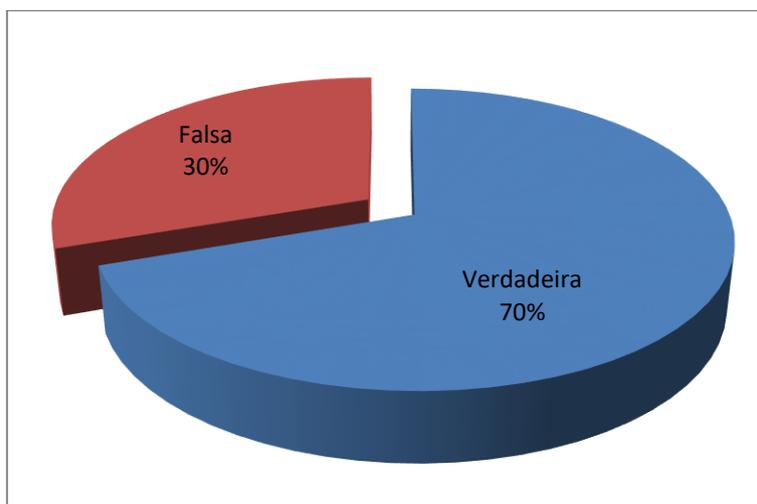


Das questões 8 a 10 foi verificado o nível dos alunos em determinados tópicos de mecânica.

8. Avalie a seguinte frase como verdadeira ou falsa: Todo corpo em movimento está acelerado.

Esta questão tinha o objetivo de avaliar os conhecimentos dos discentes acerca do movimento retilíneo uniforme (MRU). A frase do enunciado da questão é falsa, nem todo corpo em movimento está acelerado pois no MRU o corpo se movimenta com velocidade constante, ou seja, aceleração nula. No Gráfico 4.8 podemos ver os resultados: 69,7% para verdadeira e 30,3% para falsa. Podemos constatar que quase 70% dos participantes erraram. Este fato mostra que apesar dos alunos já terem tido aulas tradicionais sobre essa temática, não conseguiram compreendê-lo bem.

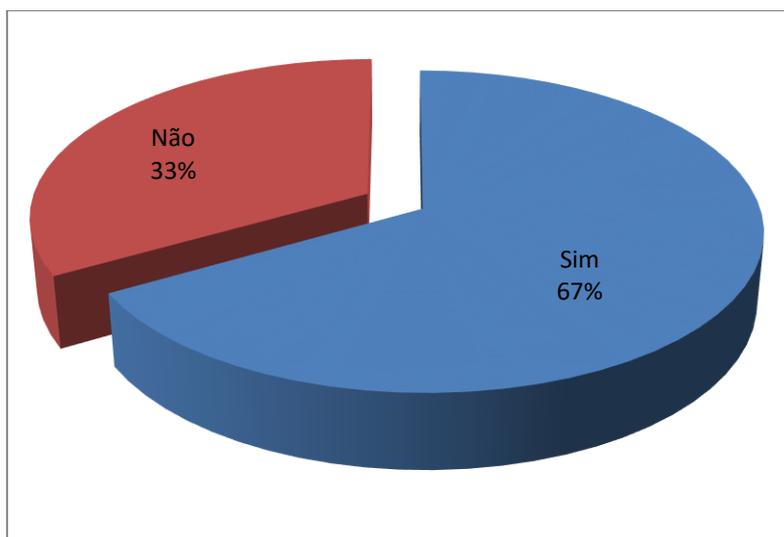
Gráfico 4.8 – Resultados da questão 8, do primeiro questionário.



9. Você conhece as três leis de Newton?

Os alunos foram perguntados se conheciam as três leis de Newton. No Gráfico 4.9 temos os resultados: 66,7% sim e 33,3% não. Diante destes dados vemos que, 33,3% afirmam não conhecer as leis de Newton, embora o professor já tivesse dado aulas tradicionais sobre o assunto.

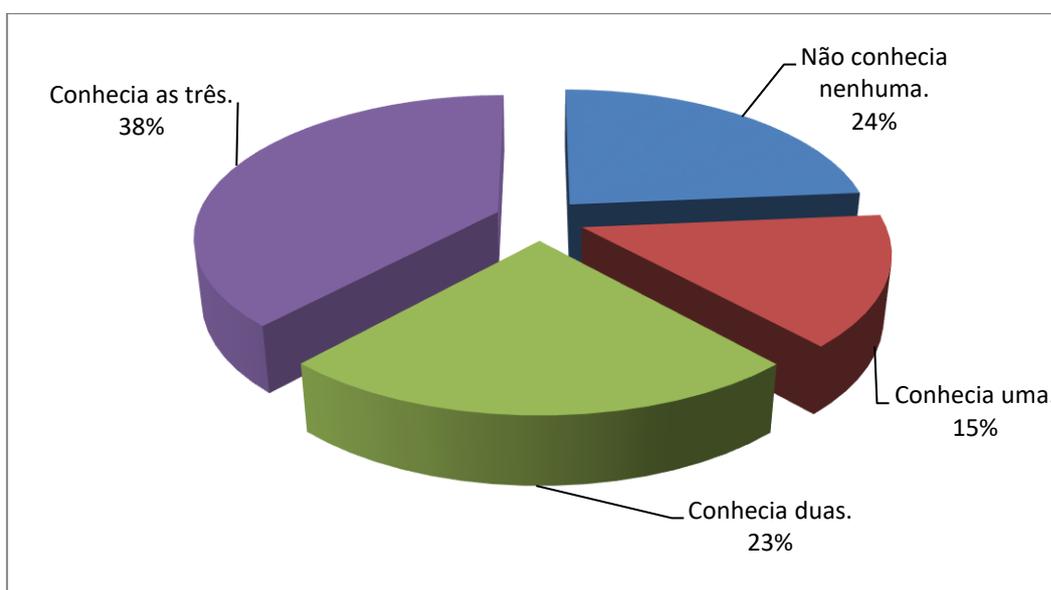
Gráfico 4.9 – Resultados da questão 9, do primeiro questionário.



10. Quais são as três leis de Newton?

Nesta questão se pedia para o aluno dizer quais as três leis de Newton. O Gráfico 4.10 apresenta os resultados da décima questão do primeiro questionário e mostra que 14,7% conheciam uma, 23,5% conheciam duas e 38,2% conheciam as três. Dos dados obtidos concluímos que os 14,7% em maioria apenas conheciam a terceira lei de Newton, 23% conheciam a primeira (Princípio da Inércia) e a terceira (Princípio da Ação e Reação). Apenas 38,2% conheciam a segunda lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica).

Gráfico 4.10 – Resultados da questão 10, do primeiro questionário.



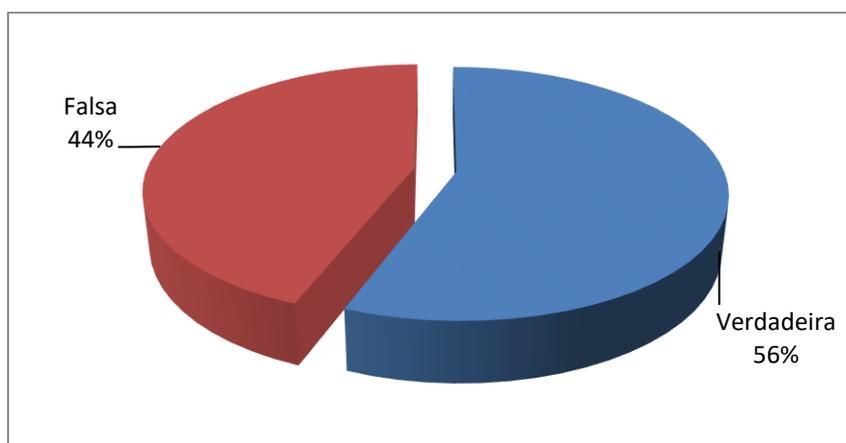
4.2.2. Segundo questionário (Figura 3.2)

Este questionário tem o objetivo de avaliar os discentes sobre alguns tópicos de mecânica abordados pelas aulas práticas.

1. Avalie a seguinte frase como verdadeira ou falsa: Todo corpo em movimento retilíneo uniforme tem aceleração nula.

Esta questão assim como a questão 1 do primeiro questionário trata do movimento retilíneo uniforme (MRU). A frase no enunciado desta questão é verdadeira, todo corpo em MRU tem aceleração nula, pois sua velocidade não varia nem em módulo (intensidade) e nem em direção. No Gráfico 4.11 vemos que: 55,9% disseram ser verdadeira enquanto que 44,1% disseram ser falsa. Resumindo 55,9% acertaram a questão enquanto que no primeiro questionário que ocorreu antes da aula prática apenas 30,3% acertaram. Vemos um indício de que o experimento de baixo custo teve eficácia.

Gráfico 4.11 – Resultados da questão 1, do segundo questionário.

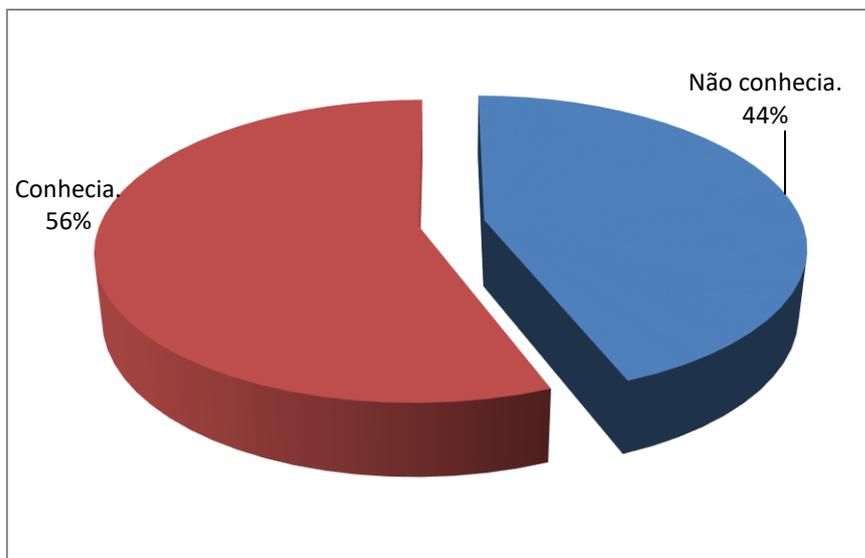


2. Você conhece a primeira lei de Newton (Inércia)? Dê exemplo:

Nesta questão queríamos saber se o aluno conhecia o princípio da inércia e se ele era capaz de dar um exemplo deste princípio. No Gráfico 4.12 temos que: 44,1% não conheciam, ou não souberam responder, e 55,9% conheciam. A partir destes dados podemos observar que pouco mais da metade foram capazes de dar

exemplos sobre esta lei, alguns até usaram o experimento “a moeda que cai no copo” como exemplo, a grande maioria usou o exemplo do passageiro do ônibus que freia bruscamente.

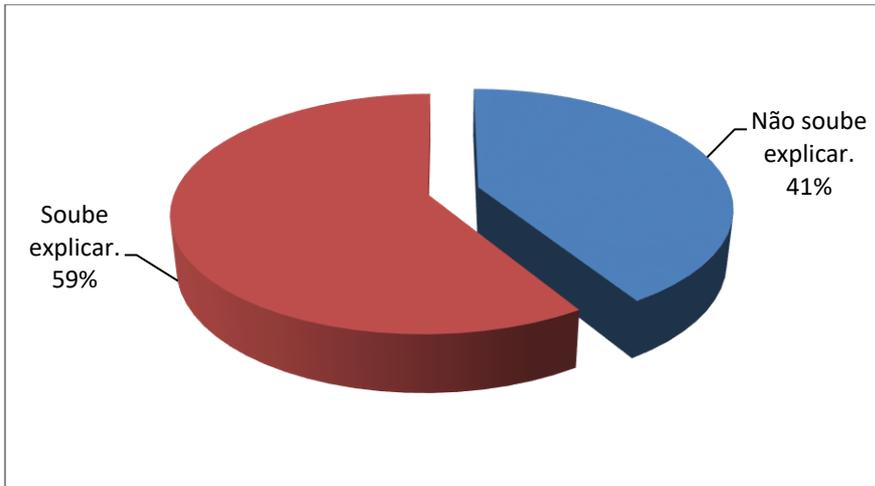
Gráfico 4.12 – Resultados da questão 2, do segundo questionário.



3. Na prática do carrinho movido a ar, você poderia explicar como ele se movimenta?

Nesta questão se procurava analisar, se após a prática “carrinho movido a bexiga – Jet car”, os alunos seriam capazes de explicar o movimento do carrinho. O carrinho se move quando o balão expele o ar para traz, fazendo assim uma força de ação, e o ar ambiente reage “empurrando” o carrinho para frente, com uma força de reação. Isso exemplifica a terceira lei de Newton. No Gráfico 4.13 temos que: 41,2% não souberam explicar enquanto que 58,8 souberam explicar. Nem todos souberam responder com o conceito científico, e sim com suas concepções alternativas. Isso indica que deve haver uma mudança na forma que é ministrada as aulas práticas para que os alunos consigam substituir seus conceitos baseados nas suas concepções alternativas pelos conceitos científicos (Barbosa et al., 1999).

Gráfico 4.13 – Resultados da questão 3, do segundo questionário.



No capítulo seguinte apresentaremos as considerações finais deste trabalho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostrou uma alternativa ao método tradicional de ensino trabalhado pelas escolas. O uso das teorias construtivistas e da metodologia experimental propiciou aos discentes um melhor aprendizado e uma motivação para aprender aqueles conceitos de mecânica trabalhados nos experimentos.

Os experimentos usados nas aulas se mostraram fáceis de serem montados e aplicados em sala de aula ou laboratório. Os materiais usados foram de baixo custo e fácil acesso, o que facilitou o trabalho. Isto nos mostra que fazer uma aula com metodologia experimental não é difícil, só precisa de interesse do docente.

A partir dos resultados dos questionários aplicados percebemos que:

1. Mais de 60% dos alunos que responderam o questionário afirmam que sua maior dificuldade em física é entender os cálculos.
2. A maioria dos discentes gosta ou acha importante o estudo da Física, isso deve ao fato das aulas terem relação com seu cotidiano e suas tecnologias.
3. Mais da metade dos alunos afirmam que o professor usa apenas o quadro para dar aulas tradicionais. Fato esse que o presente trabalho propõe alternativas.
4. A maioria dos alunos afirma preferir aulas experimentais, seja na sala de aula ou no laboratório, a aulas tradicionais apenas na sala de aula.
5. Nas questões sobre mecânica do primeiro questionário, antes das aulas práticas, percebemos que a maioria dos discentes participantes tem dificuldades com conceitos de movimento retilíneo uniforme e leis de Newton.
6. No segundo questionário, aplicado após as aulas práticas, vemos que uma porcentagem maior de alunos, em comparação com o primeiro questionário, consegue responder corretamente as questões sobre conceitos de mecânica.

Os resultados nos mostraram indícios que o uso de experimentos de baixo custo para o ensino de mecânica no ensino fundamental é eficaz. Os alunos se mostraram interessados e esta metodologia facilitou o processo de aprendizagem dos conceitos de mecânica trabalhados. Os alunos e a sociedade estão evoluindo e a escola não pode retroceder, devemos sempre buscar melhorias para que o ensino de física seja cada vez mais enriquecido e apreciado por nossos alunos. Ressalto que desenvolver este trabalho foi uma ótima experiência, visto que estou iniciando carreira na docência.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXT, R. **O papel da experimentação no ensino de Ciências**, in MOREIRA, M. A. & AXT, R., Tópicos em ensino de Ciências, Sagra, 1991.

BARBOSA, J. O; PAULO, S.R; RINALDI, C. **Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no Ensino Médio**. Cad . Cat. Ens. Fis., v.16, n. 1: p. 105-122, abr. 1999.

BECKER, Fernando. **O que é o construtivismo?**. *Ideias*, n. 20. São Paulo: FDE, 1994. p. 87-93. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_20_p087-093_c.pdf>. Acesso em: 01 de novembro de 2016.

BRUNER, Jerome. **A cultura da educação**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

CAETANO, Luciana. **A epistemologia genética de Jean Piaget**, 2010. Disponível em: <http://www.ip.usp.br/portal/index.php?option=com_content&id=1797:a-epistemologia-genetica-de-jean-piaget&Itemid=97> Acesso em: 02 de setembro de 2016.

CUNHA MARQUES, Evaldo. **As Dificuldades na aprendizagem da física no primeiro ano do ensino médio da escola estadual de ensino fundamental e médio Osvaldo Cruz**, 2011. Disponível em: <<http://monografias.brasilecola.uol.com.br/fisica/as-dificuldades-na-aprendizagem-fisica-no-primeiro-ano-ensino-medio.htm>>. Acesso em: 20 de outubro de 2016.

ELIA, M. F. **O ensino não experimental de uma ciência experimental**. In ATAS VI SNEF, Niterói-RJ, 1985.

GARCÍA, R. **O conhecimento em construção**: das formulações de Jean Piaget à teoria de sistemas complexos. Porto Alegre: Artmed, 2002.

HELOU, GUALTER & NEWTON. **Tópicos de Física**, Vol 01, 18ª Ed. Editora Saraiva, 2007.

KESSELRING, T. **Jean Piaget**. Petrópolis: Vozes, 1993.

Parrat-Dayan, S. & Tryphon, A. (1998). **Introdução**. In **Piaget, J.** Sobre a Pedagogia: textos inéditos (pp.7-23). São Paulo, SP: Casa do Psicólogo.

PIAGET, J. **Epistemologia Genética**. Petrópolis: Vozes, 1970. - (EG)

_____. **Psicologia e epistemologia**: por uma teoria do conhecimento. Rio de Janeiro: Forense, 1973.

_____. **A equilibração das estruturas cognitivas**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

_____. **A equilibração das estruturas cognitivas**: problema central do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

_____. **Biologia e conhecimento**: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos. Petrópolis: Vozes, 1996.

_____. **A construção do real na criança**. São Paulo: Ática, 2001.

PINHEIRO, A. G; et al. **Experimentos de Física utilizando materiais de baixo custo e fácil acesso**, 2012. Disponível em:

< <http://www2.fisica.ufc.br/agopin/EXPERIMENTOS.pdf>>. Acesso em: 01 de setembro de 2016.

PINHO ALVES, J. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, ag. 2000.

RAMALHO, NICOLAU & TOLEDO. **Os Fundamentos da Física**, Vol. 01, 7ª Ed. Editora Moderna, 1999.

RICARDO, E. C.; Custódio, J. F.; Rezende, M. F. J. **A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 135-147, (2007).

RINALDI, C. & URE, M. C. D. **Concepções de adultos não influenciados pelo ensino formal sobre eletricidade.** Rev. Educ. Pública/UFMT, V. 3, 1994.