



ERIK CORDEIRO DA SILVA

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS REALIZADAS A PARTIR DE UM *KIT*  
MULTIFUNCIONAL DESENVOLVIDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO**

Caruaru, 2017

ERIK CORDEIRO DA SILVA

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS REALIZADAS A PARTIR DE UM *KIT*  
MULTIFUNCIONAL DESENVOLVIDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação (ProFís) do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado

Orientador: Prof. Dr. Sérgio de Lemos Campello

Coorientador: Prof. Dr. Augusto César de Lima Moreira

Caruaru, 2017

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Paula Silva CRB/4 - 1223

S586a Silva, Erik Cordeiro da.  
Atividades experimentais realizadas a partir de um kit multifuncional desenvolvido com materiais de baixo custo. / Erik Cordeiro da Silva. – 2017.  
126 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Sérgio de Lemos Campello.  
Coorientador: Augusto César Lima Moreira.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2017.  
Inclui referências.

1. Material didático - São Lourenço da Mata (PE). 2. Aprendizagem ativa - São Lourenço da Mata (PE). 3. Física - Experiências. I. Campello, Sérgio de Lemos (Orientador). II. Moreira, Augusto César Lima (Coorientador). III. Título.

371.12 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2017-492)

ERIK CORDEIRO DA SILVA

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS REALIZADAS A PARTIR DE UM KIT  
MULTIFUNCIONAL DESENVOLVIDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação (ProFís) da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 30/11/2017

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Sérgio de Lemos Campello  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

---

Prof. Dr. João Francisco Liberato de Freitas  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador Interno)

---

Prof. Dr. Adauto Ferreira de Souza  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE (Examinador Externo)

Dedico esta dissertação a minha família, em especial a minha esposa Tarciana Alves e a minha filha Ana Clara, que foram compreensivas com minhas longas horas de trabalho e a minha mãe Sueli Cordeiro (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida!

A CAPES pelo apoio financeiro.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela idealização do MNPEF.

À Universidade Federal de Pernambuco/Centro Acadêmico do Agreste (CAA).

A todos os professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física que contribuíram com o meu enriquecimento intelectual, em especial aos professores Augusto César de Lima Moreira e Sérgio de Lemos Campello pelas orientações para produção deste trabalho.

Aos caríssimos colegas do MNPEF/CAA, em especial a Rodrigo Holanda pelos trabalhos que realizamos, pelas longas viagens ao CAA, pelas horas de estudos, pelos conselhos, e pelo fortalecimento de nossa amizade, pois tenho na pessoa dele um irmão mais velho.

À EREM Conde Pereira Carneiro, na pessoa do seu diretor Wandekson Paiva, por ceder o ambiente para a realização dos experimentos.

Aos estudantes Caio Francisco de Melo, Emanuel Domingos Gomes, Jecimiel Tenorio da Silva, José Ewerton Ferreira, Karen Nascimento de Albuquerque, Maria Eduarda da Silva Ramos e Ruan Mateus da Silva Lira que se dispuseram em participar da turma piloto para testar o *Kit* Multifuncional.

Às professoras Paula Gomes e Cleide Góes pelas sugestões que me forneceram quando precisei apresentar o plano de trabalho para a segunda etapa da seleção do MNPEF.

A todos os colegas de trabalho e familiares que direta ou indiretamente me incentivaram com palavras de otimismo.

## RESUMO

O tema deste trabalho nasceu de uma necessidade de mudança na forma como as atividades experimentais são abordadas nos laboratórios das escolas de ensino médio. Para que essa mudança ocorra, foi criado um *kit* multifuncional confeccionado com materiais de baixo custo, com o intuito de ampliar os campos conceituais de determinados tópicos da física, em parceria com as atividades experimentais investigativas. Assim, criou-se uma turma piloto com sete estudantes da Escola Conde Pereira Carneiro para testarem os sete experimentos propostos com a utilização do *kit* multifuncional. Em cada encontro, os estudantes formavam as duplas ou grupos e recebiam um guia experimental, onde inicialmente uma situação problema era proposta e correlacionada ao conteúdo do experimento, para que, em seguida, realizassem o experimento utilizando o *kit* multifuncional. Os resultados quantitativos, extraídos dos experimentos, mostram que é viável a utilização do *kit* em sala de aula ou em qualquer ambiente escolar. Em relação ao resultado qualitativo, realizou-se após seis meses do término dos testes com o *kit* uma pesquisa de investigação de conhecimentos sobre o experimento momento de uma força, com os sete estudantes que haviam participado da turma piloto e com outros sete que não haviam participado da tal turma, e o resultado mostrou que houve aprendizagem significativa no grupo de estudantes da turma piloto. Presumi-se que, tal resultado poderia ter sido constatado também nos outros experimentos, caso fossem investigados. Portanto, as aulas experimentais com o *kit* multifuncional proporcionaram a aprendizagem de alguns conceitos da física, e assim, foi possível deixá-los menos abstratos, e mais próximos do cotidiano do estudante, tornando o aluno um agente ativo de sua aprendizagem.

Palavras-chave: *Kit* multifuncional. Aprendizagem significativa. Atividades experimentais.

## ABSTRACT

The theme of this work was born from a need for change in the way experimental activities are approached in high schools' laboratories. For this change to take place, a multifunctional kit made with low-cost materials was created, in order to expand the conceptual fields of certain topics of physics, together with experimental investigative activities. Thus, a pilot group was formed with seven students from Escola Conde Pereira Carneiro to test the seven experiments proposed using the multifunctional kit. At each meeting, the students formed groups and received an experimental guide, in which an initial problem situation was proposed and correlated to the content of the experiment, and then carried out the experiment using the multifunctional kit. The quantitative results extracted from the experiments demonstrate that it is feasible to use the kit in the classroom or in any school environment. As for the qualitative results, an investigation of knowledge about the torque was accomplished with the seven students who had participated in the pilot group and seven others who had not been part of it, six months after the end of the tests with the kit. The result showed that there was significant learning in the pilot group of students. It was presumed that such an outcome could have been included in the other experiments as well if they were investigated. Therefore, the experimental classes with the multifunctional kit provided the learning of some concepts of physics, and thus, it was possible to leave them less abstract, and closer to the everyday of the student, making the student an active agent of their learning.

Key words: Multifunctional kit. Significant learning. Experimental activities.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Teoria dos campos conceituais de Vergnaud.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Demonstrações investigativas.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Laboratório semiaberto.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Lei de Hooke.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Momento de uma força (Torque).....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>A Resistência axial de um feixe de macarrão por compressão.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4</b>	<b>Indução Eletromagnética.....</b>	<b>32</b>
<b>3.5</b>	<b>O peso aparente de um ímã.....</b>	<b>34</b>
<b>3.6</b>	<b>A resistência à compressão do papel A4 em forma de sanfona.....</b>	<b>37</b>
<b>3.7</b>	<b>Lançamento horizontal.....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>Lei de Hooke.....</b>	<b>44</b>
<b>4.2</b>	<b>Momento de uma força (Torque).....</b>	<b>49</b>
<b>4.3</b>	<b>A Resistência axial de um feixe de macarrão por compressão.....</b>	<b>53</b>
<b>4.4</b>	<b>Indução Eletromagnética.....</b>	<b>60</b>
<b>4.5</b>	<b>O peso aparente de um ímã.....</b>	<b>61</b>
<b>4.6</b>	<b>A resistência à compressão do papel A4 em forma de sanfona.....</b>	<b>65</b>
<b>4.7</b>	<b>Lançamento horizontal.....</b>	<b>68</b>
<b>4.8</b>	<b>Análise do experimento momento de uma força.....</b>	<b>71</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>
	<b>APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tema deste trabalho nasce de uma necessidade de mudança na forma como as atividades experimentais são abordadas nos laboratórios das escolas de ensino médio. Sabe-se que, na maioria dessas atividades, os estudantes apenas seguem um roteiro altamente estruturado com o intuito apenas de verificar o valor de uma determinada grandeza física ou comprovar um fenômeno que fora apresentado em sala de aula. Sabe-se também que há escolas onde o uso do laboratório é quase inexistente porque o mesmo não existe ou porque faltam materiais. Mostrar que é possível realizar atividades experimentais de baixo custo sem que seja necessário um espaço físico adequado pode ajudar nos casos onde o laboratório seja inexistente ou subutilizado.

Hoje, no mercado, existem inúmeras empresas que fabricam *kits* experimentais para laboratórios. Porém o custo para aquisição destes *kits* é altíssimo. As escolas dificilmente podem arcar com tal despesa e gerariam altos valores para o governo. Assim, este trabalho propõe o uso de um *kit* multifuncional de baixíssimo custo usando apenas madeira, parafusos, porcas e arruelas, além de outros materiais de simples aquisição. No momento, são possíveis à realização de sete experimentos, no entanto, pretende-se no futuro chegar a vinte experimentos.

A primeira versão do *kit* multifuncional surgiu na disciplina sobre atividades experimentais para o ensino fundamental e médio do MNPEF, com o nome de prensa, e o intuito era testar utilizando apenas vinte fios de macarrões, a resistência de feixes de macarrões de vários comprimentos e espessuras, e testar também a resistência de uma sanfona utilizando apenas três folhas de ofício (A4). Outro experimento realizado com *kit* foi determinar com o auxílio de um capacímetro, a permissividade elétrica do acrílico, vidro, ar e do óleo mineral. Este último experimento se encontra no apêndice A do produto educacional apenas como sugestão de atividade, pois o uso do capacímetro descaracteriza o tema deste trabalho, visto que não é um material de baixo custo. Entretanto, sete atividades experimentais compõem o *kit* multifuncional, são elas:

- 1 – Lei de Hooke
- 2 – Momento de uma força (Torque)
- 3 – A resistência axial de um feixe de macarrões
- 4 – O peso aparente de um ímã

5 – Indução eletromagnética

6 – A resistência à compressão do papel A4 em forma de sanfona

7 – Lançamento horizontal.

O objetivo com o *kit* multifuncional é poder realizar atividades experimentais em qualquer ambiente escolar, pois é de fácil montagem e de pequenas dimensões, além de dinamizar as aulas, ou seja, deixá-las mais atrativas para que os estudantes possam desenvolver as mais diversas habilidades como: manusear o material, coletar dados, construir tabelas, gráficos e obter relações matemáticas entre as variáveis identificadas no fenômeno.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: no primeiro capítulo apresentamos o tema, contextualizando com a existência de outros *kits* experimentais no mercado, sua relação custo/benefício e os objetivos que se desejam alcançar com o *kit* proposto neste trabalho; no segundo capítulo são apresentadas a teoria de campos conceituais de Vergnaud, as demonstrações investigativas e os laboratórios semiabertos; no terceiro capítulo apresenta-se a forma como os estudantes realizaram os testes com o *kit* multifuncional; no quarto capítulo são apresentados os resultados e a análise dos dados colhidos dos sete experimentos propostos; no quinto e último capítulo, apresenta-se as considerações finais, bem como, os resultados gerais do trabalho na perspectiva da teoria dos campos conceituais e atividades experimentais investigativas. Ainda no último capítulo, mostra-se a viabilidade de se trabalhar com o *kit* multifuncional em sala de aula e de poder explorá-lo, no sentido de desenvolver outras atividades. Por fim, no apêndice A, como mencionado anteriormente, é apresentado o produto educacional desenvolvido a partir deste trabalho com o intuito de que outros professores possam utilizá-los em suas escolas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho consiste no desenvolvimento e utilização de um *kit* multifuncional de baixo custo para estudar diversos fenômenos físicos. A utilização de em sala de aula tal *kit* se enquadra na teoria dos campos conceituais de Vergnaud na medida em que constitui uma atividade situacional onde conceitos são confrontados com uma situação real uma vez que, à luz dos campos conceituais, para que o aprendizado de um conceito seja significativo é necessária a diversificação das situações didáticas. As atividades experimentais investigativas (demonstrações investigativas e laboratórios semiabertos) desenvolvidas com o *kit* multifuncional têm caráter problematizador visto que, tanto intenciona despertar nos estudantes a curiosidade (Carvalho, 2010) através das demonstrações investigativas, como objetiva reforçar soluções de problemas semiabertos das situações propostas. É rara a utilização de outros recursos didáticos, que não o livro, quadro e giz, quando muito, projetores, nas aulas de física. Tal fato restringe o conjunto de situações-problema com as quais o estudante pode se deparar. Assim, o ensino de física fica restrito à resolução de problemas com papel e caneta, envolvendo a manipulação de variáveis e equações que, em última instância, se referem a modelos teóricos (BUNGE, 2001) tão simplificados que, mesmo qualquer tentativa de contextualização, soará “falsa” - no sentido de não corresponder à essência do fenômeno em questão - para o estudante. Então, com a utilização do *kit* multifuncional é possível gerar situações em que o fenômeno físico se apresenta de forma evidente, embora não seja a única possibilidade, desta forma, rompe-se com a didática do ensino de física “visto” apenas no papel e através de equações.

Na teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o âmago do desenvolvimento cognitivo está na conceitualização. Segundo Moreira (2011, pág 66), a conceitualização é a pedra angular da cognição na medida em que os conceitos de um determinado campo conceitual são consolidados através das situações (atividades experimentais investigativas) em que os estudantes são postos em confronto cognitivo (senso comum e realidade), maximiza a possibilidade da aprendizagem se tornar significativa<sup>1</sup>.

Vemos então que tanto a proposta de demonstrações investigativas quanto a utilização de laboratórios de caráter semiabertos podem ser vistos como parte integrante (fragmentos) de um campo conceitual. Salientamos que nessa proposta a colaboração do professor (ou de um colega mais experiente) que domine o conteúdo abordado na atividade experimental, será de

---

<sup>1</sup> Aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos.

extrema importância para aprendizagem significativa dos estudantes, pois segundo Gaspar (2014, pág. 210):

“A primeira indicação da teoria de Vigotski para atividades experimentais decorre da adoção, por parte do professor, de uma postura realista em relação aos objetivos dessas atividades: essencialmente, ele deve evitar a falsa e ingênua expectativa de que basta fazer os alunos realizarem uma atividade experimental sobre determinado conteúdo para que aprendam esse conteúdo.”

Nessa seção foram feitas breves explicações sobre a teoria dos campos conceituais de Vergnaud, bem como as demonstrações investigativas e a utilização dos laboratórios semiabertos, convergem com a proposta do *kit* multifuncional. Nas seções seguintes, será “detalhada” tanto a teoria dos campos conceituais quanto as atividades experimentais investigativas que auxiliam nas construções dos conceitos (dentro de um campo conceitual) e, conseqüentemente, no desenvolvimento de aprendizagens significativas.

## **2.1 Teoria dos campos conceituais**

Gerárd Vergnaud é um psicólogo que pertence à tradição piagetiana. Seu foco é investigar o sujeito do conhecimento (o estudante, por exemplo) em resposta a uma situação de ensino. Analisando esse “estudante em situação” (Carvalho Júnior, 2011), pode-se compreender melhor a evolução temporal dos mesmos à medida que aprendem. Segundo Carvalho Júnior (2011), para Vergnaud, o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do aprendiz, vai acontecendo:

- i) Ao longo de um extenso período de tempo;
- ii) Por meio da experiência, maturidade e aprendizagem;
- iii) Por meio de intervenções didáticas centradas nas características dos conteúdos que serão ministrados.

Esses campos conceituais fazem parte do mundo real e com um forte componente cultural associado. Vergnaud define um campo conceitual, como:

“... um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição.” (Vergnaud, 1998).

A vantagem de se trabalhar com a Teoria dos Campos Conceituais tanto no planejamento quanto na análise de situações de ensino é que essa é uma teoria que lida com o desenvolvimento cognitivo e com a aprendizagem a partir dos próprios conteúdos do conhecimento e a análise conceitual do seu domínio (Moreira, 2002). Segundo Carvalho Júnior (2011), na teoria de Vergnaud o objeto de ensino influencia veemente a forma como o conhecimento é construído por parte do estudante.

A teoria de campos conceituais de Vergnaud baseia-se em três pilares, são eles:

- 1) um conceito não se forma a partir de um só tipo de situação, ou seja, é necessário que os docentes diversifiquem suas atividades de ensino permitindo que os estudantes que interajam com os conceitos em diversas situações, relacionando uma parte ao todo;
- 2) uma situação não se analisa com um só conceito, aqui o docente deve ter uma visão integradora do conhecimento a ser debatido e suas atividades devem contribuir com a apropriação desse conhecimento pelos estudantes;
- 3) a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo longo, ou seja, cada um dos estudantes está em progressão em seus modelos pessoais rumo aos modelos científicos (CLEMENT, 2000).

Logo, a partir dos três pilares anteriores, pode-se reafirmar que o desenvolvimento cognitivo dos estudantes se dá através das situações em que os mesmos enfrentam no seu dia a dia de sala de aula tendo como cerne a construção de conceitos, ou seja, a conceitualização. Assim, o *kit* multifuncional foi pensado, como um instrumento de auxílio ao professor, para que, a partir dele, pudesse gerar outras situações de aprendizagem que possibilitem ampliar o campo conceitual ao qual o estudante será submetido (“estudante em situação”) podendo vir a ajudar na construção de novos conceitos. Como visto anteriormente, a ideia de conceito aparece com frequência na teoria dos campos conceituais, por esse motivo será dada uma atenção especial ao significado da palavra conceito dentro dessa teoria.

Segundo Carvalho Júnior (2011) para Vergnaud, o conceito é composto de uma tríade de conjuntos:

- 1 – o conjunto das situações (S) que dão sentido ao conceito.

2 – o conjunto dos invariantes (I) sobre os quais repousa a operacionalidade dos conceitos. Esses conjuntos podem ser reconhecidos e usados pelos estudantes para analisar e dominar as situações referentes à (S).

3 – o conjunto das representações simbólicas (R) que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes (I).

Para reforçar essa tríade, segue no quadro 1 um exemplo sobre o conceito de Torque que está inserido no campo conceitual da mecânica e presente neste trabalho como uma das atividades propostas com o *kit* multifuncional:

**Quadro 1** - Situações, invariantes operatórios e representações simbólicas sobre o conceito de torque.

<b>Conceito de Torque</b>		
<b>Situações que envolvem o conceito de torque</b>	<b>Invariantes operatórios passíveis de serem enunciados pelos estudantes</b>	<b>Representações simbólicas</b>
Inércia rotacional Equilíbrio Momento angular Conservação do momento angular	Propriedade de um objeto em manter sua rotação até que um torque externo resultante atue sobre ele.  Estado de um objeto em que nenhuma força ou torque externo atua.  Para um objeto pequeno comparado com a distância radial, é o produto da massa, rapidez e da distância radial de rotação.  Quando nenhum torque externo atua sobre um objeto ou sistema de objetos, não há alteração do momento angular.	$\tau = F \cdot d$ $\tau = \text{torque}$ $F = \text{força}$ $d = \text{braço da alavanca}$

Fonte – O Autor, 2017

O acesso, por exemplo, ao campo conceitual de torque se dá pelas situações (experimentos envolvendo as situações da primeira coluna) e essas serão responsáveis pelo sentido atribuído ao conceito, ou seja, um conceito vai tornando-se significativo através das inúmeras situações. Os invariantes podem ser enunciados a partir dos livros didáticos, do

professor ou até mesmo pelos estudantes que darão significado tanto aos conceitos quanto às representações simbólicas. Estas últimas nada mais são do que os símbolos (variáveis) que representam tanto os invariantes como as situações.

Em suma, para que os estudantes se apropriem dos conceitos de um determinado campo conceitual, por exemplo, da Física, se faz necessário a diversificação das situações (atividades experimentais investigativas). Tais atividades experimentais devem levá-los a pensar, retirando-os da passividade, como ocorre com os laboratórios fechados da qual seguem a risca uma “receita de bolo”, e transformando-os em estudantes em situação e o *kit* multifuncional apresentado neste trabalho rompe com o tal laboratório e torna-se um instrumento de auxílio para ampliação do campo conceitual da Física na medida em que propõe atividades experimentais investigativas tais como: demonstrações investigativas e laboratórios semi-abertos, que serão discutidos nas próximas seções.

## **2.2 Demonstrações investigativas**

Realizar demonstrações apenas para mostrar um fenômeno físico, tem como intuito demonstrar que a teoria vista em sala de aula funciona, isso é pouco para um curso de Física. Para que haja um maior aprimoramento no discurso dos estudantes se faz necessária a demonstração investigativa. Segundo (Carvalho, 2010)

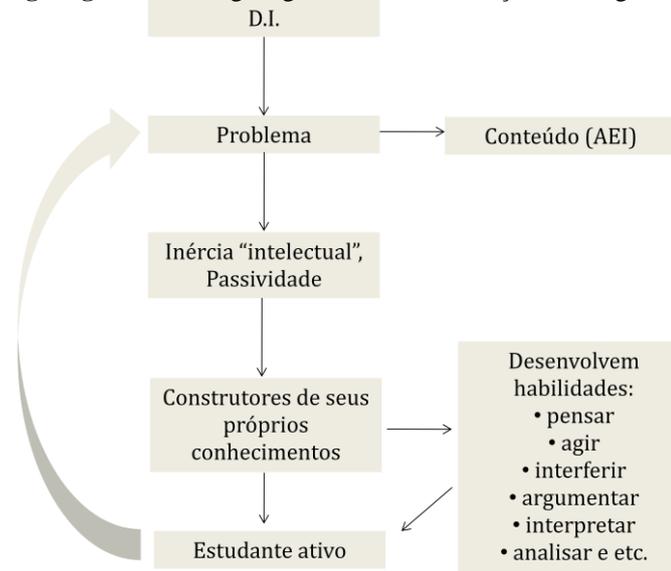
A demonstração deve apresentar não só o fenômeno em si, mas criar oportunidade para a construção científica de um dado conceito ligado a esse fenômeno e esse é o primeiro grande cuidado que temos de tomar quando preparamos uma demonstração investigativa: estar consciente da epistemologia das Ciências e saber diferenciar entre um fenômeno e o(s) conceito(s) que o envolve(m).

Uma demonstração investigativa inicia-se com um problema, e a partir dele os estudantes são retirados do estado de inércia “intelectual”, ou seja, deixam de ser meros expectadores das aulas (posição de passividade), e passam a ser construtores de seus próprios conhecimentos e desenvolvem habilidades tais como: pensar, agir, interferir, argumentar, interpretar, analisar e levantar hipóteses, além de defender suas explicações perante os colegas de sala de aula. No entanto, para alcançar esse estudante ativo é necessário que tal problematização esteja relacionada ao conteúdo abordado na atividade experimental investigativa.

Vale ressaltar que tais atividades investigativas, não têm o poder de levar os estudantes a construção de todos os conceitos de um campo conceitual de um dado experimento, no

entanto, espera-se que na interação com os outros estudantes e com o professor, seus conhecimentos prévios sejam reestruturados. O organograma 1 abaixo ilustra como se dá a demonstração investigativa:

**Organograma 1** – Organograma da demonstração investigativa.



Fonte – O Autor, 2017

Assim, para Carvalho (2014) em Laború e Carvalho (2003), para quem,

achar que, de uma interação individual ou coletiva com um determinado objeto ou fenômeno, o aluno ou todos eles serão capazes de construir um conhecimento, que é advindo do empírico, permeado de crenças e até mesmo de equívocos grosseiros, é tão ilusório quanto supor que todos os alunos virão a aprender o conteúdo desejado por uma via exclusivamente expositiva.

Como visto em Vergnaud, devem-se criar oportunidades (situações) que darão sentido aos conceitos que estarão implícitos nos fenômenos estudados. Assim, para que haja de fato essa construção científica de um dado conceito, as questões problematizadoras das demonstrações investigativas devem despertar nos estudantes a curiosidade e os direcionar para as variáveis que são relevantes ao fenômeno em questão; e originar conflitos cognitivos nos estudantes, ou seja, que seus conhecimentos prévios ou suas explicações a respeito do fenômeno sejam postos em conflito com as observações.

Portanto, a proposta do *kit* multifuncional (atividade experimentais investigativas) há de ser um instrumento-situação e de geração de conflitos cognitivos e que posteriormente, possam eclodir aprendizagens significativas.

Na última seção, será exposta a ineficiência dos laboratórios fechados em relação aos laboratórios semiabertos e o porquê do *kit* multifuncional ser considerado um laboratório semiaberto.

### **2.3 Laboratório semiaberto**

Desde o século XIX as aulas práticas experimentais fazem parte do planejamento do ensino de Física da escola média (Carvalho *et al.* 2010), cujo foco é aproximar os estudantes aos fenômenos físicos presentes em seus cotidianos e o *kit* multifuncional tem esse objetivo. Essa aproximação dos estudantes com os materiais experimentais se dá: visualmente, quando o professor realiza o experimento em aulas que são chamadas de demonstrações; manipulativa, quando, os estudantes são separados em grupos e realizam os experimentos num laboratório. Nesses casos (manipulativa) têm-se as aulas centradas em guias altamente estruturados, de forma que, o objetivo seja comprovar uma determinada lei física, onde o estudante já aprendeu nas aulas teóricas. Em sentido contrário temos a atividade experimental, que poderá ser realizada antes ou depois da aula teórica, com ênfase na investigação cujo foco é inserir os estudantes na resolução de um problema experimental.

Nos laboratórios fechados que se baseiam em guias engessados, o estudante é apenas um agente passivo do processo, pois sua função resume-se à obtenção de dados para comprovar uma lei física ou determinar o valor de uma grandeza, como por exemplo, a gravidade. Portanto, o seu campo conceitual limita-se a mecanização de um processo que não resulta na apropriação do conceito presente na atividade experimental.

Já nos laboratórios totalmente abertos, nada se fornece aos estudantes, porém este tipo de laboratório está longe de ser encontrado nas escolas de ensino médio, porém nos laboratórios de ciências avançadas essa prática é corriqueira aos cientistas. No entanto, o semiaberto é o que mais são trabalhados nas universidades e de forma bem tímida no ensino médio.

Os roteiros semiabertos ainda sofrem críticas, pois limitam a iniciativa dos estudantes, não tanto quanto no fechado, porém numa perspectiva vigotskiana, a aprendizagem de um conteúdo, não ocorrerá com a montagem de um experimento e nem mesmo com a simples realização de medidas e cálculos, mas com as interações sociais desencadeadas durante sua realização, que na sua maioria se originam das questões que foram propostas destes roteiros. Então, em qualquer atividade experimental se faz necessário a presença do professor e/ou de

um parceiro que domine o conteúdo, para que os estudantes aprendam o conteúdo teórico de Física, mas também conheçam o modo como se realizam as práticas experimentais desta disciplina.

Os guias altamente estruturados são rotulados de “receita de bolo”, onde os grupos de estudantes, apenas seguem o passo a passo proposto pelo guia, com isso há pouca troca de ideias significativas sobre o fenômeno estudado. Nas décadas de 60 e 70 do século passado houve inúmeras pesquisas sobre o ensino e a aprendizagem nos laboratórios e a de Pella (1969) teve destaque (Carvalho, 2010). Nesse estudo segundo Carvalho (2010), Pella procurou determinar o grau de liberdade intelectual que o professor e/ou o material didático proporcionava aos estudantes, que se encontram condensadas na tabela 1 abaixo.

**Tabela 1** - Graus de liberdade do professor (P) /aluno (A) em aulas de laboratório.

	Grau I	Grau II	Grau III	Grau IV	Grau V
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P	P	A	A
Plano de trabalho	P	P	A	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A	A	A	A

**Fonte** – Carvalho, 2010, pág. 55

- 1) Grau I – o estudante tem apenas liberdade de obter os dados, ou seja, aulas do tipo “receita de bolo”. Essas aulas, infelizmente, são encontradas até hoje;
- 2) Grau II – os estudantes têm a liberdade de tirarem suas conclusões a partir da obtenção de seus dados. Esse tipo de aula é difícil de encontrar, pois necessita de uma mudança estrutural de como são inseridos os problemas;
- 3) Grau III – os estudantes podem elaborar seus próprios planos de trabalho, obter seus dados e realizarem suas conclusões. Os Projetos de ensino de Física elaborados na metade do século XX, como o *Physicae Science Study Committee* (PSSC) realizavam a passagem do grau II para o grau III;
- 4) Grau IV – os estudantes recebem apenas o problema e desenvolvem todo o trabalho intelectual;
- 5) Grau V – os estudantes propõem até o problema.

Do exposto, o grau IV e V seria a liberdade intelectual dos estudantes, um sonho nas escolas de ensino médio. O Grau III um pouco distante de nossa realidade, porém não impossível. Já o grau I é possível de realizar, pois são aulas experimentais, cujos laboratórios são fechados, assim como há 200 duzentos anos. O Grau II é o que propomos neste trabalho com a utilização do *kit* multifuncional e com uma mudança de como os problemas são apresentados aos estudantes.

Hoje, as práticas experimentais devem ter como objetivo a enculturação científica dos estudantes, segundo (Carvalho, 2010) ensinar ciências para todos passou a ser um objetivo da sociedade contemporânea. Tal fato exige, ao menos, atividades experimentais de GRAU II. Contudo, na maioria das vezes, o ensino de Física tanto no ensino médio quanto na universidade se baseiam no acúmulo de informações, ou seja, aulas altamente tradicionais com uso apenas de papel, caneta, giz, livro didático e quando muito projetor. O ensino deve ser voltado para alfabetização científica dos estudantes, preparando-os para uma participação ativa na sociedade e que os mesmos desenvolvam visões de mundo, correlacionando-os com os antigos e novos conhecimentos, e no caso específico da Física, aquisição de novas práticas e linguagem, correlacionando-as com o cotidiano. Segundo (Carvalho, 2010),

A aprendizagem como enculturação ou alfabetização científica traz novo olhar sobre os conteúdos e atividades trabalhados nas aulas de Física, abrangendo aspectos diversos da construção dos conhecimentos científicos, desde seu caráter de produção humana até a importância dos símbolos na construção dos conceitos científicos (Capecchi e Carvalho, 2006).

Então, para (Carvalho, 2010) a enculturação científica dos estudantes, a partir das atividades experimentais, devem atender aos seguintes pontos:

- 1 – Superação das concepções empírico-indutivistas da ciência;
- 2 – Promover a argumentação dos alunos;
- 3 – Incorporar as ferramentas matemáticas;
- 4 – Transpor o novo conhecimento para a vida social.

Outro fator que possibilita a enculturação dos estudantes é o papel do professor nas aulas de laboratório e para que isso ocorra de fato, é necessária a reformulação do seu papel de transmissor do conhecimento para um orientador de seus estudantes, ou seja, que adotem práticas de ensino nada habituais com ensino tradicional. Em (Carvalho, 2010) há uma proposta de sequência de ensino para as atividades experimentais que pode ser utilizada tanto

em aula de demonstração quanto em um laboratório investigativo, que compreende cinco etapas:

1 – A proposta do problema experimental pelo professor – todos devem compreender o problema proposto, e o professor deverá certificar-se dessa compreensão.

2 – A resolução do problema pelos alunos – sendo um laboratório investigativo, cabe ao professor observar o trabalho dos grupos sem interferir, pois é necessário que haja a interação estudante-estudante para que sejam levantadas as hipóteses.

3 – A etapa dos alunos apresentarem o que fizeram – aqui os estudantes expressam de forma sólida as discussões que realizaram nos grupos.

4 – Etapa da procura de uma explicação causal e/ou de sistematização – nesta etapa os estudantes expõem o que de fato deu certo e exprimem através da representação simbólica a situação da qual acabaram de analisar.

5 – A escrita individual do relatório – se faz necessário, pois um discurso escrito é convergente, mais focalizado e o esforço cognitivo de quem o escreve é maior do que um discurso oral, onde as ideias divergem.

Como mencionado no início desta seção, as atividades de laboratório estão inseridas nas escolas de ensino médio desde o século XIX, tais atividades constituem importantes ferramentas no ensino da Física. Segundo Carvalho (Carvalho, 2010) para Pella (Pella, 1969), em seus estudos foi possível fornecer os vários graus de liberdades intelectuais que professores ou materiais didáticos (*kit* multifuncional) proporcionam aos estudantes. A partir desse estudo foi possível classificar os laboratórios em fechado, semiaberto e totalmente aberto. Assim, num laboratório fechado, o que mais são trabalhados nas escolas de ensino médio, o estudante é passivo e segue um guia altamente estruturado e sua função se resume apenas a encontrar os dados, pois tudo é fornecido, até mesmo a conclusão do experimento é conhecida. Segundo os PCN+

As abordagens mais tradicionais precisariam, portanto, ser revistas, evitando “experiências” que se reduzem à execução de uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre fica claro para o aluno.

Nos laboratórios semiabertos, o estudante é o agente ativo do processo, pois sua função agora é obter uma solução ao problema que fora proposto. Utilizando-se da construção de tabelas e gráficos, escolhendo as variáveis importantes no fenômeno observado e obter uma relação matemática que relaciona tais variáveis. Assim, nessa atividade investigativa, o estudante amplia seu campo conceitual em relação ao fenômeno observado.

De tudo que foi exposto, a teoria dos campos conceituais de Vergnaud, está fundamentada na conceitualização e a apropriação dos conceitos por parte dos estudantes, pois só é possível, quando as situações são diversificadas e planejadas a partir de um mesmo conteúdo de ensino, que em conjunto com as atividades experimentais investigativas e a utilização do *kit* multifuncional favorecem a aprendizagem significativa dos estudantes.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho se desenvolveu com uma turma piloto contendo sete estudantes que apresentam predisposição para participar. Na Escola de Referência em Ensino Médio Conde Pereira Carneiro funciona o regime semi-integral, onde os estudantes permanecem em período integral nas terças-feiras e quintas-feiras, e nas segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras permanecem na escola apenas no turno da manhã. Todos os testes foram realizados em horários vagos dos estudantes.

Foi realizado um planejamento prévio para cada experimento realizado com o *kit* experimental e no dia 17 de abril de 2017 iniciamos os testes com os estudantes. Vale salientar que a sequência utilizada aqui para a realização dos experimentos não é mesma que está no produto educacional que consta no apêndice A, pois nenhum experimento é pré-requisito para o outro, então, é possível realizar qualquer experimento sem que seja necessária uma sequência específica.

Em cada atividade, antes de testarmos o *kit* multifuncional, uma situação problema é proposta e está relacionada à atividade experimental em questão. Segundo Moreira (1983), a resolução de problemas que leva a uma investigação deve estar fundamentada na ação do aluno. Os alunos devem ter oportunidade de agir e o ensino deve ser acompanhado de ações e demonstrações que os levem a um trabalho prático. Com o estudante sendo o protagonista de sua aprendizagem, é possível que a mesma se torne significativa. A situação problema, antes de cada atividade com o *kit* vem romper um pouco com a ideia de um laboratório fechado, onde os estudantes seguem um guia extremamente estruturado e não são questionados sobre situações de seu cotidiano. Como visto no segundo capítulo, para que o conceito de um determinado campo conceitual seja construído, é necessária a diversificação das situações. Por isso, tem-se no início de cada atividade experimental uma questão problematizadora para gerar discussões e conflitos cognitivos e, em seguida, a realização dos testes com o *kit* multifuncional. Na tabela 2 encontra-se a ordem em que as atividades experimentais foram desenvolvidas, as datas e o tempo estimado para realizá-las.

**Tabela 2** - Experimentos realizados com o *kit* multifuncional, atividades, datas e tempo estimado para cada experimento.

	<b>Atividade</b>	<b>Data</b>	<b>Tempo estimado</b>
<b>Lei de Hooke</b>	1- Situação problema e testes iniciais; 2- Montagem do <i>kit</i> ; 3- Realização do experimento; 4- Discussão dos resultados.	17/04/2017	2 aulas (1 h e 40 min)
<b>Momento de uma força (Torque)</b>	1- Situação problemas e testes iniciais; 2- Montagem do <i>kit</i> ; 3- Realização do experimento; 4- Discussão dos resultados.	24/04/2017	2 aulas (1 h e 40 min)
<b>Resistência axial de um feixe de macarrões</b>	1- Situações problema e testes iniciais; 2- Montagem do <i>kit</i> ; 3- Realização do experimento; 4- Discussão dos resultados.	10/05/2017	2 aulas (1 h e 40 min) Para a situação problema, realização dos testes iniciais e confecções dos feixes. 1 aula (50 min) Realização do experimento.
<b>Indução eletromagnética</b>	1- Situação problema; 2- Montagem do <i>kit</i> ; 3- Realização do experimento.	24/05/2017	1 aula (50 min)
<b>A massa aparente de um ímã</b>	1- Situação problema e testes iniciais; 2- Montagem do <i>kit</i> ; 3- Realização do experimento; 4- Discussão dos resultados.	31/05/2017	2 aulas (1 h e 40 min)
<b>A resistência à compressão do papel A4 em forma de sanfona</b>	1- Situação problema e testes iniciais; 2- Montagem do <i>kit</i> ; 3- Realização do experimento; 4- Discussão dos resultados.	14/06/2017	2 aulas (1 h e 40 min) Para a situação problema, realização dos testes iniciais e confecções das sanfonas. 1 aula (50 min) Realização do experimento.
<b>Lançamento horizontal</b>	1- Situação problema e testes iniciais; 2- Montagem do <i>kit</i> ; 3- Realização do experimento; 4- Discussão dos resultados.	07/07/2017	2 aulas (1 h e 40 min)

**Fonte** – O Autor, 2017

A seguir, será apresentada a metodologia utilizada em cada experimento.

### 3.1 Lei de Hooke

Os estudantes testaram o *kit* multifuncional para a realização da atividade experimental sobre orientação do seguinte planejamento prévio apresentado no quadro 2:

**Quadro 2** - Planejamento referente ao experimento da Lei de Hooke.

<b>Planejamento – Lei de Hooke</b>
1. Inicialmente, será solicitado que os estudantes formem três duplas e cada uma receberá um guia experimental com sugestões para realização do experimento;
2. Posteriormente, os estudantes serão questionados sobre o que é elasticidade e serão questionados a citar pelo menos dois materiais elásticos e dois inelásticos;
3. A montagem do <i>kit</i> multifuncional é realizada coletivamente, com a supervisão do professor;
4. Todo material que for necessário para realização do experimento será disponibilizado pelo professor;
5. No momento da coleta de dados, as duplas poderão coletar seus dados na presença das outras, de forma que haja interação e troca informações;
6. Depois dos dados coletados e dos gráficos obtidos, será o momento de cada dupla expor seus resultados para as outras.

**Fonte** – O Autor, 2017

Conforme quadro do planejamento formaram-se três duplas e cada uma recebeu um guia experimental com sugestões para a realização do experimento. Em seguida, foi perguntado aos discentes: “O que é elasticidade?”. O conceito abordado foi relacionado pelos estudantes com elásticos ou ligas de borracha. No guia experimental está contido a definição de elasticidade (ver apêndice A, pág. 108) e o professor pediu aos discentes que realizassem uma leitura. De posse do conceito de elasticidade, foi solicitado aos estudantes citarem ao menos dois materiais elásticos e dois inelásticos. Em seguida, montou-se o *kit* multifuncional. As fotos 1 e 2 mostram os estudantes coletando os dados solicitados no guia experimental.

**Foto 1** – O Estudante 3 está medindo a deformação da mola utilizando uma régua.



**Fonte** – O Autor, 2017

**Foto 2** – O estudante 5 está medindo a deformação da mola utilizando um paquímetro.



**Fonte** – O Autor, 2017

Por fim, com dados em mãos e gráficos obtidos, cada dupla expôs seus resultados para os demais estudantes.

### 3.2 Momento de uma força (Torque)

Os estudantes testaram o *kit* multifuncional para a realização da atividade experimental sob orientação do seguinte planejamento prévio apresentado no quadro 3:

**Quadro 3** - Planejamento referente ao experimento Momento de uma força.

<b>Planejamento – Momento de uma força</b>
1. Inicialmente será solicitado que os estudantes formem três duplas e cada uma receberá um guia experimental com sugestões para realização do experimento;
2. Em seguida, o professor perguntará aos estudantes se estudaram ou não, o assunto <b>momento de uma força (Torque)</b> no 1º ano do Ensino Médio;
3. Depois, os estudantes realizarão um teste utilizando um cabo de vassoura, um cordão, uma garrafa pet e água para averiguação do torque;
4. Todo material que for necessário para realização do experimento será disponibilizado pelo professor;
5. Para a montagem do <i>kit</i> multifuncional será solicitado que realizem coletivamente, com a supervisão do professor;
6. No momento da coleta de dados, as duplas poderão coletar seus dados na presença das outras, de forma que haja interação e troca de informações;
7. Depois dos dados coletados, cada equipe irá expor coletivamente os resultados que obtiveram.

**Fonte** – O Autor, 2017

Do ponto de vista operacional, seguindo o planejamento citado, formaram-se as três duplas e cada uma recebeu um guia experimental com sugestões para a realização do experimento. Como resposta ao item 2 do planejamento apenas um estudante lembrou-se de ter ouvido falar, porém, não lembrou se havia estudado tal assunto. Então, o professor debateu com eles a definição de torque e vários exemplos do cotidiano foram apresentados dessa grandeza física, para poder desenvolver a atividade: ao abrir uma porta puxamos pelo ponto mais distante do ponto de rotação; ao trocar o pneu de um carro, o borracheiro usa um prolongador na chave L para afrouxar o parafuso e etc. Em seguida, os estudantes foram convidados a realizarem o seguinte teste: segure um cabo de vassoura na horizontal por uma de suas extremidades e pendure em qualquer ponto próximo a sua mão uma garrafa pet com um litro de água conforme ilustrado na foto 3. Depois, a garrafa com água foi deslocada para longe da mão conforme ilustrado na foto 4:

**Foto 3** – O estudante 3 está segurando o cabo de vassoura por uma de suas extremidades e a garrafa pet pendurada com água, próxima à sua mão.



**Fonte** – O Autor, 2017

**Foto 4** – O estudante 3 está segurando o cabo de vassoura por uma de suas extremidades e a garrafa pet pendurada com água, afastada da sua mão.



**Fonte** – O Autor, 2017

Em seguida, o professor solicitou que as duplas relatassem o que perceberam quando realizaram o teste. Após o relato dos estudantes sobre os testes que haviam realizado, a situação problema foi lançada: Será que é possível, a partir de uma gangorra simples, determinar o momento de uma força e obter seu equilíbrio?

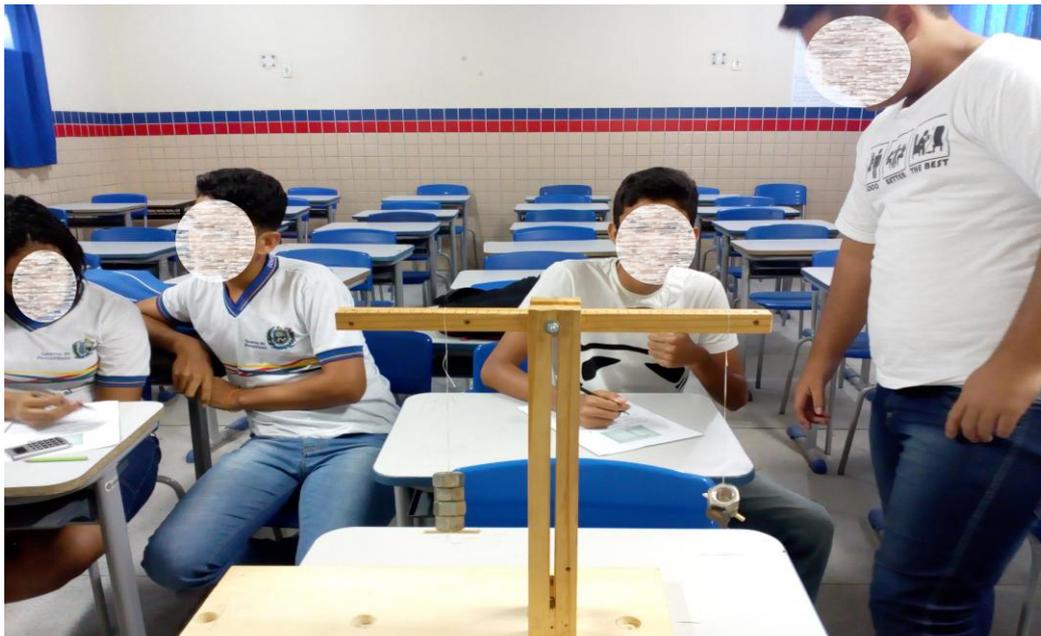
Para responder a essa pergunta seguiu-se com a montagem do *kit* multifuncional e do procedimento sugerido no guia experimental. Posteriormente, a foto 5 mostra os estudantes 1 e 2 tentando manter as massas em equilíbrio e a foto 6 mostra o momento em que o equilíbrio foi atingido.

**Foto 5** – Estudantes 1 e 2 procurando deixar as massas em equilíbrio.



Fonte – O Autor, 2017

**Foto 6** – Situação de equilíbrio.



Fonte – O Autor, 2017

### 3.3 A Resistência axial de um feixe de macarrões por compressão

Os estudantes testaram o *kit* multifuncional para a realização da atividade experimental sob orientação do seguinte planejamento prévio apresentado no quadro 4:

**Quadro 4** - Planejamento referente ao experimento à resistência axial de um feixe de macarrões por compressão.

<b>Planejamento – A resistência axial de um feixe de macarrões por compressão</b>
1. Inicialmente será solicitado que os estudantes formem três duplas e cada uma receberá um guia experimental com sugestões para realização do experimento;
2. Em seguida, no início do guia experimental os estudantes serão levados a pensar sobre a fragilidade de um feixe de macarrões quando forçado lateralmente e quando forçado axialmente;
3. Depois, os estudantes realizarão três testes que consta no guia, utilizando fios de macarrão e registrarão suas observações numa tabela;
4. o guia irá expor uma situação problema, onde, para respondê-la, sugerimos a utilização do <i>kit</i> multifuncional;
5. Todo material que for necessário para realização do experimento será disponibilizado pelo professor;
6. Para a montagem do <i>kit</i> multifuncional será solicitado que realizem coletivamente, com a supervisão do professor;
7. No momento da coleta de dados, as duplas poderão coletar seus dados na presença das outras, de forma que haja interação e troca informações;
8. Depois dos dados coletados, cada equipe irá expor coletivamente os resultados que obtiveram.

**Fonte** – O Autor, 2017

Mediante tabela de planejamento os estudantes se organizaram em duplas e, em seguida, receberam um guia experimental com sugestões para a realização do experimento. No início do guia experimental, os estudantes são indagados a refletirem sobre a fragilidade de um feixe de macarrões, ou seja, quando forçados lateralmente são frágeis, mas, e quando forçados axialmente? Sobre essa indagação inicial, os estudantes realizaram os seguintes testes:

1 – Corte fios de macarrões de 5 cm, 7 cm e 10 cm de comprimento. Pressione cada fio entre seu dedo indicador e polegar. O que você observou?

2 – Corte vários fios de macarrões de 5 cm, 7 cm e 10 cm de comprimento, e confeccione feixes de 3, 5 e 7 fios respectivamente. Pressione entre o seu dedo indicador e polegar. O que aconteceu?

3 – Será que tanto o tamanho quanto a quantidade de fios que constitui o feixe tem alguma influência?

Por fim, escreveram suas conclusões sobre o que perceberam com os testes que acabaram de realizar. Nas fotos 7 e 8 observam-se os estudantes realizando os testes iniciais e documentando suas conclusões

**Foto 7** – Os estudantes realizando os testes iniciais com os macarrões.



**Fonte** – O Autor, 2017

**Foto 8** - Estudantes escrevendo as conclusões a respeito dos testes iniciais.

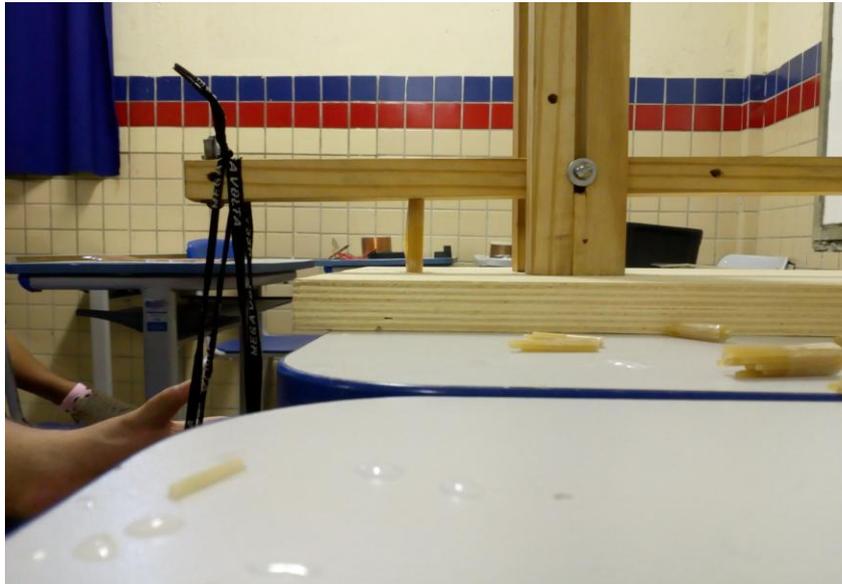


**Fonte** – O Autor, 2017

Depois de escreverem suas conclusões, foi proposta a seguinte situação problema: Será que existe uma relação matemática que relacione a carga máxima suportada pelo feixe com a quantidade de fios que constitui o feixe?

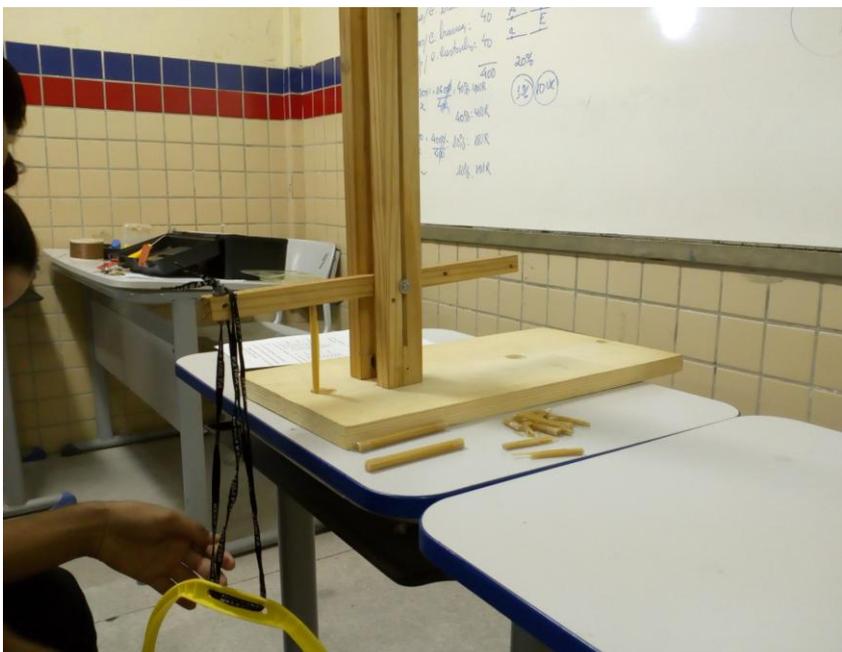
Para investigar sobre essa situação problema, seguiu-se com a montagem do *kit* multifuncional e das sugestões do guia experimental. Nas fotos 9 e 10, os estudantes estão prensando os feixes de macarrões.

**Foto 9** – Estudantes prensando um feixe de 20 macarrões com 5 cm de comprimento.



**Fonte** – O Autor, 2017

**Foto 10** – Estudantes prensando um feixe de 10 macarrões com 10 cm de comprimento.



**Fonte** – O Autor, 2017

Depois de pensar os diversos feixes de macarrão e anotar suas cargas máximas suportadas numa tabela, o professor auxiliou-os na obtenção do gráfico: número de fios de macarrão *versus* carga suportada.

### 3.4 Indução Eletromagnética

Seguindo o planejamento prévio 5 os estudantes testaram o *kit* multifuncional.

**Quadro 5** - Planejamento referente ao experimento Indução eletromagnética.

<b>Planejamento – Indução eletromagnética</b>
1. Inicialmente será solicitado que os estudantes formem três duplas e cada uma receberá um guia experimental com sugestões para realização do experimento;
2. Em seguida, os estudantes serão indagados sobre a seguinte situação problema:  <b>Há alguma relação entre fenômenos elétricos e magnéticos?</b>
3. Para responder a questão anterior, será sugerido que os estudantes montem o <i>kit</i> coletivamente, com a supervisão do professor;
4. Com o <i>kit</i> multifuncional montado, cada dupla deverá verificar o aparecimento ou não da tensão induzida no multímetro;
5. Por fim, o professor irá aprofundar o conceito de indução eletromagnética com os estudantes, utilizando como recurso um vídeo de aproximadamente 4 minutos sobre a Lei de Lenz que está disponível no seguinte endereço eletrônico ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc">https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc</a> ) e foi acessado dia 24/05/2017.

Fonte – O Autor, 2017

Esse encontro foi realizado com a presença de quatro estudantes. Conforme planejamento formou-se as duplas para a realização da atividade seguindo a sugestão do guia experimental. No início do guia tem-se o seguinte questionamento: Você sabia que a unificação experimental entre eletricidade e o magnetismo só ocorreu em 1820, pois, até então, eram duas ramificações distintas da Física?

Os estudantes lembraram que, na aula sobre eletromagnetismo, um dos efeitos que a corrente elétrica produz é o efeito magnético e, que o professor havia mencionado o fenômeno contrário (magnetismo gerando corrente elétrica) posteriormente. Em seguida, o guia traz a seguinte situação problema: Quais efeitos um ímã provoca sobre um circuito elétrico?

Para que respondessem essa pergunta, solicitou-se a montagem do *kit* multifuncional e seguissem as sugestões do guia experimental. O professor solicitou previamente que

realizassem o item 1 do guia (apêndice A, pág. 90) em casa, pois, a confecção da bobina consumiria muito tempo. Com o *kit* montado, se iniciaram os testes. Na foto 11, os estudantes estão induzindo um f.e.m (força eletromotriz) com a utilização do *kit* multifuncional.

**Foto 11** – Os estudantes utilizando o kit multifuncional para induzir uma f.e.m.



Fonte – O Autor, 2017

Em seguida, os estudantes concluíram o experimento respondendo a dois questionamentos que são os itens 9 e 10 do guia:

1 – O que se percebe com o movimento de aproximação e afastamento do ímã em relação à bobina? O que você acha que está gerando?

2 - As respostas as questões anteriores estão de acordo com que você respondeu no início desse experimento?

Por fim, o professor discute com os estudantes sobre a Indução eletromagnética e finaliza a atividade com um vídeo sobre a Lei de Lenz.

### 3.5 O peso aparente de um ímã

Para testarem o *kit* multifuncional, os estudantes seguiram a orientação do seguinte planejamento prévio apresentado no quadro 6:

**Quadro 6** - Planejamento referente ao experimento: O peso aparente de um ímã.

<b>Planejamento – O peso aparente de um ímã</b>
1. Inicialmente será solicitado aos estudantes que formem duas equipes com 3 estudantes e cada uma receberá um guia experimental com sugestões para realização do experimento;
2. Em seguida, no início do guia experimental, os estudantes serão informados sobre a origem do termo magnetismo e que os ímãs foram primeiros utilizados em bússolas e que os chineses já haviam utilizados no século doze;
3. Depois, os estudantes realizarão testes utilizando ímãs e registrarão suas conclusões numa tabela;
4. Diante o guia trás a seguinte situação problema: <i>Será que é possível através do peso aparente de um ímã, determinar a força magnética de repulsão/atração entre dois ímãs?</i> Para respondê-la sugerimos a utilização do kit multifuncional;
5. Para a montagem do kit experimental será solicitado que realizem coletivamente, com a supervisão do professor;
6. Todo material que for necessário para realização do experimento será disponibilizado;
7. No momento da coleta de dados, as duplas poderão coletar seus dados na presença das outras, de forma que haja interação e troca informações;
8. Por fim, cada equipe irá expor os resultados que obtiveram.

Fonte – O Autor, 2017

Na realização desse experimento, compareceram cinco estudantes, então, solicitou-se que formassem dois grupos. Posteriormente, o professor perguntou aos estudantes se eles sabiam manusear o paquímetro e todos disseram que não. O professor, utilizando vários objetos cilíndricos, ensinou a medir diâmetros externos, internos e profundidade desses objetos. Sanada a dificuldade com tal instrumento, cada grupo recebeu um guia experimental com sugestões para a realização da atividade. Posteriormente, os estudantes realizaram dois testes:

1 - Aproxime as faces de dois ímãs circulares, sem deixá-los que se toquem. O que você percebe?

2 - Agora, mude a face de um dos ímãs, sem deixá-los que se toquem. O que você percebeu?

Em seguida, os estudantes responderam as seguintes perguntas:

3 - A força que aparece entre os ímãs é uma força de contato ou sem contato?

4 - Será que o ímã modifica o seu entorno?

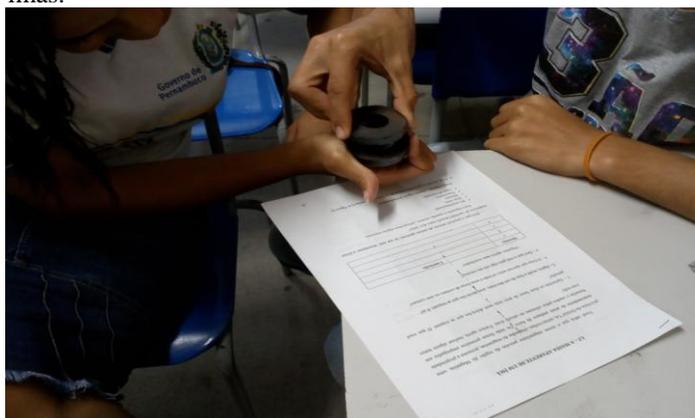
Realizados os testes, os grupos registraram suas conclusões numa tabela que consta no guia. As fotos 12 e 13 mostram os estudantes realizando os dois primeiros testes de atração e repulsão entre os ímãs.

**Foto 12** – Estudante realizando o teste de atração entre os ímãs.



Fonte – O Autor, 2017

**Foto 13** – Estudantes realizando o teste de repulsão entre os ímãs.

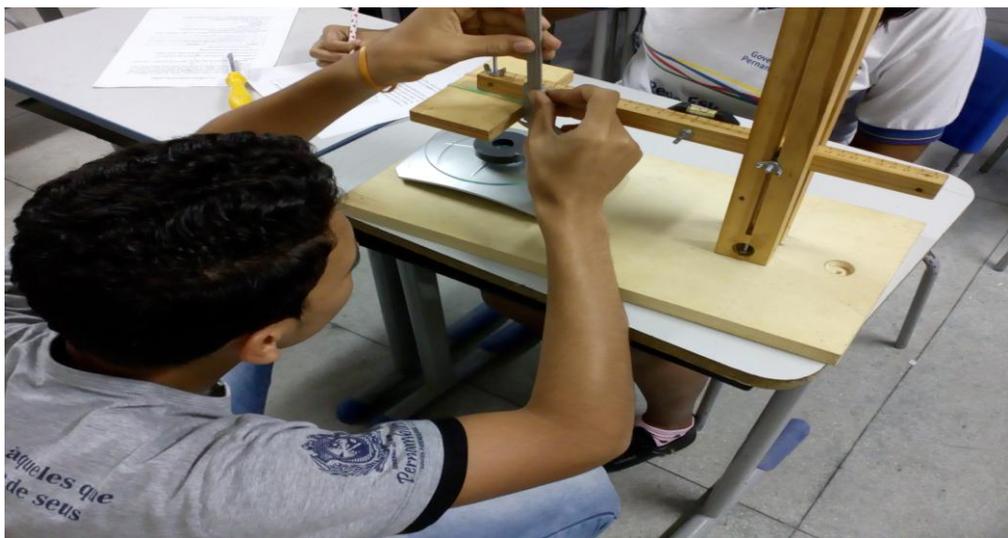


Fonte – O Autor, 2017

Posteriormente, os estudantes foram questionados sobre a seguinte situação problema: Será que é possível, através do peso aparente de um ímã, determinar a força magnética de repulsão ou atração entre dois ímãs? Para responder a essa situação problema foi solicitado que montassem o *kit* multifuncional coletivamente e seguissem as sugestões do guia experimental. Durante a montagem do *kit*, o professor sugeriu que os estudantes usassem os

ímãs com os polos magnéticos de mesmo nome, para que o ímã sobre a balança tivesse maior estabilidade, caso contrário, o ímã sobre a balança seria atraído pelo segundo ímã fixo ao braço móvel. No momento em que cada grupo deu início as medidas do peso aparente e da distância entre os ímãs, houve a interação entre os mesmos de forma a haver trocas de experiências. As fotos 14 e 15 exibem os estudantes realizando o experimento.

**Foto 14** – Estudante do grupo 1 medindo a distância entre os ímãs e realizando a leitura da massa aparente.



**Fonte** – O Autor, 2017

**Foto 15** – Estudantes do grupo 2 medindo a distância entre os ímãs e realizando a leitura da massa aparente.



**Fonte** – O Autor, 2017

O grupo 2 solicitou ao professor, a retirada do prensador (ver apêndice A, pág. 74) do *kit* multifuncional (ver foto 14). Alegaram dificuldades em obter uma medida precisa da distância entre os ímãs por causa da dificuldade apresentada pelo grupo 1. Por fim, os grupos

socializaram seus resultados, os gráficos e as informações que extraíram do gráfico, além de relataram suas dificuldades encontradas no decorrer do experimento.

### 3.6 A resistência à compressão do papel A4 em forma de sanfona

Para testarem o *kit* multifuncional, os estudantes, foram orientados do seguinte planejamento prévio apresentado no quadro 7:

**Quadro 7** - Planejamento referente ao experimento à resistência à compressão do papel A4 em forma de sanfona.

<b>Planejamento - A resistência à compressão do papel A4 em forma de sanfona</b>
1. Inicialmente será solicitado aos estudantes que formem duas equipes com 3 estudantes e cada uma receberá um guia experimental com sugestões para realização do experimento;
2. Em seguida, no início do guia experimental, os estudantes serão questionados sobre a diferença entre dobrar o papel em forma de sanfona na direção do comprimento ou na direção da largura.
3. Depois, os estudantes realizarão dois testes com folhas A4 e registrarão suas conclusões numa tabela;
4. Diante o guia traz a seguinte situação problema: Vamos tentar obter uma relação matemática entre a direção e o número de dobras com a carga suportada pela sanfona? Para respondê-la sugerimos a utilização do <i>kit</i> multifuncional;
5. Para a montagem do kit experimental será solicitado que realizem coletivamente, com a supervisão do professor;
6. Todo material que for necessário para realização do experimento será disponibilizado;
7. No momento da coleta de dados, as duplas poderão coletar seus dados na presença das demais de forma que haja interação e troca de experiências;
8. Por fim, cada equipe irá expor os resultados que obtiveram.

Fonte – O Autor, 2017

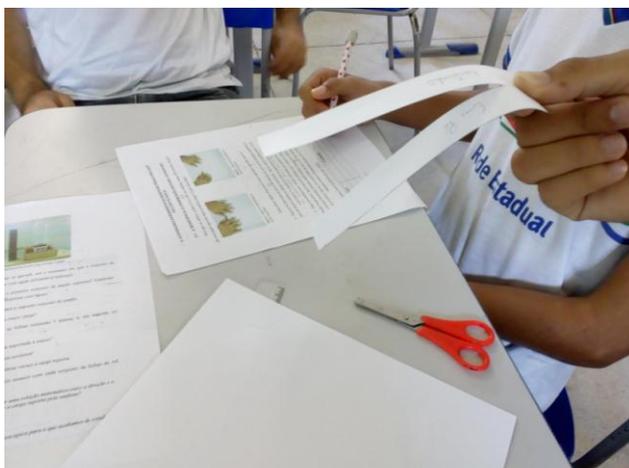
Para a realização desse experimento foram necessários dois encontros. O primeiro para realizar os testes iniciais e confecção das sanfonas (que demandou muito tempo) e o segundo para testar a resistência das sanfonas com o auxílio do *kit* multifuncional. No primeiro encontro, os estudantes formaram dois grupos com três componentes e, em seguida, cada

grupo recebeu um guia experimental, com sugestões para a realização do experimento. O guia (apêndice A, pág.77), já inicia com o seguinte questionamento aos estudantes: Será que ao dobrar o papel A4, na forma de sanfona, na direção do comprimento ou na direção da largura faz alguma diferença? Para solucionar esse questionamento, os grupos realizaram os seguintes testes:

1 - Recorte de uma folha de A4 uma tira de 2 x 15 cm na direção longitudinal (comprimento) e outra de mesma medida na direção transversal (largura)<sup>2</sup>.

Agora, segure-as pelas pontas. O que você observa? A direção do corte do papel altera alguma coisa? A foto 16 ilustra esse teste:

**Foto 16** – Estudantes realizando os testes com as tiras do papel A4.



Fonte – O Autor, 2017

2 - Faça uma sanfona com 5 dobras, utilizando um quadrado de 21 cm x 21 cm, na direção longitudinal.

Agora faça outra sanfona com a mesma quantidade de dobras na direção transversal, com iguais dimensões utilizadas anteriormente.

Coloque seu celular ou qualquer objeto plano sobre as sanfonas. O que acontece? Agora, com novas folhas de A4, faça sanfonas com 7 dobras, mantendo sempre as dimensões citadas acima. O que você percebeu? As fotos 17 e 18 ilustram os testes realizados com as sanfonas que contém 5 dobras.

---

<sup>2</sup>VALADARES, E. C., p. 19

**Foto 17** – Sanfona com 5 dobras na direção longitudinal.



**Fonte** – O Autor, 2017

**Foto 18** - Sanfona com 5 dobras na direção transversal.



**Fonte** – O Autor, 2017

Depois de realizarem esses dois testes, os grupos registraram suas conclusões em uma tabela. No segundo encontro, a seguinte situação problema foi exposta aos grupos: vamos tentar obter uma relação matemática entre o número de dobras com a carga suportada pela sanfona? Para responder a essa situação problema, foi solicitado que montassem o *kit* multifuncional coletivamente e seguissem as sugestões do guia experimental. No momento em que o primeiro grupo estava testando a resistência das sanfonas com 5 dobras, utilizando a garrafa pet, perceberam que o recipiente deveria ser maior para testar as sanfonas com 7 dobras, então, o professor solicitou recipientes de maiores capacidades aos funcionários da cozinha da escola. Para as sanfonas de 7 dobras, o primeiro grupo utilizou uma jarra de plástico com 5 litros, já o segundo grupo utilizou, uma cuscuzeira de maior capacidade. As fotos 19 e 20 ilustram os grupos realizando o experimento.

**Foto 19** – 1º Grupo testando a resistência da sanfona com 7 dobras utilizando a jarra plástica.



**Fonte** – O Autor, 2017

**Foto 20** – 2º Grupo testando a resistência da sanfona com 7 dobras utilizando a cuscuzeira.



**Fonte** – O Autor, 2017

Por fim, os grupos registraram as cargas suportadas por cada sanfona e construíram um gráfico com a ajuda do professor utilizando o *software Origin 9.0* e depois socializaram seus resultados e relataram as dificuldades que encontraram no decorrer do experimento.

### 3.7 Lançamento horizontal

Para a realização da atividade experimental, os estudantes testaram o *kit* multifuncional sob orientação do seguinte planejamento prévio apresentado no quadro 8:

**Quadro 8** - Planejamento referente ao experimento Lançamento horizontal.

<b>Planejamento – Lançamento horizontal</b>
1. Inicialmente, serão solicitados que os estudantes formem dois grupos com três estudantes cada, e em seguida, os grupos receberão um guia experimental com sugestões para realização do experimento;
2. Posteriormente, os estudantes serão questionados sobre o que é um lançamento horizontal, e depois, terão que realizar os testes, que estão logo abaixo;
3. Após os testes, os grupos irão determinar o alcance de uma bolinha, utilizando o kit experimental.
4. Para a montagem do kit experimental será solicitado que realizem coletivamente com a supervisão do professor;
5. Todo material que for necessário para realização do experimento será disponibilizado pelo professor;
6. No momento da coleta de dados, as duplas poderão coletar seus dados na presença das demais de forma que haja interação e troca de experiências;
7. Por fim, cada equipe irá expor os resultados que obtiveram.

**Fonte** – O Autor, 2017

Para a realização desse experimento, compareceram quatro estudantes. Então, formou-se apenas um grupo. Posteriormente, foi indagado aos estudantes se ainda lembravam-se do assunto lançamento horizontal. Todos responderam que não. Então, o professor explicou que o lançamento horizontal é composto de dois movimentos, sendo um movimento uniforme (na horizontal) e o outro movimento uniformemente variado (na vertical) sob o efeito da gravidade. Depois, no próprio guia foi solicitado aos estudantes que realizassem os seguintes testes:

1 - Jogue uma bola de gude de forma que a mesma role sobre de uma mesa plana até atingir o solo, conforme foto 21. Qual a trajetória descrita, durante a queda da bola de gude? Qual o alcance obtido por ela medido na horizontal?

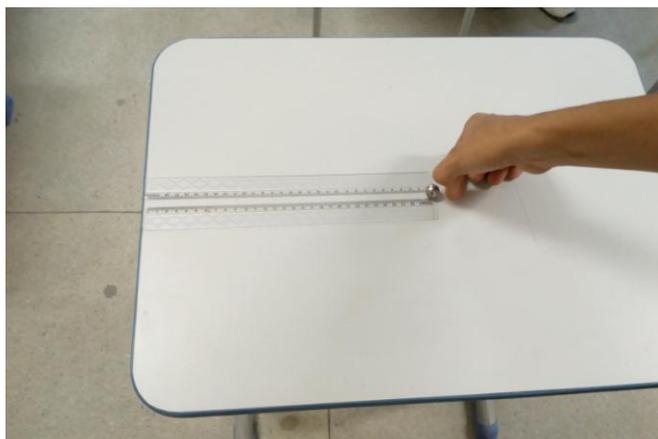
2 - Coloque uma bola de gude na beira da mesa em repouso. Lance outra bola de gude de mesma massa que a primeira, com a mesma velocidade da bola do primeiro teste, em direção

à bola em repouso, conforme foto 22. Qual a trajetória descrita pela bola que estava em repouso? Qual o alcance obtido por ela medido na horizontal?

3 - Repita o segundo teste, variando a velocidade da bola que é lançada em direção a que está em repouso. O que você percebe?

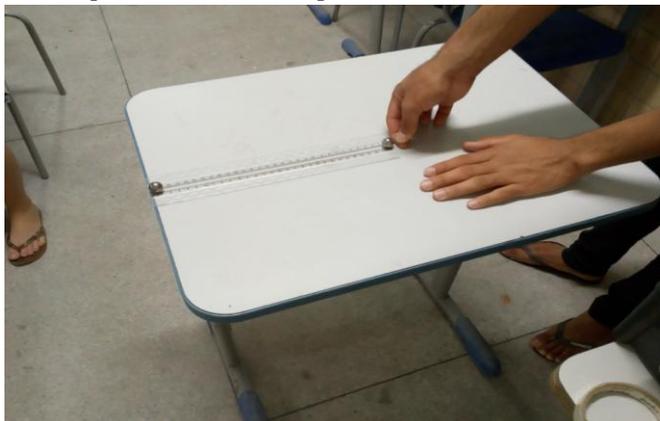
As fotos 21 e 22 mostram os estudantes realizando os testes de lançamento de uma bolinha e de uma bolinha chocando-se com outra em repouso, respectivamente.

**Foto 21** – Estudante lançando apenas uma bolinha.



**Fonte** – O Autor, 2017

**Foto 22** – Estudante lançando uma bolinha para atingir outra que se encontra em repouso.



**Fonte** – O Autor, 2017

Após a realização desses testes, o guia traz a seguinte situação problema: Será que é possível determinar o alcance de uma bolinha em repouso, a qual será lançada, após o choque com um pêndulo?

Para responder a essa situação problema foi solicitado que montassem o *kit* multifuncional e seguissem as sugestões do guia experimental. Depois de obter os alcances da bolinha que foi lançada das alturas de 5 cm, 10 cm e 15 cm, os estudantes anotaram os valores

obtidos, em determinada tabela. As fotografias 23 e 24 exibem os estudantes obtendo os alcances da bolinha em repouso para diferentes alturas e diferentes ângulos para o pêndulo.

**Foto 23** – Estudante liberando o pêndulo de um ângulo de  $10^\circ$  para atingir a bolinha que está a 10 cm acima do solo.



Fonte – O Autor, 2017

**Foto 24** – Estudante liberando o pêndulo de um ângulo de  $80^\circ$  para atingir a bolinha que está a 15 cm acima do solo.



Fonte – O Autor, 2017

Em seguida, os estudantes utilizaram o modelo matemático (ver apêndice A, pág. 107) que descreve o lançamento da bolinha para obter os alcances da mesma, e anotaram em outra tabela. De posse dos alcances medidos experimentalmente e teoricamente, o grupo comparou os resultados. Por fim, calcularam o erro relativo em cada alcance.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados todos os resultados obtidos dos experimentos realizados utilizando o *kit* multifuncional.

### 4.1 Lei de Hooke

Respostas fornecidas pelas duplas em relação aos materiais serem elásticos ou inelásticos:

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2

**Tabela 3** – Respostas fornecidas pela 1ª dupla em relação aos materiais elásticos e inelásticos.

<b>Elástico</b>	<b>Inelástico</b>
Liga	Mola de caderno
Amortecedor	Massa de modelar

Fonte – O Autor, 2017

- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4

**Tabela 4** – Respostas fornecidas pela 2ª dupla em relação aos materiais elásticos e inelásticos.

<b>Elástico</b>	<b>Inelástico</b>
Mola	Papel
Liga elástica	Garrafa pet

Fonte – O Autor, 2017

- 3ª Dupla: Alunos 5 e 6

**Tabela 5** – Respostas fornecidas pela 3ª dupla em relação aos materiais elásticos e inelásticos.

<b>Elástico</b>	<b>Inelástico</b>
Liga de escritório	Papel
Borracha	Madeira

Fonte – O Autor, 2017

Agora são apresentados os dados coletados por cada dupla utilizando o *kit* multifuncional e seus respectivos gráficos a partir das tabelas obtidas:

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2

Na tabela 6 abaixo, encontra-se o peso (P) de cada corpo, obtido pela multiplicação da massa (m) do corpo em kg por  $9,8 \text{ m/s}^2$  cujo valor da aceleração local, e as respectivas deformações (x) já convertidas para metros que cada corpo provocou:

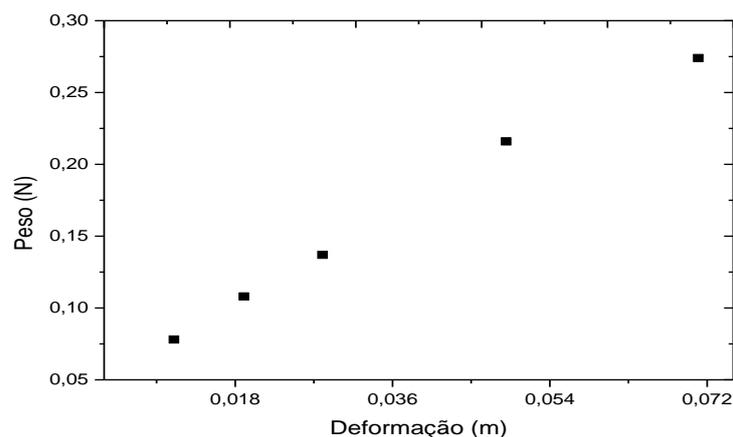
**Tabela 6** – Peso dos corpos e suas respectivas deformações sofridas pela mola.

	P (N)	x (m)
Corpo 1	0,078	0,011
Corpo 2	0,108	0,019
Corpo 3	0,137	0,028
Corpo 4	0,216	0,049
Corpo 5	0,274	0,071

Fonte – O Autor, 2017

A seguir, tem-se o gráfico do peso (P) em função da deformação (x) sofrida pela mola, obtido da tabela 6:

**Gráfico 1** – Pesos dos corpos em função das deformações sofridas pela mola.



Fonte – O Autor, 2017

- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4

Na tabela 7 abaixo, encontra-se o peso (P) de cada corpo e as respectivas deformações (x) que cada um provocou:

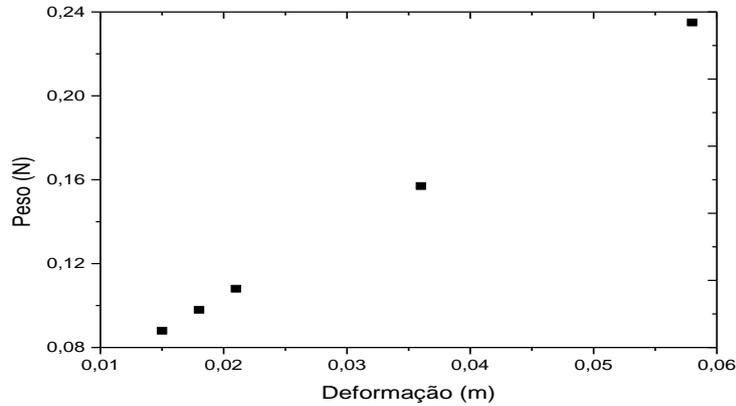
**Tabela 7** - Peso dos corpos e as respectivas deformações sofridas pela mola.

	P (N)	x (m)
Corpo 1	0,088	0,015
Corpo 2	0,098	0,018
Corpo 3	0,108	0,021
Corpo 4	0,157	0,036
Corpo 5	0,235	0,058

Fonte – O Autor, 2017

A seguir, tem-se o gráfico do peso ( $P$ ) em função das deformações ( $x$ ) sofridas pela mola, obtido da tabela 7:

**Gráfico 2** – Pesos dos corpos em função das deformações sofridas pela mola.



Fonte – O Autor, 2017

- 3ª Dupla: Alunos 5 e 6

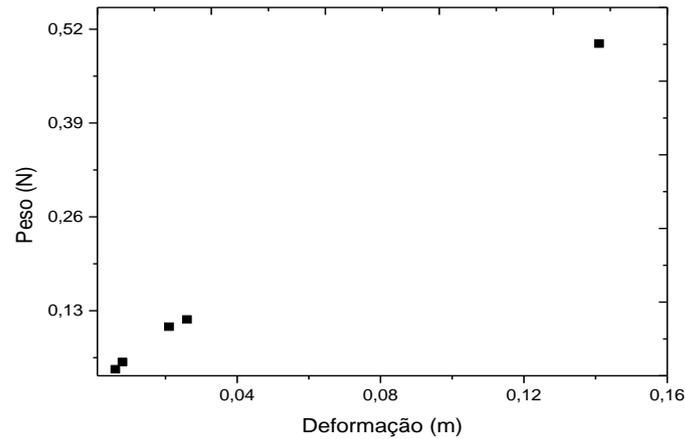
Na tabela 8 abaixo, encontra-se o peso ( $P$ ) de cada corpo e as respectivas deformações ( $x$ ) que cada um provocou:

**Tabela 8** - Peso dos corpos e as respectivas deformações sofridas pela mola.

	P (N)	x (m)
Corpo 1	0,049	0,006
Corpo 2	0,059	0,008
Corpo 3	0,108	0,021
Corpo 4	0,118	0,026
Corpo 5	0,500	0,141

Fonte – O Autor, 2017

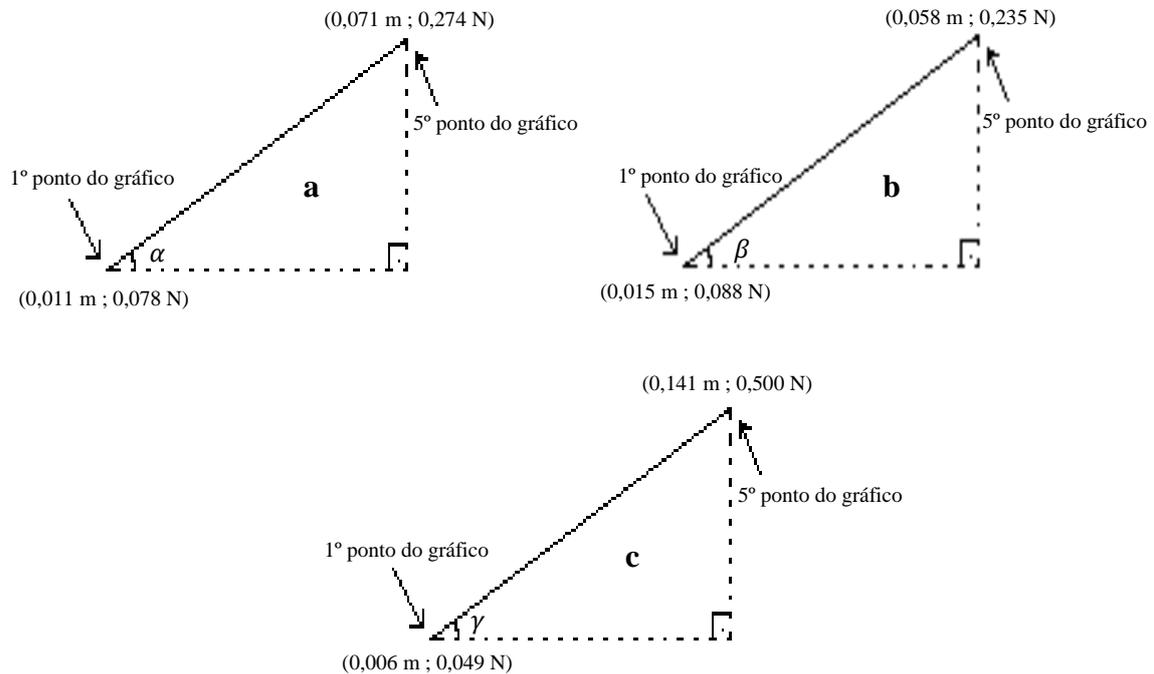
A seguir, tem-se o gráfico do peso ( $P$ ) em função das deformações ( $x$ ) sofridas pela mola, obtido da tabela 8:

**Gráfico 3** – Pesos dos corpos em função das deformações sofridas pela mola.

**Fonte** – O Autor, 2017

Agora, são apresentados os valores das constantes elásticas da mola ( $k$ ), obtidos das inclinações das retas que conectam os pontos dos gráficos 1, 2 e 3 que estão representados nas figuras 1a, 1b e 1c, respectivamente:

**Figuras 1a, 1b e 1c** – Triângulos retângulos obtidos, respectivamente pelas duplas 1, 2 e 3, onde a hipotenusa se inicia no 1º ponto e termina no 5º ponto.



**Fonte** – O Autor, 2017

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2

$$\tan \alpha = k = \frac{0,274 - 0,078}{0,071 - 0,011} = \frac{0,196}{0,06} \therefore$$

$$k \cong 3,27 \text{ N/m}$$

- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4

$$\tan \beta = k = \frac{0,235 - 0,088}{0,058 - 0,015} = \frac{0,147}{0,043} \therefore$$

$$k \cong 3,42 \text{ N/m}$$

- 3ª Dupla: Alunos 5 e 6

$$\tan \gamma = k = \frac{0,500 - 0,049}{0,141 - 0,006} = \frac{0,451}{0,135} \therefore$$

$$k \cong 3,34 \text{ N/m}$$

Abaixo estão listados problemas detectados durante a realização do experimento:

- 1 – Os estudantes não lembravam o que era a Lei de Hooke;
- 2 – Um estudante não lembrava como determinar o peso de um corpo, e outro ainda perguntou como obteria o peso em Newton, já que a massa medida pela balança resultava em gramas;
- 3 – Não sabiam gerar gráficos utilizando os dados que obtiveram para peso e a deformação;

Esses problemas foram sanados com a ajuda do professor e na troca de informações entre eles, porém, foi gasto um tempo não contabilizado no planejamento na execução do experimento.

Com relação à pergunta inicial sobre materiais elásticos e inelásticos, observa-se que, ao citarem materiais elásticos, todos acertaram, mas em relação aos materiais inelásticos, uma dupla afirmou que a mola de caderno, como sendo material inelástico. Se levarmos em conta uma força deformadora pequena, quando retirada, à mola de caderno volta ao seu estado inicial, então o material encontra-se no regime elástico. Sendo a força deformadora grande, quando retirada, à mola de caderno pode não voltar ao seu estado inicial, então o material adquiriu um regime plástico, logo é inelástico.

Examinando os gráficos do peso (P) em função da deformação (x) obtidos pela 1ª, 2ª e 3ª duplas, observa-se que seus pontos estão quase “alinhados”. Os estudantes conseguiram extrair a partir do gráfico a constante elástica da mola, ou seja, com o primeiro e o último ponto dos gráficos traçaram a hipotenusa de um triângulo retângulo como está ilustrado nas figuras 1a, 1b e 1c. Desses triângulos retângulos, calcularam-se às inclinações das retas obtidas visualmente, que são numericamente iguais à constante elástica da mola (k). Embora, as retas que ligam os pontos nos gráficos 1, 2 e 3 tenham sido obtidas apenas no visual, os

valores reais obtidos pelas duplas para a constante da mola foram muito próximos entre si. Os valores ideais de  $k$  foram obtidos pelo método dos mínimos quadrados (veja apêndice C do produto educacional, pág. 118) e o erro percentual obtido por cada dupla e estão na tabela 9.

**Tabela 9** - Valores de  $k$  obtidos pelos estudantes e pelo Método dos mínimos múltiplos quadrados, assim como os erros percentuais relativos.

Duplas	$k_{\text{experimental}}$ (N/m)	$k_{\text{teórico}}$ (N/m)	E (%)
1	3,27	3,25	0,61
2	3,42	3,67	6,81
3	3,34	3,36	0,59

Fonte – O Autor, 2017

Do exposto na tabela 9, consideramos esses resultados satisfatórios.

O que se conclui é que, utilizando-se do *kit* multifuncional e de materiais diversos de baixo custo é possível realizar atividades experimentais sem que haja a necessidade de um laboratório bem equipado, os resultados obtidos corroboram que é preciso ser criativo e que é possível realizar muito com poucos recursos.

## 4.2 Momento de uma força

Transcrição das respostas dadas pelas duplas aos testes iniciais (ver apêndice A, pág. 95):

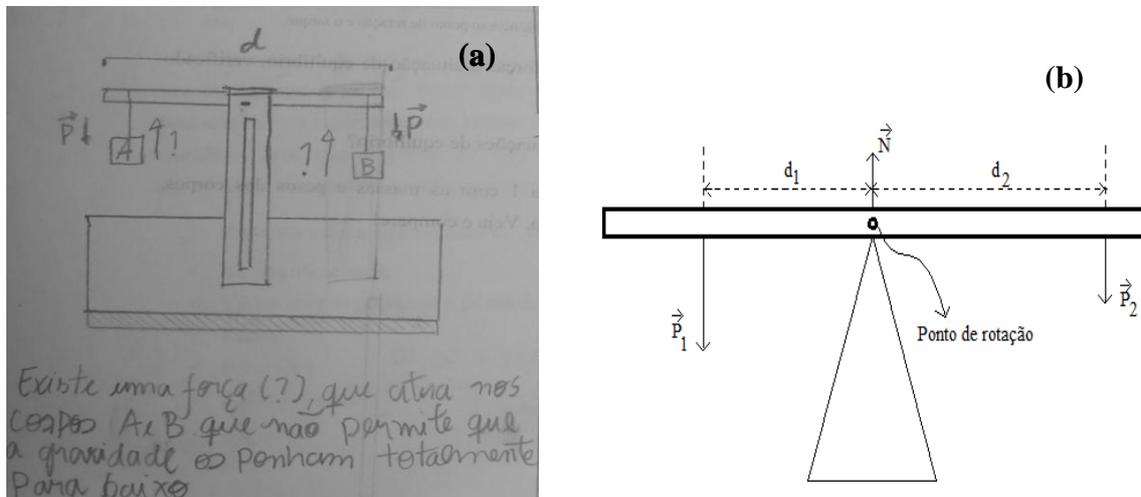
- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2: “Quanto maior a distância, maior a força aplicada.”
- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4: “Que com o aumento da distância, a força aplicada será maior.
- 3ª Dupla: Alunos 5 e 6: “Quanto maior a distância, maior é a força aplicada.”

Segue os diagramas de forças que ilustram a situação de equilíbrio, assim como os dados coletados por cada dupla utilizando o *kit* multifuncional:

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2

Nas figuras 2a e 2b têm-se a ilustração dos diagramas de forças que, a primeira dupla desenhou, e o modelo esperado, respectivamente:

**Figura 2** – (a) Ilustração do diagrama de forças dos alunos 1 e 2; (b) Ilustração do diagrama de forças esperado.



**Fonte** – (a) Alunos 1 e 2 e (b) O Autor, 2017

Na tabela 10 têm-se as massas ( $m$ ) e os pesos ( $P$ ) dos corpos, as distâncias ( $d$ ) dos corpos ao ponto de rotação e os respectivos torques obtidos pela primeira dupla:

**Tabela 10** – Massas, pesos, distâncias e torques obtidos pelos alunos 1 e 2.

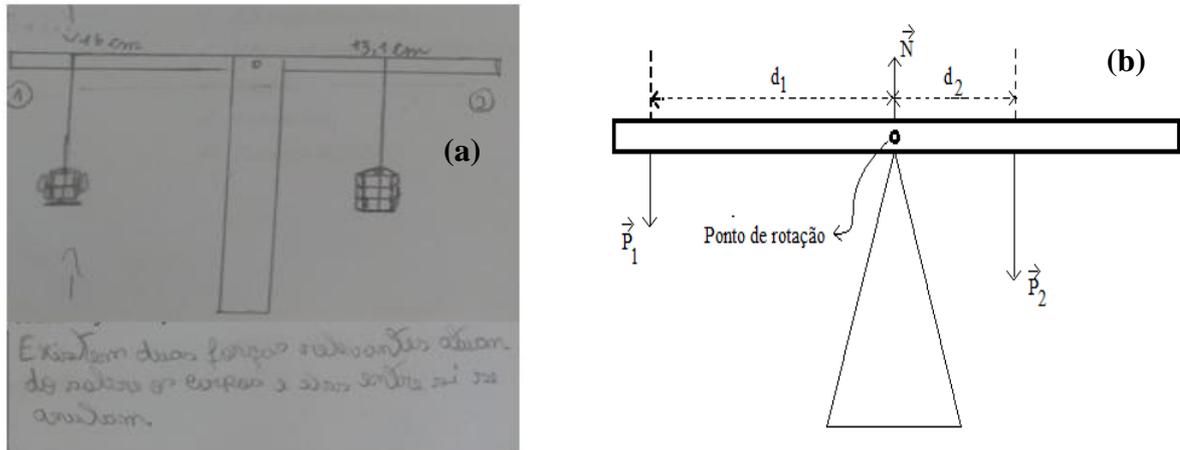
$m_1$ (kg)	$m_2$ (kg)	$P_1$ (N)	$d_1$ (m)	$P_2$ (N)	$d_2$ (m)	$\tau_1$ (Nm)	$\tau_2$ (Nm)
0,125	0,204	1,225	0,16	1,999	0,10	0,196	0,199
0,102	0,152	0,999	0,09	1,489	0,06	0,089	0,089

**Fonte** – O Autor, 2017

- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4

Nas figuras 3a e 3b têm-se a ilustração dos diagramas de forças que a segunda dupla desenhou e o modelo esperado, respectivamente:

**Figura 3** – (a) Ilustração do diagrama de forças dos alunos 3 e 4; (b) Ilustração do diagrama de forças esperado.



Fonte – (a) Alunos 3 e 4 e (b) O Autor, 2017

Na tabela 11 têm-se as massas ( $m$ ) e os pesos ( $P$ ) dos corpos, as distâncias ( $d$ ) dos corpos ao ponto de rotação e os respectivos torques obtidos pela segunda dupla:

**Tabela 11** – Massas, pesos, distâncias e torques obtidos pelos alunos 3 e 4.

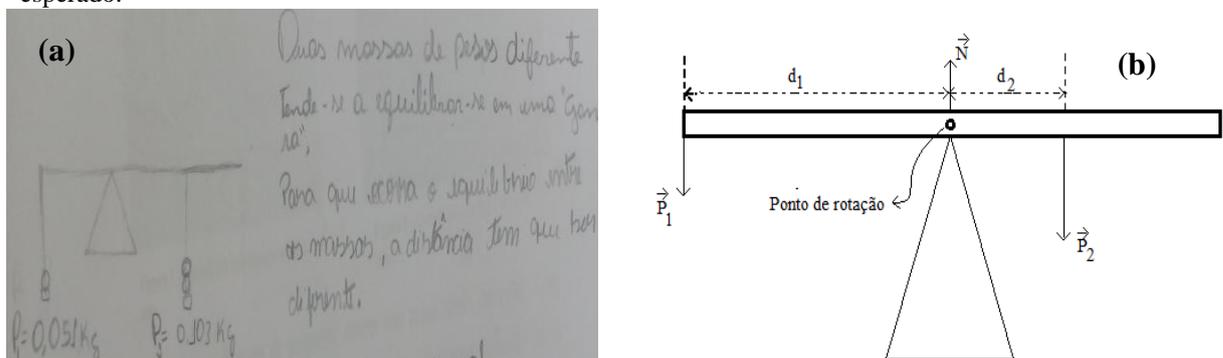
$m_1$ (kg)	$m_2$ (kg)	$P_1$ (N)	$d_1$ (m)	$P_2$ (N)	$d_2$ (m)	$\tau_1$ (Nm)	$\tau_2$ (Nm)
0,126	0,152	1,2	0,16	1,5	0,131	0,192	0,196
0,111	0,125	1,08	0,185	1,2	0,15	0,199	0,18

Fonte – O Autor, 2017

- 3ª Dupla: Alunos 5 e 6

Nas figuras 4a e 4b têm-se a ilustração dos diagramas de forças que a segunda dupla desenhou e o modelo esperado, respectivamente:

**Figura 4** – (a) Ilustração do diagrama de forças dos alunos 5 e 6; (b) Ilustração do diagrama de forças esperado.



Fonte – (a) Alunos 5 e 6 e (b) O Autor, 2017

Na tabela 12 têm-se as massas ( $m$ ) e os pesos ( $P$ ) dos corpos, as distâncias ( $d$ ) dos corpos ao ponto de rotação e os respectivos torques obtidos pela terceira dupla:

**Tabela 12** – Massas, pesos, distâncias e torques obtidos pelos alunos 5 e 6.

$m_1$ (kg)	$m_2$ (kg)	$P_1$ (N)	$d_1$ (m)	$P_2$ (N)	$d_2$ (m)	$\tau_1$ (Nm)	$\tau_2$ (Nm)
0,051	0,103	0,499	0,18	1,009	0,086	0,089	0,087
0,052	0,094	0,509	0,16	0,921	0,088	0,081	0,081

Fonte – O Autor, 2017

Por fim, as transcrições das respostas dadas pelas duplas à pergunta que conclui o experimento: Será que é possível encontrar outras situações de equilíbrio?

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2: “Sim, colocando mais de dois corpos, mudando também a distância dos corpos utilizados.”
- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4: “Sim, poderíamos alterar a posição dos dois corpos, ao invés de alterar a posição de apenas um.”
- 3ª Dupla: Alunos 4 e 5: “Sim, mudando a massa do peso e a distância entre eles.”

No início, os estudantes foram submetidos a um teste e depois relataram suas observações, e todos sem exceção responderam que “quanto maior à distância, maior seria a força aplicada”. O que eles não perceberam foi que a massa de água na garrafa pet se manteve constante, logo, o peso não fora modificado. O que se percebe claramente é o não conhecimento da grandeza momento de uma força ou Torque e, na figura 4a, fica claro também que os estudantes não diferenciam uma grandeza vetorial (peso) de uma grandeza escalar (massa).

Os resultados obtidos utilizando o *kit* multifuncional foram surpreendentes. A 1ª dupla obteve para o primeiro par de torques, valores com diferença de 1,5% de um para outro, já o segundo par de torques, a diferença foi nenhuma. Já a diferença de um valor para outro para o primeiro par de torques, da 2ª dupla, foi de aproximadamente 2%, porém, para o segundo par de torques, essa diferença atingiu 9,5%. Por fim, a diferença entre os valores para o primeiro par de torques, da 3ª dupla, foi de aproximadamente 2,2%, entretanto, o segundo par de valores, a diferença observada foi nula. O *kit* multifuncional também se mostrou um material didático útil e de fácil aquisição nesse caso. Pode ser utilizado facilmente pelo professor e pelos estudantes e não foi necessário um espaço específico para a prática experimental.

### 4.3 A Resistência axial de um feixe de macarrões

Transcrições das respostas dadas pelas duplas aos testes iniciais (ver apêndice A, pág. 85):

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2

**Tabela 13** – Respostas fornecidas pela 1ª dupla aos testes iniciais.

Questão	Conclusão
1	Menor tamanho, mais força para quebrá-lo
2	Maior quantidade, menor estatura, difícil quebrá-lo
3	Sim, maior quantidade mais força para quebrá-lo

Fonte – O Autor, 2017

- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4

**Tabela 14** – Respostas fornecidas pela 2ª dupla aos testes iniciais.

Questão	Conclusão
1	Quanto maior for o tamanho, menor será a resistência.
2	Quantidade de fios não “interfere” na resistência do feixe, mas sim o tamanho dos fios.
3	A quantidade tem uma influência mínima e o tamanho tem uma influência maior.

Fonte – O Autor, 2017

- 3ª Dupla: Alunos 5 e 6

**Tabela 15** – Respostas fornecidas pela 1ª dupla aos testes iniciais.

Questão	Conclusão
1	Quanto maior, menos resistente fica.
2	Não importa exatamente a quantidade e sim o tamanho.
3	Sim

Fonte – O Autor, 2017

Agora, são apresentados os dados coletados por cada dupla utilizando o *kit* multifuncional e os gráficos correspondentes ao número de fios de macarrão em função da carga suportada:

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2

As tabelas 16 e 17 a seguir, mostram as cargas suportadas por cada feixe de macarrões com tamanhos de 5 cm e 10 cm:

**Tabela 16** – Testes com feixes de macarrões de 5 cm.

Nº de fios de macarrão	Testes	Carga suportada
5 macarrões	1º	1,410 kg
	2º	1,504 kg
	3º	1,510 kg
	<b>Média</b>	<b>1,475 kg</b>
10 macarrões	1º	2,315 kg
	2º	2,022 kg
	3º	1,749 kg
	<b>Média</b>	<b>2,029 kg</b>
20 macarrões	1º	3,342 kg
	2º	3,728 kg
	3º	3,683 kg
	<b>Média</b>	<b>3,584 kg</b>

Fonte – O Autor, 2017

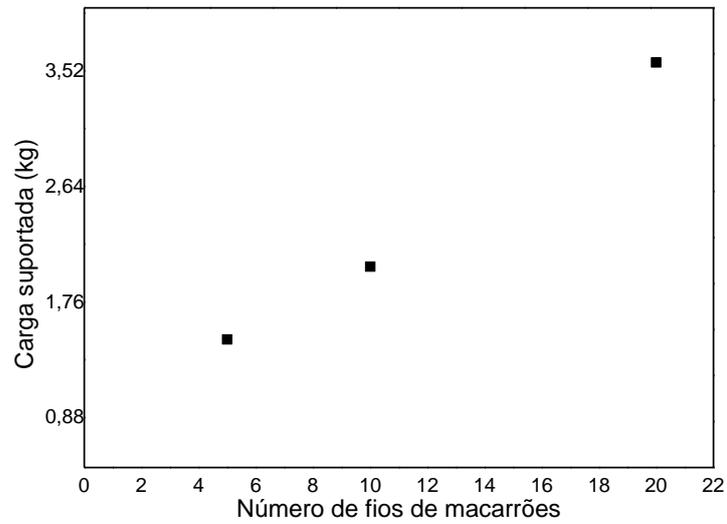
**Tabela 17** – Testes com feixes de macarrões de 10 cm.

Nº de fios de macarrão	Testes	Carga suportada
5 macarrões	1º	0,355 kg
	2º	0,437 kg
	3º	0,360 kg
	<b>Média</b>	<b>0,384 kg</b>
10 macarrões	1º	0,746 kg
	2º	0,779 kg
	3º	0,729 kg
	<b>Média</b>	<b>0,751 kg</b>
20 macarrões	1º	1,570 kg
	2º	1,440 kg
	3º	1,435 kg
	<b>Média</b>	<b>1,482 kg</b>

Fonte – O Autor, 2017

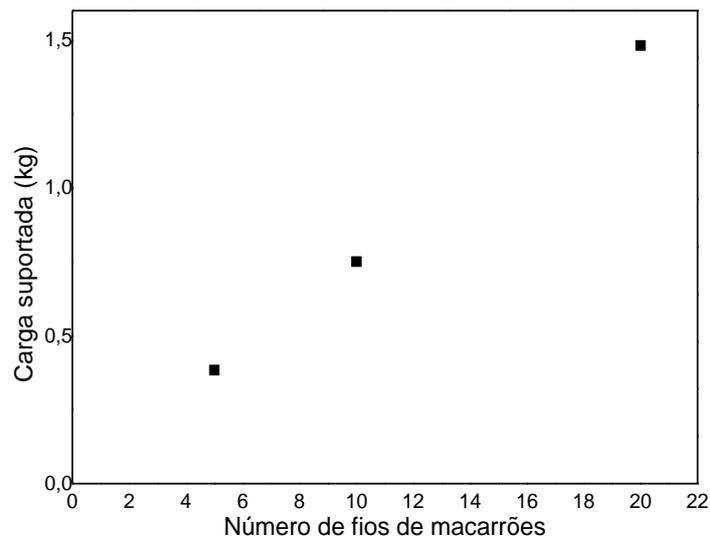
Os gráficos que seguem foram obtidos com os valores médios das cargas suportadas pelos feixes de 5, 10 e 20 macarrões que constam nas tabelas 16 e 17:

**Gráfico 4** – Carga suportada (kg) em função do número de macarrões com 5 cm de altura.



Fonte – O Autor, 2017

**Gráfico 5** – Carga suportada (kg) em função do número de macarrões com 10 cm de altura.



Fonte – O Autor, 2017

- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4

As tabelas 18 e 19 a seguir, mostram as cargas suportadas por cada feixe de macarrões com tamanhos de 5 cm e 10 cm:

**Tabela 18** – Testes com macarrões de 5 cm.

Nº de fios de macarrão	Testes	Carga suportada
5 macarrões	1º	1,514 kg
	2º	1,835 kg
	3º	1,627 kg
	<b>Média</b>	<b>1,659 kg</b>
10 macarrões	1º	3,007 kg
	2º	3,666 kg
	3º	2,986 kg
	<b>Média</b>	<b>3,220 kg</b>
20 macarrões	1º	3,226 kg
	2º	3,873 kg
	3º	3,926 kg
	<b>Média</b>	<b>3,675 kg</b>

Fonte – O Autor, 2017

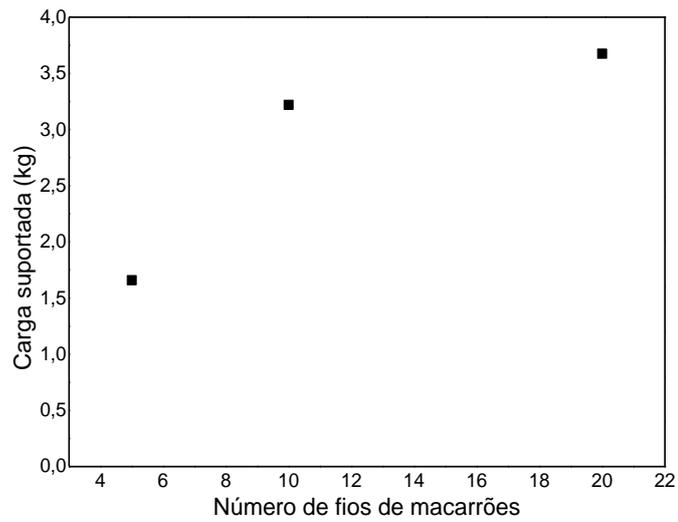
**Tabela 19** – Testes com macarrões de 10 cm.

Nº de fios de macarrão	Testes	Carga suportada
5 macarrões	1º	0,644 kg
	2º	0,524 kg
	3º	0,444 kg
	<b>Média</b>	<b>0,537 kg</b>
10 macarrões	1º	1,082 kg
	2º	0,820 kg
	3º	0,955 kg
	<b>Média</b>	<b>0,952 kg</b>
20 macarrões	1º	1,374 kg
	2º	1,614 kg
	3º	1,433 kg
	<b>Média</b>	<b>1,474 kg</b>

Fonte – O Autor, 2017

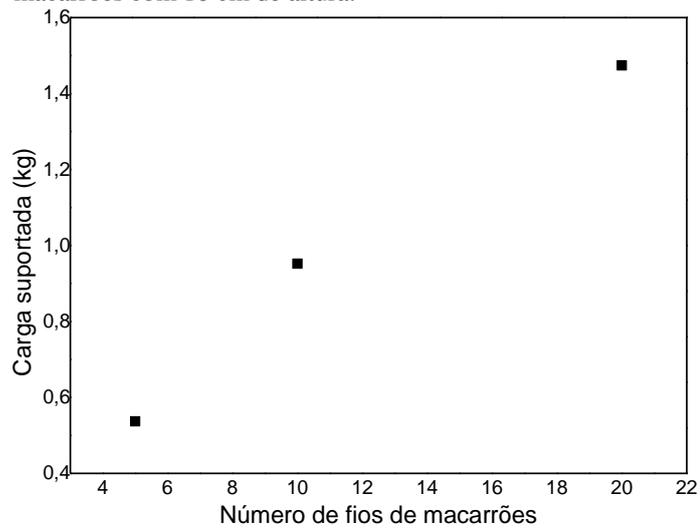
Os gráficos que seguem, foram obtidos com os valores médios das cargas suportadas pelos feixes de 5, 10 e 20 macarrões que constam nas tabelas 18 e 19:

**Gráfico 6** – Carga suportada (kg) em função do número de macarrões com 5 cm de altura.



**Fonte** – O Autor, 2017

**Gráfico 7** – Carga suportada (kg) em função do número de macarrões com 10 cm de altura.



**Fonte** – O Autor, 2017

- 3ª Dupla: Alunos 5 e 6

As tabelas 20 e 21 a seguir, mostram as cargas suportadas por cada feixe de macarrões com tamanhos de 5 cm e 10 cm:

**Tabela 20** – Testes com macarrões de 5 cm.

Nº de fios de macarrão	Testes	Carga suportada
5 macarrões	1º	0,700 kg
	2º	0,592 kg
	3º	0,635 kg
	<b>Média</b>	<b>0,642 kg</b>
10 macarrões	1º	0,896 kg
	2º	1,174 kg
	3º	1,102 kg
	<b>Média</b>	<b>1,057 kg</b>
20 macarrões	1º	2,062 kg
	2º	1,858 kg
	3º	1,880 kg
	<b>Média</b>	<b>1,933 kg</b>

Fonte – O Autor, 2017

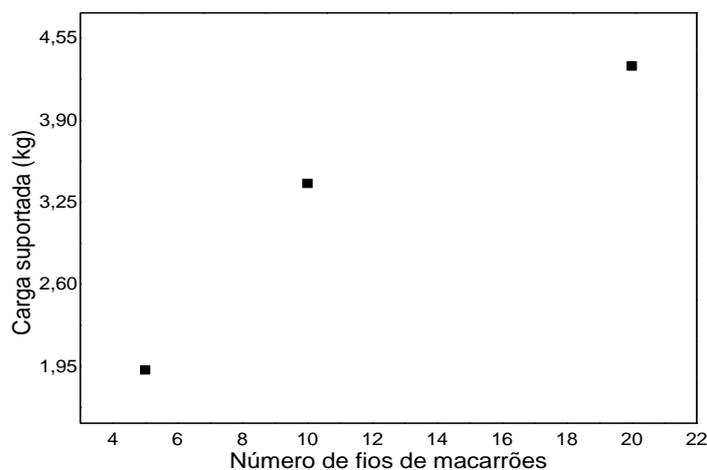
**Tabela 21** – Testes com macarrões de 10 cm.

Nº de fios de macarrão	Testes	Carga suportada
5 macarrões	1º	1,755 kg
	2º	1,858 kg
	3º	2,154 kg
	<b>Média</b>	<b>1,922 kg</b>
10 macarrões	1º	3,391 kg
	2º	3,350 kg
	3º	3,455 kg
	<b>Média</b>	<b>3,399 kg</b>
20 macarrões	1º	3,871 kg
	2º	4,561 kg
	3º	4,554 kg
	<b>Média</b>	<b>4,329 kg</b>

Fonte – O Autor, 2017

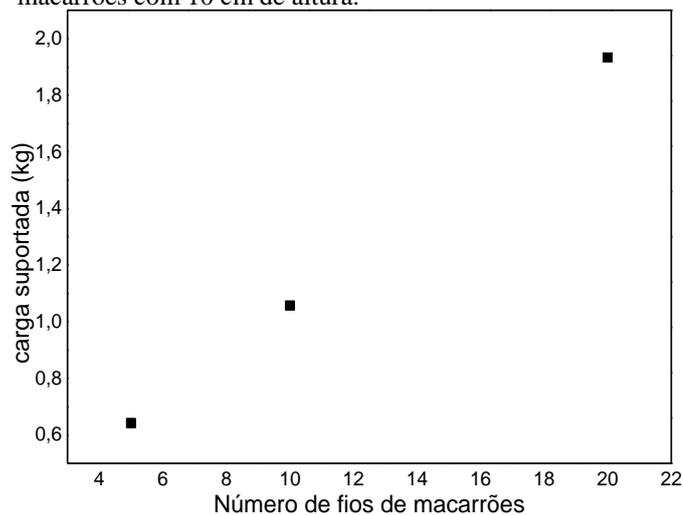
Os gráficos que seguem, foram obtidos com os valores médios das cargas suportadas pelos feixes de 5, 10 e 20 macarrões que constam nas tabelas 20 e 21:

**Gráfico 8** – Carga suportada (kg) em função do número de macarrões com 5 cm de altura.



Fonte – O Autor, 2017

**Gráfico 9** – Carga suportada (kg) em função do número de macarrões com 10 cm de altura.



Fonte – O Autor, 2017

No item 9 do guia experimental foi perguntado aos estudantes se suas conclusões ao questionamento 3 no início deste experimento estavam corretas? Vejam as transcrições das respostas:

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2: “Sim”
- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4: “Sim”
- 3ª Dupla: Alunos 5 e 6: “Sim, estava.”

Para esse experimento, o *kit* multifuncional precisa de alguns ajustes. Por exemplo, o braço móvel em alguns momentos sofria deslocamento lateral, fazendo com que o feixe não

fosse prensado verticalmente. No entanto, os resultados apresentados pelos estudantes são satisfatórios, pois, como visto nas tabelas e gráficos apresentados, mostram que, quanto mais fios na composição dos feixes de macarrões, estes suportaram cargas maiores, enquanto que os feixes com menos fios em sua composição suportam uma carga menor. Outro fator importante de destaque é que, o tamanho do feixe tem influência, como observamos também nas tabelas e gráficos. Quanto menor o tamanho do feixe, maior a carga suportada e quanto maior o tamanho do feixe, menor a carga suportada.

Os estudantes não conseguiram obter a relação matemática entre a carga suportada e o número de fios que compõem o feixe de macarrões. No entanto, os alunos 5 e 6 chegaram a argumentar que a carga suportada pelo feixe será tanto maior a medida que o tamanho do feixe for menor e conter uma quantidade grande de fios de macarrões.

#### 4.4 Indução eletromagnética

Transcrição da resposta fornecida pelas duplas a situação problema inicial ver (apêndice A, pág. 89):

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2: “Sim.”
- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4: “Sim.”

Ambas as duplas responderam “sim” no item 9 e, também no item 10. Em seguida, o professor solicitou que os estudantes fizessem um pequeno comentário sobre o experimento:

- 1ª Dupla: Alunos 1 e 2

O experimento de fácil entendimento e montagem, mas, podendo ter algumas modificações que podem melhorar o movimento de variação do campo magnético na bobina. Experimento ótimo e fácil, que desperta o interesse no aprendizado.

- 2ª Dupla: Alunos 3 e 4

O experimento é ótimo, pois além de ser de fácil obtenção dos materiais, é bastante simples na montagem e graças a ele (tanto o *kit* quanto o experimento) o interesse é despertado, facilitando assim a aprendizagem.

Na confecção da bobina, como já foi mencionado, o professor solicitou que realizassem em casa, porém, um estudante a confeccionou sozinho, pois, em sua residência

havia um transformador velho e prontamente desmontou e com o fio confeccionou a bobina. Já a montagem do *kit* multifuncional foi ágil por parte dos estudantes que, de posse da bobina, realizaram o experimento facilmente. Durante a realização do experimento eles ficaram sem entender a causa do valor indicado pelo multímetro variar de valor e de sinal constantemente. Então, o professor explicou o fenômeno observado e utilizou um vídeo (ver pág. 24) explicando a Lei de Lenz. Por fim, o professor relacionou o experimento com as usinas hidrelétricas, eólicas e etc que produzem energia em nosso país.

#### 4.5 O peso aparente de um ímã

Segue a transcrição das respostas fornecidas pelos grupos aos seguintes testes iniciais:

- 1 - Aproxime as duas faces de dois ímãs sem deixá-los que se toquem. O que você percebe?
- 2 - Agora, mude a face de um dos ímãs, sem deixá-los que se toquem. O que acontece?
- 3 - As forças que aparecem entre os ímãs são forças de contato ou sem contato?
- 4 – Será que o ímã gera algo em seu entorno?

- **Grupo 1:**

**Tabela 22** - Respostas fornecidas pelo grupo 1 aos testes iniciais.

Questão	Conclusão
1	Há uma força repelindo
2	Há uma força atuando inversamente em relação a primeira.
3	Sem contato
4	Um campo magnético

Fonte – O Autor, 2017

- **Grupo 2:**

**Tabela 23** - Respostas fornecidas pelo grupo 2 aos testes iniciais.

Questão	Conclusão
1	Que elas se atraem
2	Ocorre repulsão
3	Depende da posição dos ímãs (suas polaridades)
4	Sim, gera um campo magnético de atração ou repulsão

Fonte – O Autor, 2017

A seguir, têm-se os dados coletados pelos grupos a partir do kit experimental. O valor utilizado pelos estudantes para aceleração da gravidade local foi  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

- **Grupo 1:**

Na tabela 24, têm-se os valores das massas aparentes, dos pesos aparentes e das distâncias entre os ímãs.

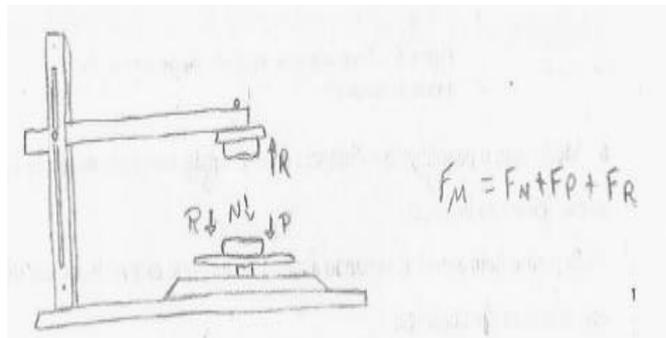
**Tabela 24** – Medidas das massas aparentes, pesos aparentes e da distância entre os ímãs.

	<b>Massa aparente (kg)</b>	<b>Peso aparente (N)</b>	<b>Distância entre os ímãs (cm)</b>
1	0,335	3,283	1,7
2	0,235	2,303	2,75
3	0,192	1,882	3,8
4	0,171	1,676	4,98
5	0,159	1,558	5,96
6	0,149	1,460	7
7	0,146	1,431	7,83
8	0,142	1,392	8,91
9	0,139	1,362	9,14
10	0,137	1,343	10,8

**Fonte** – O Autor, 2017

A seguir (figura 5), têm-se a representação do diagrama de forças, elaborada pelos estudantes do grupo 1, que atuam no ímã sobre a balança, bem como, a força magnética entre os ímãs:

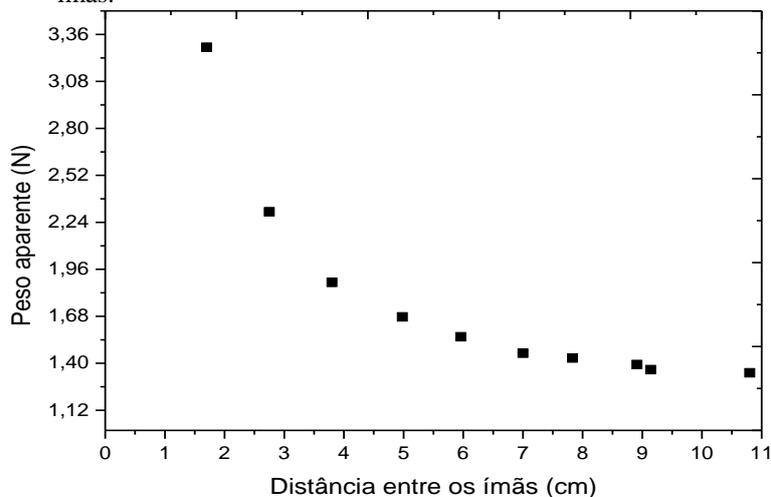
**Figura 5** - Representação do diagrama de forças, elaborada pelos estudantes do grupo 1.



**Fonte** – Estudantes pertencentes ao grupo 1, 2017

Com os dados da tabela 24, foi possível obter o gráfico do peso aparente (N) em função da distância (cm) entre os ímãs, com o auxílio do *software Origin 9.0*:

**Gráfico 10** - Peso aparente em função da distância entre os ímãs.



Fonte – O Autor, 2017

E no último item do guia experimental, o grupo 1 foi questionado sobre que informações poderiam ser extraídas do gráfico e a resposta foi: “*O peso em função da distância são inversamente proporcionais.*”

- **Grupo 2:**

Na tabela 25, têm-se os valores das massas aparentes, dos pesos aparentes e das distâncias entre os ímãs.

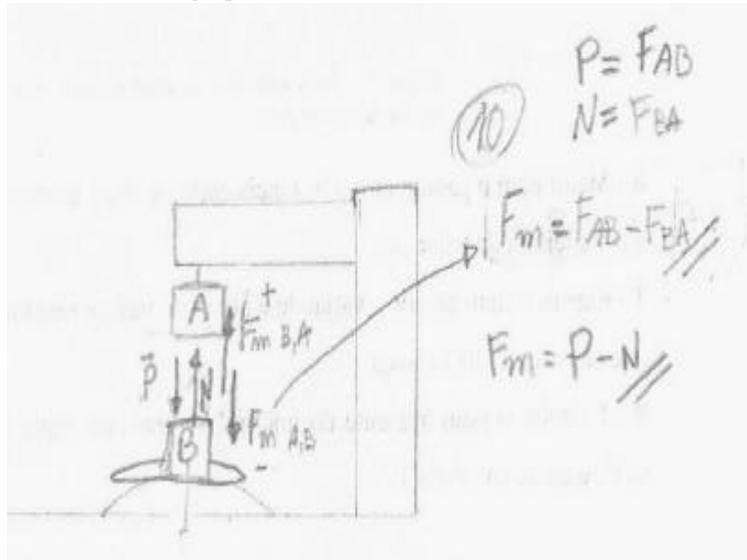
**Tabela 25** – Medidas das massas aparentes, pesos aparentes e da distância entre os ímãs.

	<b>Massa aparente (kg)</b>	<b>Peso aparente (N)</b>	<b>Distância entre os ímãs (cm)</b>
1	0,507	4,97	1,04
2	0,295	2,89	2,15
3	0,202	1,98	3,54
4	0,172	1,69	4,6
5	0,156	1,53	5,7
6	0,151	1,48	6,56
7	0,145	1,42	7,7
8	0,141	1,38	8,79
9	0,137	1,34	9,88
10	0,135	1,32	10,76

Fonte – O Autor, 2017

A seguir (figura 6), têm-se a representação do diagrama de forças, elaborada pelos estudantes do grupo 2, que atuam no ímã sobre a balança, bem como, a força magnética entre os ímãs:

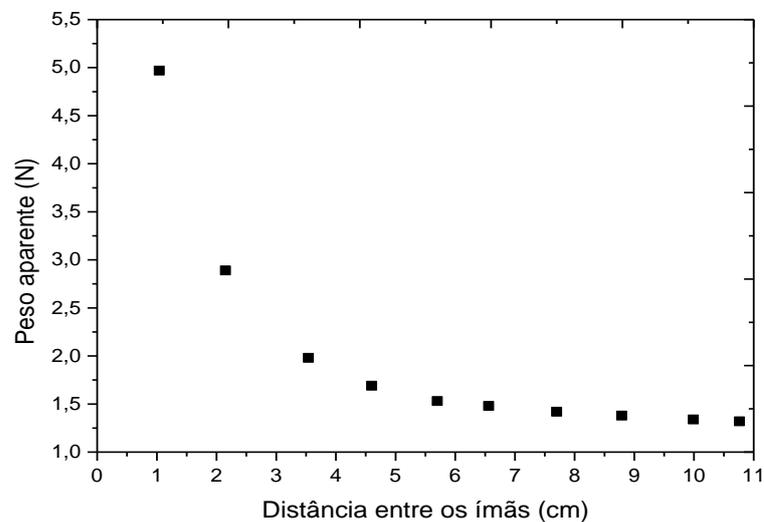
**Figura 6** - Representação do diagrama de forças, elaborada pelos estudantes do grupo 2.



**Fonte** – Estudantes pertencentes ao grupo 2, 2017

Com os dados da tabela 25, foi possível obter o gráfico do peso aparente (N) em função da distância (cm) entre os ímãs, com o auxílio do *software Origin 9.0*:

**Gráfico 11** - Peso aparente em função da distância entre os ímãs.



**Fonte** – O Autor, 2017

E no último item do guia experimental, o grupo 2 foi questionado sobre que informações poderiam ser extraídas do gráfico e a resposta foi a seguinte: “*Em quanto o peso diminui, a distância aumenta*”.

Antes de iniciar o experimento, houve a necessidade de ensiná-los a manusear o paquímetro, e isso os deixou aptos a realizar medições mais precisas, bem como, da importância desse instrumento no cotidiano de alguns profissionais.

Nos testes iniciais, alguns estudantes se mostraram surpresos com a força com que os ímãs se atraíam ou se repeliam, parecia que eles nunca haviam feito tal teste e, realmente, os estudantes do grupo 1 não haviam realizado.

Depois da coleta de dados e antes da obtenção do gráfico do peso aparente em função da distância entre os ímãs, os grupos desenharam as forças que atuam no ímã sobre a balança. É notório, nas figuras 5 e 6, que ambos os grupos não escreveram a expressão da força magnética em função do peso e da normal corretamente, embora, o grupo 2 tenha representado todas as forças corretamente. Depois que findou a realização do experimento, o professor mostrou corretamente as forças que atuam no ímã sobre a balança, bem como, a força magnética entre os ímãs.

Na utilização do *kit* multifuncional, o grupo 1 teve dificuldades em medir as distâncias entre os ímãs, por causa do prensador (peça que acompanha o *kit*), ou seja, o prensador obstruía a colocação do paquímetro entre os ímãs. Já o grupo 2, prevendo a mesma dificuldade, retirou o prensador, com o consentimento do professor e realizaram suas medidas com mais facilidade. O fato é que, os gráficos obtidos pelos grupos com a ajuda do professor, estão muitos semelhantes, ou seja, não houve interferência nas medidas com ou sem a utilização do prensador. Porém, para o manuseio do paquímetro, o melhor foi suprimi-lo. As conclusões que os grupos extraíram dos gráficos, fora que o peso aparente é inversamente proporcional à distância entre os ímãs. Não conseguiram relacionar os seus gráficos com o gráfico da Lei de Coulomb, ou seja, assunto já visto por eles, meses antes da realização desse experimento.

Como visto anteriormente, dificuldades apareceram, como por exemplo: manusear o paquímetro, utilizar ou não o prensador do *kit* multifuncional e obter o gráfico com o auxílio do papel milimetrado ou com algum *software* livre. Todas foram superadas, não em sua magnitude, mas, mesmo assim, os resultados dos estudantes foram satisfatórios com relação aos dados obtidos.

#### **4.6 A resistência à compressão do papel A4 na forma de sanfona**

Nas tabelas 26 e 27 são apresentadas as transcrições das respostas fornecidas pelos grupos aos seguintes testes iniciais:

1 – Recorte de uma folha de A4 uma tira de 2 x 15 cm na direção longitudinal e outra de mesma medida na direção transversal. Agora, segure-as pelas pontas. O que você observa? A direção do corte do papel altera alguma coisa?

2 – Agora faça uma sanfona com 5 dobras, utilizando um quadrado de 21 cm x 21 cm, na direção longitudinal. Em seguida, faça outra sanfona com 5 dobras na direção transversal, com as mesmas dimensões utilizadas anteriormente. Coloque seu celular sobre as sanfonas. O que acontece? Agora, com outras folhas de A4, faça sanfonas com 7 dobras, mantendo sempre as dimensões citadas acima. O que aconteceu?

- **Grupo 1:**

**Tabela 26** - Respostas fornecidas pelo grupo 1 aos testes iniciais.

<b>Questão</b>	<b>Conclusão</b>
1	A sanfona na direção longitudinal possui uma maior resistência do que a sanfona na direção transversal.
2	A sanfona na direção longitudinal continua com a maior resistência do que a sanfona na direção transversal.

**Fonte** – Estudantes pertencentes ao grupo 1, 2017

- **Grupo 2:**

**Tabela 27** - Respostas fornecidas pelo grupo 2 aos testes iniciais.

<b>Questão</b>	<b>Conclusão</b>
1	O longitudinal é mais resistente que o transversal.
2	O transversal é menos resistente que o longitudinal.

**Fonte** – Estudantes pertencentes ao grupo 2, 2017

A seguir, têm-se as tabelas 28 e 29 com os valores das cargas suportadas pelas sanfonas com 5 e 7 dobras, para as direções longitudinal e transversal, obtidos pelos grupos a partir do *kit* multifuncional e as respostas aos três questionamentos finais no guia experimental (apêndice A, pág. 81).

- **Grupo 1:**

**Tabela 28** – Cargas suportadas pelas sanfonas com 5 e 7 dobras nas direções longitudinal e transversal, obtidas pelo grupo 1.

<b>Sanfonas com 5 dobras</b>	<b>Carga suportada</b>	<b>Sanfonas com 7 dobras</b>	<b>Carga suportada</b>
<b>Dobras na direção longitudinal</b>	<b>2,914 kg</b>	<b>Dobras na direção longitudinal</b>	<b>5,624 kg</b>
<b>Dobras na direção transversal</b>	<b>2,573 kg</b>	<b>Dobras na direção transversal</b>	<b>5,413 kg</b>

**Fonte** – O Autor, 2017

Depois desses dados obtidos, o guia experimental trás o seguinte questionamento: Será que com mais dobras a carga suportada é maior? O grupo respondeu que **sim**. Em seguida, o guia solicita um gráfico do número de dobras em função da carga suportada, porém, o grupo **não** fez o esboço. Por fim, o questionamento final: Você seria, agora, capaz de formular uma relação matemática entre o número de dobras com a carga suportada pela sanfona? O grupo **não** conseguiu formular nenhuma equação.

- **Grupo 2:**

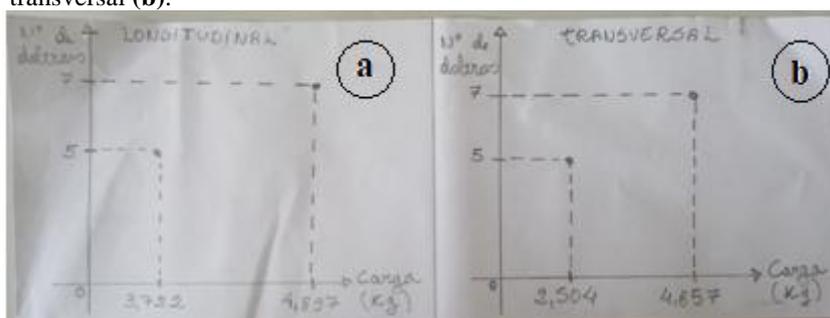
**Tabela 29** – Cargas suportadas pelas sanfonas com 5 e 7 dobras nas direções longitudinal e transversal, obtidas pelo grupo 2.

Sanfonas com 5 dobras	Carga suportada	Sanfonas com 7 dobras	Carga suportada
Dobras na direção longitudinal	3,722 kg	Dobras na direção longitudinal	4,897 kg
Dobras na direção transversal	2,504 kg	Dobras na direção transversal	4,857 kg

Fonte – O Autor, 2017

Depois desses dados obtidos, o guia trás o seguinte questionamento: Será que com mais dobras a carga suportada é maior? O grupo respondeu que **sim**. Em seguida, o guia solicita um gráfico do número de dobras em função da carga suportada, e o grupo esboçou o gráfico apresentado na figura 7:

**Figura 7** - Números de dobras em função das cargas que os papéis dobrados em forma de sanfona suportam na direção longitudinal (a) e direção transversal (b).



Fonte – Estudantes pertencentes ao grupo 2, 2017

Por fim, o questionamento final: Você seria, agora, capaz de formular uma relação matemática entre o número de dobras com a carga suportada pela sanfona? A resposta dada pelo grupo: *a carga suportada é diretamente proporcional ao número de dobras.*

No primeiro encontro, os estudantes ficaram surpresos, quando realizaram o primeiro teste, pelo fato do papel A4 ter resistência maior na direção longitudinal do que à direção transversal. Quando tiveram que confeccionar as sanfonas com dobras bem definidas e de

quantidades diferentes para a realização do segundo teste, foi perceptível a grande dificuldade que alguns componentes dos grupos apresentaram. No segundo encontro, já com as sanfonas prontas, iniciaram-se os testes da resistência do papel em forma de sanfona, com o *kit* multifuncional. Outra dificuldade que os estudantes destacaram ocorreu na hora da realização do experimento, seria necessária a mudança de recipiente para prensar as sanfonas com maiores quantidades de dobras. No entanto, o professor interveio dizendo que na realização de experimentos em qualquer laboratório, às vezes, se faz necessário o uso de outro equipamento que melhor se ajuste ao experimento. Prensando as sanfonas com o auxílio do *kit* multifuncional, os grupos corroboraram o que já haviam realizado nos testes iniciais, que o papel A4 dobrado em forma de sanfona na direção longitudinal suporta maior carga do que na direção transversal como mostrado na tabela 28 (grupo 1) e tabela 29 (grupo 2). A grande dificuldade dos grupos foi à obtenção da relação matemática entre o número de dobras e a carga máxima suportada pela sanfona. Entretanto, o grupo 2 escreveu que a carga suportada é diretamente proporcional ao número de dobras. Fica evidente que os estudantes apresentam grandes dificuldades em expressar algo matematicamente. Porém, não houve dificuldades relacionadas ao uso do *kit* multifuncional.

#### 4.7 Lançamento horizontal

Transcrições das respostas fornecidas pelo grupo aos testes iniciais (ver apêndice A, pág. 103):

- **Teste 1:**“Um arco de parábola. O alcance obtido pela bolinha que o estudante lançou foi de 69 cm ou 0,69 m.”
- **Teste 2:**“Um arco de parábola. O alcance obtido pela bolinha que estava em repouso foi de 26 cm ou 0,26 cm.”
- **Teste 3:**“A trajetória continua a mesma, mas o alcance muda.”

A tabela 30 fornece os dados coletados pelo grupo a partir do *kit* multifuncional.

**Tabela 30** – Altura ( $H$ ), comprimento ( $l$ ), ângulo ( $\theta$ ) e alcances ( $x$ ) obtidos experimentalmente.

$H = 5 \text{ cm}$ $e$ $l = 33 \text{ cm}$									
$\theta(^{\circ})$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Alcance (cm)	2,8	5,5	6,2	12,7	16,4	18,9	19,6	23,2	25,6
$H = 10 \text{ cm}$ $e$ $l = 28 \text{ cm}$									
$\theta(^{\circ})$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Alcance (cm)	3,5	6	10,1	14,6	18,2	18,9	20,4	28	30,5
$H = 15 \text{ cm}$ $e$ $l = 23,5 \text{ cm}$									
$\theta(^{\circ})$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Alcance (cm)	4,3	6,8	10,8	16,9	20,6	23,2	28,1	30,4	33

Fonte – O grupo de estudantes, 2017

Já a tabela 31 fornece os dados obtidos pelo grupo, utilizando o modelo matemático que se encontra no guia experimental (apêndice A, pág. 107):

**Tabela 31** – Altura ( $H$ ), comprimento ( $l$ ), ângulo ( $\theta$ ) e alcances ( $x$ ) obtidos do modelo matemático.

$H = 5 \text{ cm}$ $e$ $l = 33 \text{ cm}$									
$\theta(^{\circ})$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Alcance (cm)	3,17	6,31	9,40	12,43	15,35	18,16	20,84	23,35	25,69
$H = 10 \text{ cm}$ $e$ $l = 28 \text{ cm}$									
$\theta(^{\circ})$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Alcance (cm)	4,13	8,22	12,25	16,19	20,00	23,66	27,15	30,42	33,47
$H = 15 \text{ cm}$ $e$ $l = 23,5 \text{ cm}$									
$\theta(^{\circ})$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Alcance (cm)	4,63	9,22	13,74	18,16	22,44	26,55	30,46	34,13	37,55

Fonte – O grupo de estudantes, 2017

No item 14 do guia experimental (apêndice A, pág. 107), os estudantes são questionados sobre os alcances medidos experimentalmente e se esses valores se aproximam dos alcances propostos pelo modelo matemático utilizado para compreender o fenômeno. A transcrição da resposta fornecida pelo grupo: “*Sim alguns, a maior variação é de 3 cm.*”

Na tabela 32, têm-se os erros relativos percentuais, comparados com o modelo matemático, obtidos para cada alcance:

**Tabela 32** – Altura ( $H$ ), comprimento ( $l$ ), ângulo ( $\theta$ ) e erros relativos percentuais obtidos matematicamente.

$H = 5 \text{ cm}$ e $l = 33 \text{ cm}$									
$\theta(^{\circ})$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
E (%)	11,7	12,8	34	2,2	6,8	4,1	5,9	0,6	0,3
$H = 10 \text{ cm}$ e $l = 28 \text{ cm}$									
$\theta(^{\circ})$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
E (%)	15,2	27	17,5	9,8	9	20,1	27,15	7,9	8,9
$H = 15 \text{ cm}$ e $l = 23,5 \text{ cm}$									
$\theta(^{\circ})$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
E (%)	7,1	26,2	21,4	6,9	8,2	12,6	7,7	10,9	12,1

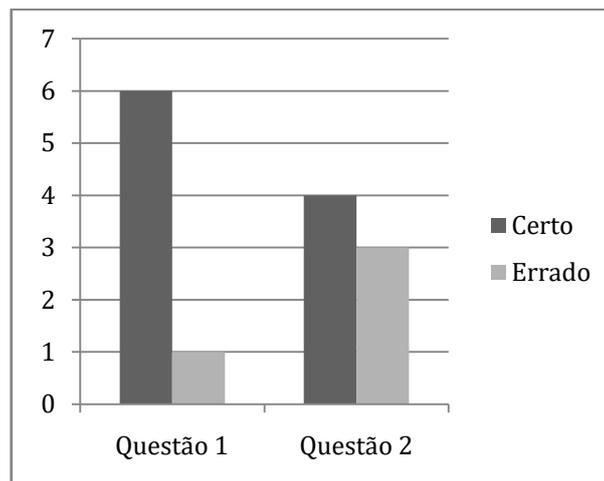
**Fonte** – O grupo de estudantes, 2017

No momento em que os estudantes estavam realizando as medidas dos alcances da bolinha que ora estava em repouso e logo, em seguida lançado, o que era perceptível neles, foi à preocupação em cometer menos erros possíveis, ou seja, que esses erros não afetassem tanto os resultados do experimento. Mas, sabemos que é inevitável, obter resultados isentos de erros. Todavia, as medições são afetadas por um erro experimental devido às inevitáveis imperfeições nos aparelhos de medida ou às limitações impostas pelos sentidos que registram a informação. O que se pode observar na tabela 32, vários são os erros relativos acima de 10%, mostrando que há muitos erros embutidos na medida, como por exemplo, os choques entre as bolinhas não serem frontais e nem perfeitamente elásticos. No entanto, há mais erros relativos com valores abaixo de 10% do que acima de 10%, mostrando que mesmo o *kit* multifuncional sendo de baixo custo, é possível de obter resultados satisfatórios.

#### 4.8 Análise do experimento momento de uma força

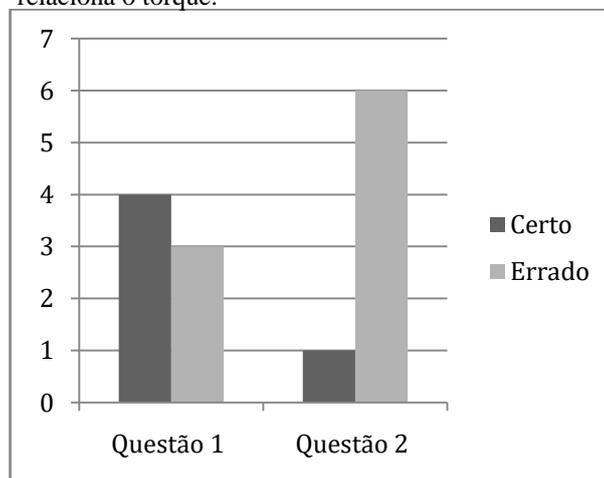
O *kit* multifuncional possibilita a realização de sete experimentos, que foram testados por uma turma piloto com sete estudantes, como mencionado no início do capítulo 3 deste trabalho. Foi escolhido de forma aleatória, o experimento momento de uma força (torque) para uma investigação das situações em que o torque aparece no cotidiano (questão 1), além das grandezas físicas relacionadas (questão 2). A investigação foi realizada com os estudantes que participaram do teste do *kit* multifuncional e com outros sete estudantes que não testaram o *kit*. Os resultados são apresentados nos gráficos 12 e 13 que foram extraídos dos quadros 14 e 15.

**Gráfico 12** – Acertos e erros que os estudantes que testaram o *kit* forneceram as questões que relaciona o torque.



Fonte – O Autor, 2017

**Gráfico 13** – Acertos e erros que os estudantes que NÃO testaram o *kit* forneceram as questões que relaciona o torque.



Fonte – O Autor, 2017

**Quadro 9** – Respostas fornecidas pelos estudantes que testaram o *kit* multifuncional.

Estudante	Questões
1	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>Em abriñ um livro ou um caderno;            Um notebook; Um armário, uma gaveta etc.</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?</p>
2	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>Abriñ um livro ou caderno.</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>Uma grandeza física está relacionado a algo que possa ser medido. Portanto, para o torque posso medir a área e a força exercida na determinada área.</i></p>
3	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>no brinquedo "jira-jira".</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>massa, distância.</i></p>
4	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>no parque brincando numa gangorra, ao apertar um parafuso e entre outras coisas.</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i><del>massa</del> peso e força</i></p>
5	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>Apertar um parafuso com uma ferramenta, por exemplo.</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>Força, deslocamento e espaço</i></p>
6	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>AO PUXAR UMA CADEIRA, USAR POR EXEMPLO UMA CHAVE DE BOCA PARA APERTAR UMA PORÇA, ETC.</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>DISTÂNCIA, FORÇA, MASSA.</i></p>
7	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>Quando usamos uma chave para remover uma porca            acidentalmente um bomo de furar para distanciar do eixo da            moça.</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>Grandezas físicas como força, grandezas,</i></p>

Fonte – Estudantes que utilizaram o *Kit* Multifuncional, 2017

**Quadro 10** – Respostas fornecidas pelos estudantes que **NÃO** testaram o *kit* multifuncional.

Estudante	Questões
8	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>Apertando uma porca com a chave de boca,</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>Força, massa, distância, deslocamento</i></p>
9	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?</p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?</p>
10	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?</p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>Não</i></p>
11	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>abrir uma porta de um carro</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>não</i></p>
12	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>fazendo algo e como exemplo, abrimos uma janela</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>seria o de rotação de uma lâmpada <del>o</del> em relação ao eixo</i></p>
13	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>um ímã, abria a geladeira, armários etc...</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?  <i>Não</i></p>
14	<p>Em que situações do seu dia a dia aparecem algo de forma semelhante ao abrir uma porta?  <i>Quando um carro está se locomovendo,</i></p> <p>Você saberia dizer que grandezas físicas se relacionam para que o torque apareça?</p>

Observando o quadro 10 percebe-se que os estudantes que apenas tiveram aulas teóricas, usando apenas quadro e giz, apresentaram quase ou nenhuma aprendizagem significativa, com exceção do estudante 8 que mostrou conhecimento no assunto. No entanto, o quadro 9 mostra que os estudantes que também tiveram as aulas teóricas e realizaram testes com o *kit* multifuncional, mostraram mais aprendizagem significativa, ou seja, as atividades experimentais investigativas corroboram que é necessária a mudança na forma de trabalhar com atividades experimentais. Aqui foi realizada uma investigação apenas com o experimento momento de uma força (Torque) para verificação de aquisição de conceitos relacionados ao assunto. Presumi-se, que algo semelhante haveria ocorrido com as demais atividades experimentais realizadas com o *kit* multifuncional.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Física tem sido apontada pelos estudantes como uma disciplina de difícil compreensão. Uma saída para superar as dificuldades é o uso das atividades experimentais investigativas, e de forma simultâneas aos conteúdos abordados em sala de aula, para que superem os problemas propostos nas atividades experimentais e os conceitos de um determinado campo conceitual da física sejam adquiridos. Neste sentido, o *kit* multifuncional se mostrou útil, pois coloca o estudante em contato direto com conceitos, além de medidas de grandezas físicas, que possibilitam a manipulação de dados e construção de gráficos.

Neste trabalho realizou-se um estudo sobre o uso de um *kit* multifuncional com materiais de baixo custo em experimentos didáticos de física com o intuito de desenvolver conceitos através de atividades experimentais investigativas. A análise dos dados coletados demonstrou que os estudantes que testaram o *kit* estavam interessados em montá-lo e realizar os experimentos propostos de forma a obter resultados satisfatórios, além de obterem aprendizagens significativas. Assim, se faz necessário nos cursos de graduação e até mesmo no ensino médio, que professores, em parceria com os estudantes, possam desenvolver materiais didáticos (roteiros experimentais semiabertos, apostilas, tutoriais, capítulo em livro didático e etc) como neste trabalho, que gerou o produto educacional: Experimentos de física com um *kit* multifuncional, onde é possível a realização de experimentos de baixo custo.

É necessário que as aulas experimentais, sejam mais que seguir uma “receita de bolo” para gerar aprendizagens significativas. A aplicação do *kit* multifuncional em sala de aula torna-se um aliado do professor como instrumento a mais de ensino-aprendizagem, possibilitando despertar a motivação e o interesse dos estudantes, por deixar alguns conceitos físicos menos abstratos e mais próximos do cotidiano do estudante e também por permitir que o estudante possa torna-se um agente ativo na sua aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

- Bachelard, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. Estela S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto. (Edição original publicada em 1938). 1996
- Bunge, Mario – Teoria e realidade / Mario Bunge; [tradução Gita K. Guinsburg]. – São Paulo: Perspectiva, 2013. – (Debates; 72 / dirigida por J. Guinsburg)
- Carvalho Junior, Gabriel Dias de. Aula de física, do planejamento à avaliação. 1ª Edição – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- Carvalho Pessoa, A. M. Calor e temperatura um ensino por investigação. 1ª Edição – São Paulo: Editora livraria da Física, 2014.
- Clement, J. Model based learning as a key research area for science education. In: *International Journal of Science Education*. Vol. 22, n 9, p. 1041-1053. 2000
- Ensino de física / Anna Maria Pessoa de Carvalho... [et. al.]. – São Paulo: Cengage Learning, 2010. – (Coleção idéias em ação / Anna Maria Pessoa de Carvalho)
- Gaspar, Alberto – Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski / Alberto Gaspar. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. (Coleção contextos da ciência).
- Hewitt, Paul G. Física Conceitual / Paul G. Hewitt; trad. Trieste Ricci e Maria Helena Gravina. – 9. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2002.
- Laburú, C. E. Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discurso multivocal e univocal. *Investigação em Ensino de Ciência*, 8(3), 2003.
- MEC. (2000). PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília.
- \_\_\_\_\_ (2002), PCN + - Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Disponível em <<[http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)>> Acesso em 04 de nov. 2017
- Moreira, Marco Antonio – Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares / Marco Antonio Moreira. -- São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- Moreira, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa Nesta Área. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.7, n.1.Publicação Eletrônica: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>. 2002
- Valadares, E. C. Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo. Editora UFMG, 2002.

**APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL**

# EXPERIMENTOS DE FÍSICA REALIZADOS COM UM *KIT* MULTIFUNCIONAL

**Erik Cordeiro da Silva**

## APRESENTAÇÃO

Prezado (a) Professor (a),

No primeiro semestre de 2015, primeira turma do MNPEF/CAA – Polo 46, o Professor Sérgio de Lemos Campello, ministrando a disciplina de Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental, propôs à turma dois experimentos abertos: o primeiro testar a resistência do papel A4, ou seja, o papel A4 na forma de sanfona, qual seria a carga que o mesmo suportaria? O segundo, testar a resistência de um feixe de macarrões, porém, utilizando no máximo 20 filetes do mesmo. Dessas propostas experimentais nasce a “prensa” que foi utilizada para verificar qual carga máxima suportaria o papel A4 na forma de sanfona e o feixe de macarrões.

Hoje a “prensa” chama-se *kit* multifuncional, pois, deste são realizadas atividades experimentais que podem ser propostas aos estudantes do Ensino Médio de forma que a aprendizagem seja significativa. Nessa visão, propomos várias atividades experimentais interligando os conteúdos trabalhados em sala com os experimentos realizados.

Que esse produto educacional possa atender às expectativas dos professores e venham auxiliá-los no desenvolvimento da aprendizagem de seus estudantes, pois, como bem sabemos, muitas escolas têm laboratórios precários ou mesmo não tem laboratórios, bibliotecas, salas de vídeo e etc. O *kit* multifuncional aqui proposto pode ser trabalhado tanto no laboratório como numa sala de aula ou em qualquer lugar do ambiente escolar, pois, o mesmo é de fácil montagem e, associado ao mesmo, utilizam-se materiais de baixo custo.

Espera-se que esse *kit* multifuncional, juntamente com as atividades experimentais, possa ser um elo entre teoria e a prática, para que haja uma concreta aprendizagem por parte de nossos estudantes de alguns conceitos de Física.

Aos colegas docentes, sucesso, e que o *kit* multifuncional seja profícuo em suas salas de aulas!

Erik Cordeiro da Silva

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>81</b>
<b>2</b>	<b>COMPOSIÇÃO E CONSTRUÇÃO DO KIT MULTIFUNCIONAL.....</b>	<b>82</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....</b>	<b>84</b>
<b>4</b>	<b>ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DESENVOLVIDAS COM O KIT MULTIFUNCIONAL.....</b>	<b>85</b>
4.1	A resistência à compressão do papel A4 em forma de sanfona.....	85
4.2	A resistência axial de um feixe de macarrões.....	92
4.3	A indução eletromagnética.....	97
4.4	O peso aparente de um ímã.....	102
4.5	Momento de uma força ou torque.....	105
4.6	Lançamento horizontal.....	111
4.7	A lei de Hooke.....	116
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>121</b>
	<b>APÊNDICE A: DETERMINANDO A PERMISSIVIDADE ELÉTRICA DE MATERIAIS DIELÉTRICOS.....</b>	<b>122</b>
	<b>APÊNDICE B: LOCAL PARA AQUISIÇÃO DA MOLA.....</b>	<b>125</b>
	<b>APÊNDICE C: MÉTODOS DOS MÍNIMOS MÚLTIPLOS QUADRADOS.....</b>	<b>126</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Hoje, percebe-se claramente que parte dos estudantes tem aversão à disciplina de Física. Pode contribuir para isso o fato das aulas serem, na maioria das vezes, expositivas e com raríssimas atividades experimentais. No entanto, professores alegam que os laboratórios são precários e com ausência de materiais para desenvolverem as atividades. Outros professores culpam ainda suas formações acadêmicas, pois não é raro encontrar professores formados em outras áreas ministrando aulas em Física.

Sabemos que a maioria das escolas não dispõe de salas de vídeo, bibliotecas e nem recursos para a obtenção de kits experimentais. Não cabe a nós professores sanar essas dificuldades, pois é de responsabilidade dos órgãos competentes fornecerem o mínimo de qualidade para os nossos jovens. O que nos compete é trabalharmos para que nossos estudantes adquiram aprendizagens significativas.

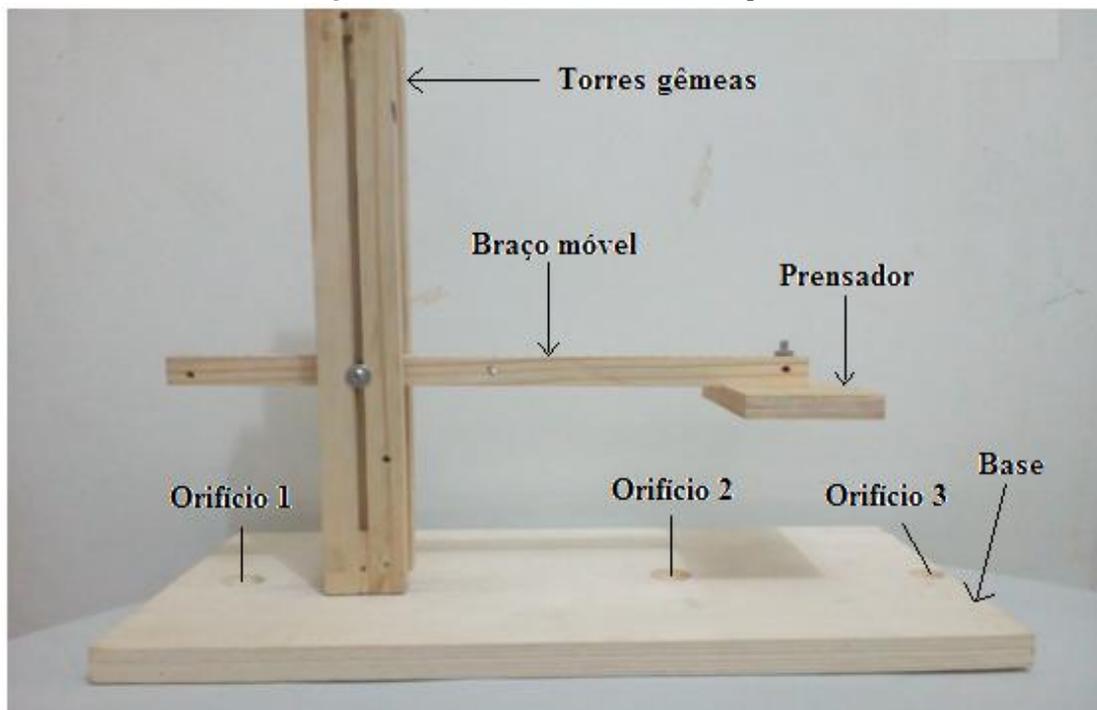
O que se observa também é que, quando a escola dispõe do laboratório (espaço físico), não dispõe dos materiais para realizarem as atividades experimentais. Quando dispõe dos materiais, não dispõe do laboratório, e quando possui ambos, muitas vezes os professores não os utilizam de forma adequada com os seus estudantes, sendo esta uma triste realidade.

O que estamos propondo neste produto educacional é a possibilidade de fazer muito com pouco, ou seja, desenvolver atividades experimentais que não precisam do laboratório, atividades que podem ser realizadas em qualquer ambiente escolar. Então, façamos laboratório com materiais de baixo custo e deixemos as aulas mais atrativas e despertemos em nossos estudantes o prazer em estudar e aprender Física.

## 2 COMPOSIÇÃO E CONSTRUÇÃO DO KIT MULTIFUNCIONAL

O kit multifuncional é confeccionado todo em madeira, e com poucas peças, além de alguns parafusos com arruelas e porcas borboletas (ver figura 2.1).

**Figura 2.1** – O kit multifuncional e suas partes.



**Fonte** – O Autor, 2017

A seguir, tem-se a descrição de cada peça:

- A **base** é confeccionada com compensado de virola<sup>3</sup> com as seguintes dimensões: 2 cm x 25 cm x 50 cm. Na imagem, a base apresenta três orifícios que foram realizados com brocas chatas de 22 mm (orifícios 1 e 2) e 19 mm (orifício 3). Os orifícios 1 e 2 estão a uma distância um do outro de aproximadamente 28 cm, e seus diâmetros são de aproximadamente 2,5 cm, esses orifícios são necessários para demonstrar o fenômeno da indução eletromagnética. Já orifício 3, como se observa na imagem, está localizado na extremidade direita da base, e seu diâmetro é de aproximadamente 2 cm e servirá para fixação de toco de madeira para lançamento horizontais de corpos.

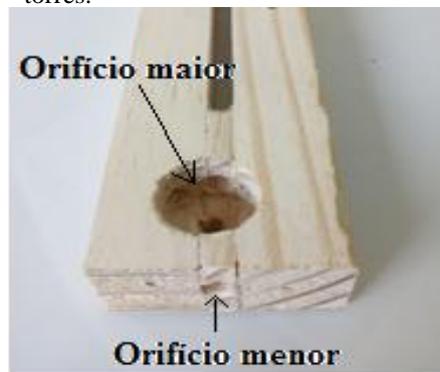
- O **prensador** também é confeccionado com o mesmo material da base, e possui as seguintes dimensões: 1,5 cm x 8 cm x 15 cm. Ele possui um furo no seu centro, por onde um

<sup>3</sup>Compensado de virola: é uma madeira branca de baixa densidade muito valorizada pela indústria de compensados. É utilizada, principalmente, em estrutura interna de móveis. Há ocorrência de outras espécies de virola na região Amazônica. No entanto, a surinamensis é a que melhor se presta para a indústria de compensados.

parafuso com arruela e porca borboleta de 2 polegadas e diâmetro de 3/16" fixa o prensador. Sua função é prensar o papel em forma de sanfona e feixes de macarrões.

- As **torres gêmeas** são confeccionadas com madeira de pinho ou compensado de virola e apresenta as seguintes dimensões: 2 cm x 4,5 cm x 40 cm. Detalhes são visíveis na figura 1 como, por exemplo, uma fenda de 0,5 cm de largura por 32,5 cm de altura, e um furo que está localizado a 2 cm da extremidade superior próximo à fenda (vista lateral). Outros detalhes não visíveis situado na extremidade inferior das torres gêmeas são mostrados na figura 2.2.

**Figura 2.2** - Vista interna da extremidade inferior de uma das torres.



Fonte – O Autor, 2017

O orifício maior foi feito com uma broca chata (19 mm) e o menor com uma broca (5 mm) para que as torres possam ser fixadas na base e retiradas da mesma de acordo com a conveniência. As torres gêmeas devem ser fixas a uma distância de 2,5 cm uma da outra.

- O **braço móvel** é confeccionado também com madeira de pinho ou compensado de virola e apresenta as seguintes dimensões: 2 cm x 2 cm x 40 cm, e sua fixação nas torres gêmeas se dá com o uso de um parafuso, com arruela e porca borboleta, de 3 polegadas e diâmetro 3/16". Observam-se na figura que o braço móvel possui vários furos: quatro na horizontal e dois na vertical. Sendo que a aproximadamente 1,5 cm de distância das extremidades temos furos na horizontal e vertical vazando o braço. Um outro furo no centro de massa do braço móvel, e a 8 cm do centro, porém, pelo lado esquerdo, o quarto furo. Ele é parte imprescindível do *kit* multifuncional, pois está presente em todos os experimentos.

### 3 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

<b>Materiais</b>	
1 – <i>Kit</i> multifuncional	24 – Duas esferas (bolinhas de gude ou de ferro de mesma massa).
2 – Folhas de papel A4	25 – Peçaço de linha ou fio dental.
3 – Uma balança digital	26 – Uma bexiga de festa.
4 – Um pote de sorvete ou dois tijolos	27 – Um papel carbono
5 – Garrafa pet de 2 ou 3 litros	28 – Mola pequena de aproximadamente 2 cm de comprimento.
6 – Água	29 – Cinco pequenos corpos (porcas, parafusos, arruelas e etc) de massas diferentes
7 – Um pacote de macarrão fino tipo espaguete	30 – Um gancho (tipo anzol)
8 – Um estilete	31 – Um pedaço de barbante de 1 m de comprimento.
9 – Uma fita veda rosca	32 – Uma calculadora.
10 – Um balde plástico	33 – Um capacímetro digital <i>Hikari</i> HCP-100*
11 – Régua	34 – Óleo mineral puro ADV *
12 – Dois ímãs circulares (alto falante)	35 – Uma placa de acrílico de 20 cm x 32 cm *
13 – Liga de borracha	36 – Uma placa de vidro de 25 cm x 32 cm *
14 – 10 m de fio esmaltado	37 – Duas placas de aço inox de 22 cm x 20 cm *
15 – Um pedaço de cano de 100 mm de diâmetro e 50 mm de altura	38 – Uma fita dupla face macia *
16 – Duas molas de 15 cm de comprimento e aproximadamente 2 cm de diâmetro	
17 – Duas presilhas de náilon	
18 – Dois pedaços de cano de 3/4 cada um e com 9 cm de comprimento	
19 – Um multímetro digital ou analógico	
20 – Um paquímetro	
21 – Dois ganchos em forma de U, feitos de arame galvanizado 16.	
22 – Várias porcas de 3/4.	
23 – Transferidor.	

Os materiais que marcados com um asterisco (\*) são utilizados para a realização do experimento: Determinando a permissividade elétrica de materiais dielétricos, que está localizado no apêndice A deste produto educacional.

## 4 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DESENVOLVIDAS COM O KIT MULTIFUNCIONAL

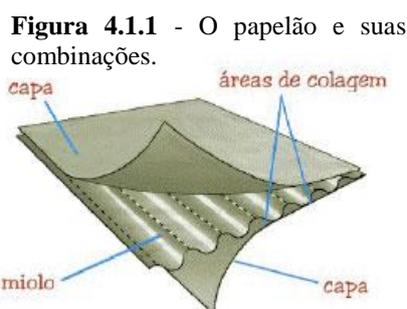
A seguir, são apresentadas as atividades que podem ser desenvolvidas com o kit multifuncional e, no apêndice A, encontra-se como sugestão a atividade: Determinando a permissividade elétrica de materiais dielétricos, essa atividade ficou como sugestão, pois, necessita de materiais de alto custo.

### 4.1 A resistência à compressão do papel a4 em forma de sanfona

Dobre uma folha de A4 ao meio. Agora, tente dobrar ao meio quantas vezes for possível. Repita o procedimento com duas folhas e depois com três folhas. Quantas dobras foram possíveis de obter?

Você já observou como é formado o papelão? Da próxima vez que se deparar com um, observe-o com mais detalhes.

As caixas de papelão são, na sua maioria, de papelão ondulado. Essas caixas tornaram-se uma das mais importantes e conhecidas embalagens nas últimas décadas. Resistentes, leves e de fácil obtenção. Diferente de outras caixas de papelão, a caixa de papelão ondulado é feita de várias combinações de papéis que compõem a capa e o miolo – papel-capas e papel-miolo<sup>4</sup>, veja a figura 4.1.1:

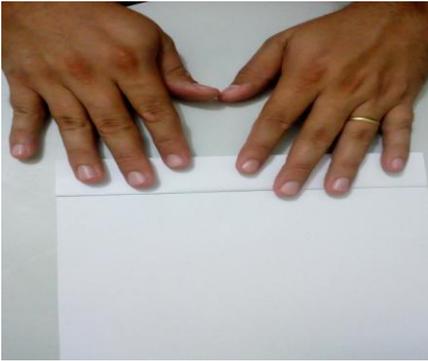


**Fonte** - <http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/papel/>, 2017

Vimos acima que o papelão ondulado é resistente. Será que ao dobrar o papel A4, em sanfona, numa determinada direção faz esse papel suportar mais ou menos carga? O que você acha? Faça as sanfonas conforme as figuras 4.1.2 e 4.1.3.

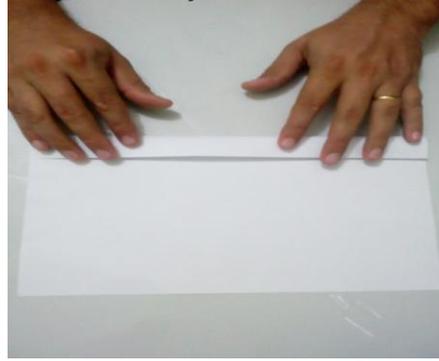
<sup>4</sup><http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/papel/>

**Figura 4.1.2** – Papel A4 sendo dobrado na direção longitudinal.



Fonte – O Autor, 2017

**Figura 4.1.3** – Papel A4 sendo dobrado na direção transversal.



Fonte – O Autor, 2017

Vamos fazer alguns testes para tentar responder à questão anterior?

- 1 – Recorte de uma folha de A4 uma tira de  $2 \times 15 \text{ cm}^5$  na direção longitudinal e outra de mesma medida na direção transversal. Agora, segure-as pelas pontas. O que você observa? A direção do corte do papel altera alguma coisa?
- 2 – Agora faça uma sanfona com 5 dobras, utilizando um quadrado de  $21 \text{ cm} \times 21 \text{ cm}$ , na direção longitudinal. Em seguida, faça outra sanfona com 5 dobras na direção transversal, com as mesmas dimensões utilizadas anteriormente. Coloque seu celular sobre as sanfonas. O que acontece? Agora, com outras folhas de A4, faça sanfonas com 7 dobras, mantendo sempre as dimensões citadas acima. O que aconteceu?

Organize suas conclusões na tabela abaixo:

Teste	Conclusão
1	
2	

Agora que você percebeu que existe uma direção de maior resistência à carga suportada pelo papel, vamos ratificar utilizando o kit multifuncional. Será que é possível obter uma relação matemática entre e o número de dobras com a carga suporta pela sanfona?

Para responder à questão anterior você vai precisar de alguns materiais:

- ✓ Kit multifuncional;
- ✓ Pote de sorvete ou dois tijolos;
- ✓ Folhas de papel ofício A4;
- ✓ Balança digital;

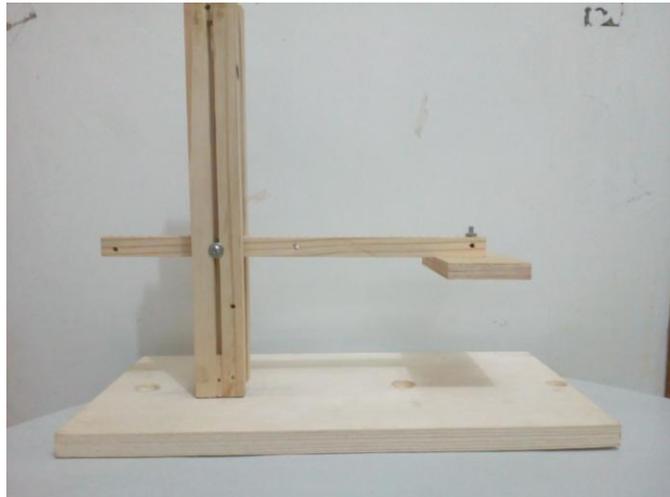
<sup>5</sup> VALADARES, E. C., 2002. p. 19

- ✓ Uma garrafa pet de 2 litros ou 3 litros;
- ✓ Água.

Como sugestão segue os procedimentos:

1 - Montar o kit multifuncional de acordo com a figura 4.1.4:

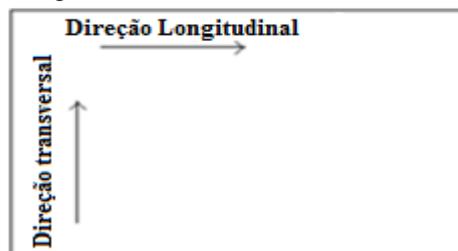
**Figura 4.1.4** - Kit multifuncional transformado em prensa.



Fonte – O Autor, 2017

2 – Moldar dois conjuntos de três folhas de ofício A4 justapostas em formato de sanfona, com cinco dobras de mesma largura, sendo o primeiro conjunto com dobras paralelas a direção longitudinal e o outro com dobras paralelas a direção transversal, ambos com as mesmas dimensões 21 cm x 21 cm (ver figuras 4.1.5, 4.1.6 e 4.1.7).

**Figura 4.1.5** – Papel A4 e sua direção longitudinal e transversal.



Fonte – O Autor, 2017

**Figura 4.1.6** – Papel A4 com dimensões 21 cm x 21 cm e com cinco dobras na direção transversal.



**Fonte** – O Autor, 2017

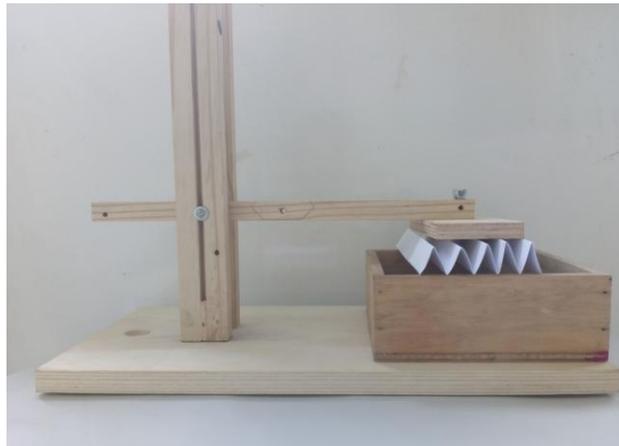
**Figura 4.1.7** – Papel A4 com dimensões 21 cm x 21 cm e com cinco dobras na direção longitudinal.



**Fonte** – O Autor, 2017

**3** - Colocar o primeiro conjunto sanfona (direção longitudinal) sob o braço móvel e sobre uma base de madeira, dois tijolos ou um pote de sorvete, apoiando-o na horizontal, para submetê-lo à ação da carga (ver figura 4.1.8).

**Figura 4.1.8** – *Kit* multifuncional com seu braço móvel sobre a sanfona com cinco dobras na direção longitudinal.



**Fonte** – O Autor, 2017

**4** - Colocar sobre o braço da prensa uma garrafa pet de 2 litros (ver figura 4.1.9).

**Figura 4.1.9** – *Kit* multifuncional pronto para prensar o papel.



**Fonte** – O Autor, 2017

**5** - Despejar vários copos de água na garrafa, até o momento em que o conjunto de papéis ceda (meça a massa do copo com água utilizando a balança);

**6** - Qual foi a carga máxima que o primeiro conjunto de papéis suportou? Anote na tabela 4.1.1. Lembrete: carga máxima (recipiente + água);

**7** - Repita os procedimentos de **3** até **5**, para o segundo conjunto de papéis e anote na tabela 4.1.1;

**Tabela 4.1.1** – Carga suportada pelas sanfonas com 5 dobras.

	<b>Carga suportada</b>
<b>Dobras na direção longitudinal</b>	
<b>Dobras na direção transversal</b>	

Fonte – O Autor, 2017

**8** - Qual conjunto de papéis suportou maior carga?

**9** - Repita o procedimento **2** com as folhas contendo 7 dobras, e, em seguida, os procedimentos de **3** até **5**. Anote na tabela 4.2.2;

**Tabela 4.1.2** – Carga suportada pelas sanfonas com 7 dobras.

	<b>Carga suportada</b>
<b>Dobras na direção longitudinal</b>	
<b>Dobras na direção transversal</b>	

Fonte – O Autor, 2017

**10** - Será que com mais dobras a carga suportada é maior?

**11** - Teste com mais dobras e veja o que acontece!

**12** - Trace um gráfico do número de dobras versus a carga suporta.

Você seria, agora, capaz de formular uma relação matemática entre a carga suportada pela sanfona, e o número de dobras?

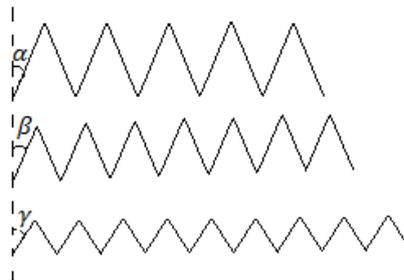
**Para quem desejar se aprofundar:**

Será que existe uma explicação microscópica para o que acabamos de estudar?

### Um pouco de Física...

Quando o papel é dobrado paralelamente ao sentido longitudinal, sua resistência à compressão é maior. Fazendo uma analogia, pode-se comparar o papel a uma esteira de palha. Esta se for apoiada horizontalmente em dois lados paralelos, só se firmará em um dos sentidos. Assim, aumentando-se o número de dobras, aumenta-se também a resistência do conjunto de papéis, mas outros fatores necessitam ser considerados. Um deles é a largura das dobras, pois diante da necessidade de aumentá-las, se faz necessário diminuir sua largura. Isso supostamente gera um aumento na resistência, pois além de aumentar o número de apoios, diminui a tendência à flambagem (entortamento devido à perda de resistência) devido à diminuição de sua extensão. No entanto, atinge-se um estágio em que o aumento do número de dobras já não satisfaz, pois o ângulo de inclinação entre os apoios e a direção vertical aumenta consideravelmente a ponto da estrutura não mais sustentar cargas consideráveis. Veja a figura 4.1.10:

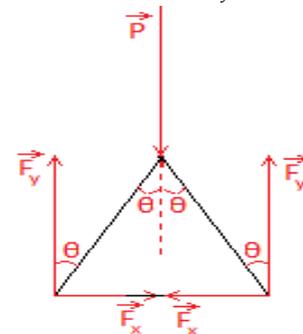
**Figura 4.1.10** – Vista lateral das dobras de vários conjuntos de papéis. Nota-se que  $\alpha < \beta < \gamma$ .



Fonte – O Autor, 2017

A figura 4.1.11, mostra uma dobra onde atua uma força  $\vec{P}$  equivalente a uma parcela da carga total. A ação desta força na dobra superior provoca uma reação nas outras extremidades inferiores, dada pelas componentes ortogonais  $\vec{F}_x$  e  $\vec{F}_y$ . Nessas condições, as reações  $\vec{F}_y$  em cada dobra inferior são suficientes para equilibrar a força  $\vec{P}$ .

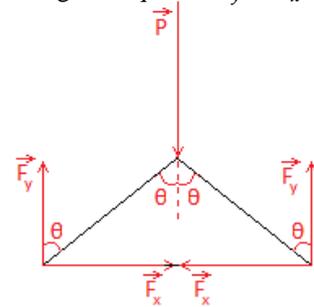
**Figura 4.1.11** – Reações ortogonais quando  $\vec{F}_y > \vec{F}_x$ .



Fonte – O Autor, 2017

Portanto, se o número de dobras aumenta consideravelmente, aumenta-se também o ângulo  $\theta$ , conforme a figura 4.1.12. Como  $\vec{F}_y$  depende diretamente do  $\cos \theta$ , quanto maior for o ângulo  $\theta$ , menor será  $\vec{F}_y$ , até um estágio em que esta componente não mais é suficiente para equilibrar a força  $\vec{P}$ .

**Figura 4.1.12** – Reações ortogonais quando  $\vec{F}_y < \vec{F}_x$ .



**Fonte** – O Autor, 2017

Esta breve discussão física sobre a resistência do papel A4 em forma de sanfona pode ser abordado no 1º ano do ensino médio, haja vista, que os estudantes já estudaram vetores e quando vêem a estática do corpo rígido, esse experimento se torna uma aplicação.

## 4.2 A resistência axial de um feixe de macarrão

Nos cursos de Engenharia e Arquitetura uma das disciplinas que os estudantes de graduação estudam é a de Resistência dos materiais, onde, segundo (Hibbeler, 2004) é o ramo da mecânica que estuda as relações entre cargas externas aplicadas em um determinado corpo deformável e a intensidade das forças internas resultantes. De forma análoga, utilizando um simples experimento, um feixe de macarrões será comprimido de forma axial, assim como, os engenheiros comprimem colunas de concreto, ferro e etc. Na figura 4.2.1, a seguir, tem-se um cilindro de concreto sendo prensado, para obtenção de sua resistência.

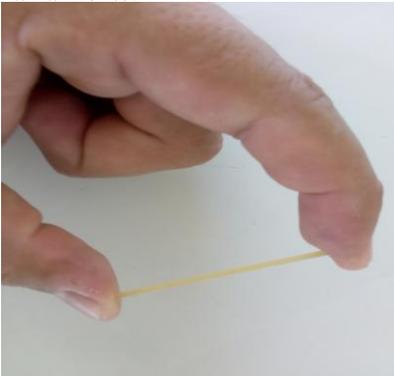
**Figura 4.2.1** - Cilindro de concreto sofrendo compressão.



Fonte - <http://civilespro.blogspot.com.br/>, 2017

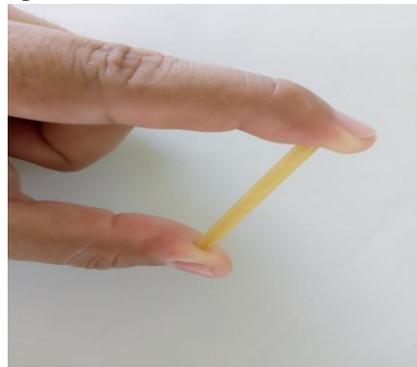
Você deve ter percebido que um feixe de macarrões é fácil de ser quebrado quando o forçamos lateralmente, porém, já pensou nisso, quando o forçamos de forma axial? Ver figuras 4.2.2 e 4.2.3.

**Figura 3.2.2** – Um fio de macarrão de 5 cm sendo prensado axialmente.



Fonte – O Autor, 2017

**Figura 3.2.3** – Um feixe com 4 macarrões de 5 cm cada, sendo prensados axialmente.



Fonte – O Autor, 2017

Para responder à questão anterior, vamos colocar literalmente a mão na massa?

1 - Corte um fio de macarrão de 5 cm de comprimento. Agora, corte um fio com 7 cm, em seguida, outro com 10 cm. Pressione os fios entre seu dedo indicador e polegar. O que você observa?

2 – Corte e faça feixes de macarrões com 3, 5 e 7 fios com os seguintes comprimentos: 5 cm, 7 cm e 10 cm, respectivamente. Agora pressione entre seu dedo indicador e polegar. O que você percebe?

3 – Será que tanto tamanho quanto a quantidade de fios que constitui o feixe tem alguma influência?

Escreva agora suas conclusões na tabela abaixo:

**Tabela 4.2.1** – Registro das conclusões obtidas pelos estudantes aos questionamentos iniciais.

Questão	Conclusão
1	
2	
3	

Fonte – O Autor, 2017

Será que existe uma relação matemática que relacione a carga máxima com o tamanho e a quantidade de fios que constitui o feixe?

Para responder à questão anterior você vai precisar de alguns materiais:

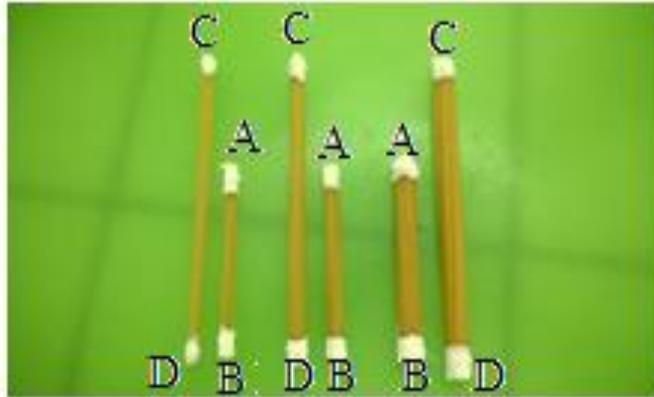
- ✓ Kit multifuncional;
- ✓ Um pacote de macarrão fino tipo espaguete;
- ✓ Um estilete;
- ✓ Uma fita veda-rosca;
- ✓ Uma balança digital;
- ✓ Um balde de plástico;
- ✓ Um metro de barbante;
- ✓ Uma régua;
- ✓ Água.

Como sugestão segue alguns procedimentos:

1 - Cortar com o estilete diversos fios de macarrão em dois comprimentos diferentes: 5 cm (AB) e 10 cm (CD) (ver figura 4.2.4).

2 - Fixar as extremidades dos macarrões com a fita veda rosca, formando feixes com 5, 10 e 20 macarrões, para os dois tamanhos citados anteriormente;

**Figura 4.2.4** - Amostra de cada tipo de feixe de macarrão.



Fonte – O Autor, 2017

3 - Posicionar o feixe AB com cinco macarrões perpendicularmente entre a base do kit multifuncional e o braço móvel (ver figura 4.2.5);

4- Amarrar o barbante no balde e pendure-o no braço móvel, em seguida, adicione água até o instante de ruptura do feixe (ver figura 4.2.5);

5 - Medir a massa do conjunto balde + água utilizando a balança digital e registrar na tabela 4.2.2;

6 - Repetir os procedimentos 3 até 5 para o mesmo feixe mais duas vezes e registre na tabela 4.2.2;

7 - Repetir os procedimentos 3 até 6 para os feixes AB com 10 e 20 macarrões;

**Figura 4.2.5** - Teste de compressão do feixe de macarrões.



Fonte – O Autor, 2017

**8** - Repetir os procedimentos 3 até 6 para os feixes CD com 5, 10 e 20 macarrões, registrando na tabela 4.2.3;

**Tabela 4.2.2** – Testes com macarrões de 5 cm de comprimento.

Número de fios de macarrões	Testes	Carga suportada
5 macarrões	1°	
	2°	
	3°	
	<b>Média</b>	
10 macarrões	1°	
	2°	
	3°	
	<b>Média</b>	
20 macarrões	1°	
	2°	
	3°	
	<b>Média</b>	

Fonte – O Autor, 2017

**Tabela 4.2.3** – Testes com macarrões de 10 cm de comprimento.

Número de fios de macarrões	Testes	Carga suportada
5 macarrões	1°	
	2°	
	3°	
	<b>Média</b>	
10 macarrões	1°	
	2°	
	3°	
	<b>Média</b>	
20 macarrões	1°	
	2°	
	3°	
	<b>Média</b>	

Fonte – O Autor, 2017

**9** – Será que sua conclusão ao questionamento 3 no início deste experimento estava correta?

**10** - Traçar um gráfico da carga máxima média (kg) e o número de macarrões;

**11** - Será possível a partir do gráfico, obter uma relação matemática?

**Para quem desejar se aprofundar:**

Será que existe algum tipo de estudo no meio acadêmico, para o que acabamos de realizar?

### Um pouco de Física...

Em todas as construções, as peças componentes da estrutura devem ter geometria adequada e definida para resistirem às ações (forças existentes e peso próprio ou prováveis, como a ação do vento) impostas sobre elas. Desta maneira, as paredes de um reservatório de pressão têm resistência apropriada para suportar a pressão interna; um pilar de um edifício tem resistência para suportar as cargas das vigas; uma asa de avião deve suportar com segurança as cargas aerodinâmicas que aparecem durante o voo ou a decolagem. Se o material não resistir às ações, atingirá um Estado Limite Último por Ruptura<sup>6</sup>.

Defini-se como tensão  $T$  de compressão a relação entre a força  $F$  de compressão e a área  $S$  de seção transversal do corpo de prova.

$$T = \frac{F}{S}$$

Quando o corpo de prova é submetido ao ensaio (compressão), dependendo de sua composição, ele sofrerá uma compressão plástica ou elástica. A deformação plástica ocorre quando o corpo, após a ação da força de compressão, não retoma suas dimensões iniciais, permanecendo deformado. Caso retome as mesmas dimensões do início da compressão, esta é dita elástica.

Em compressões axiais, dependendo da elasticidade, é comum se observar a flambagem, fenômeno de entortamento em forma de arco do tronco do corpo antes de sua ruptura, que se dá quando a carga crítica  $P_{CC}$  é atingida. Pela fórmula de Euler para a flambagem, a carga crítica depende inversamente do quadrado do comprimento de flambagem  $L_f$  do corpo:

$$P_{CC} = \frac{\pi^2 E I}{L_f^2}$$

onde  $E$  é o módulo de elasticidade longitudinal e  $I$  o momento de inércia.

No estudo da resistência axial de um feixe de macarrões pode ser discutido com os estudantes o conceito de pressão, visto que, no 1º ano do ensino médio, é abordado dentro do estudo da hidrostática.

---

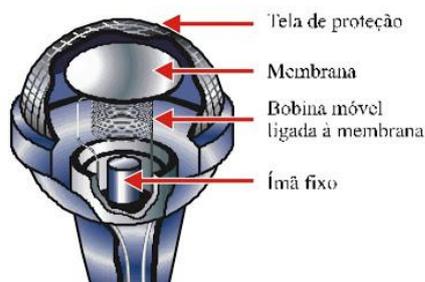
<sup>6</sup> <http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/flambagemdebarras.pdf>

### 4.3 A indução eletromagnética

A unificação experimental entre eletricidade e o magnetismo só ocorreu em 1820, pois até então, eram duas ramificações distintas da Física.

Pois bem, somente por volta de 1820, Hans Christian Orsted, verificou que corrente elétrica gerava campo magnético, e o fenômeno inverso, chamado de indução eletromagnética, foi verificado por Michael Faraday dez anos mais tarde. Hoje nossa produção de energia elétrica está baseada na indução eletromagnética, sejam nas hidrelétricas, termelétricas, usinas nucleares e etc. O fenômeno da indução eletromagnética, também explica o funcionamento de aparelhos e dispositivos de uso comum em nosso dia a dia, como por exemplo, os microfones de indução, os alto-falantes, os gravadores de áudio e de vídeo, os detectores de metais e as máquinas leitoras de cartões magnéticos. A figura 4.3.1, a seguir, mostra um microfone de indução.

**Figura 4.3.1** - Microfone de indução.



**Fonte**  
[http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2010/11/cursos-do-blog\\_23.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2010/11/cursos-do-blog_23.html), 2017

Então, será que movimentando um ímã próximo a um enrolamento de fio (bobina) irá gerar uma tensão induzida ( $\epsilon_{ind.}$ )?

Para responder à questão anterior, sugerimos alguns materiais:

- ✓ Kit multifuncional;
- ✓ Dois ímãs circulares de alto falante;
- ✓ Ligas de borracha;
- ✓ Fio esmaltado;
- ✓ Cano com 50 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro ou parte de uma garrafa pet de 2 litros;

- ✓ Duas molas de 15 cm de comprimento e aproximadamente 2 cm de diâmetro (para adquirir a mola, ver apêndice B, pág.117) ;
- ✓ Duas presilhas de náilon;
- ✓ Dois pedaços de cano de diâmetro  $\frac{3}{4}$  , cada um e, com 9 cm de comprimento;
- ✓ Multímetro digital ou analógico.

Como sugestão segue alguns procedimentos:

**1** - Confeccionar uma bobina, utilizando fio esmaltado e um pedaço de cano de 100 mm; enrole o fio esmaltado no pedaço de cano de modo a obter a bobina (os enrolamentos devem ser justapostos), porém, deixe duas extremidades, sem o esmalte, para conectar o multímetro (ver figura 4.3.2);

**Figura 4.3.2** – Bobina confeccionada.

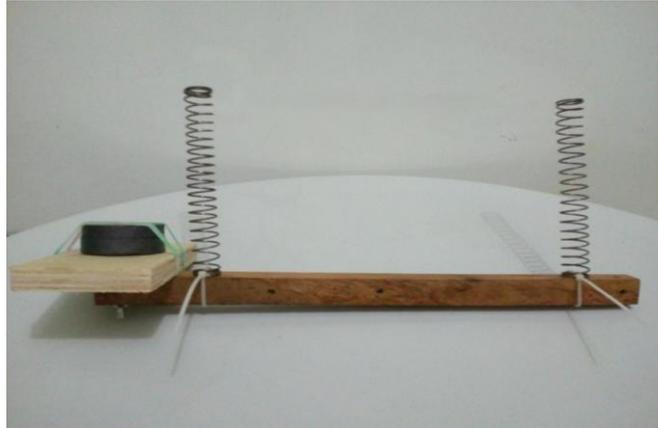


**Fonte** – O Autor, 2017

**2** – Prender no braço móvel o prensador, utilizando um parafuso de 2 polegadas e diâmetro  $\frac{3}{16}$ ” e uma porca borboleta (ver figura 4.3.3);

**3** - Fixar ainda no braço móvel as duas molas utilizando as presilhas de náilon; e os ímãs, utilizando as ligas de borracha (ver figura 4.3.3);

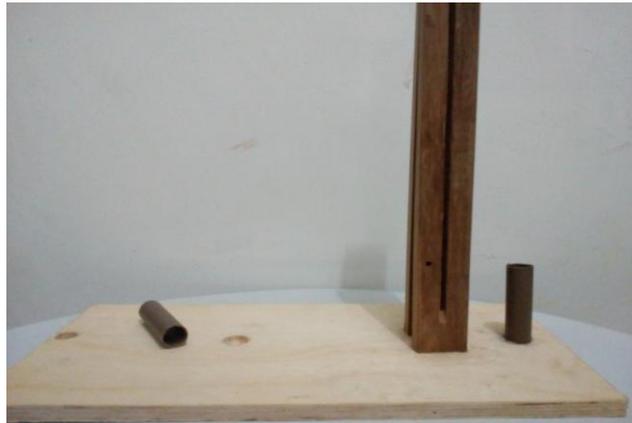
**Figura 4.3.3** – Braço móvel com os ímãs, o prensador e as molas.



Fonte – O Autor, 2017

4 – Encaixar na base, os pedaços de cano de  $\frac{3}{4}$  nos orifícios 1 e 2 de acordo com a figura 1 do capítulo 2, (ver figura 4.3.4);

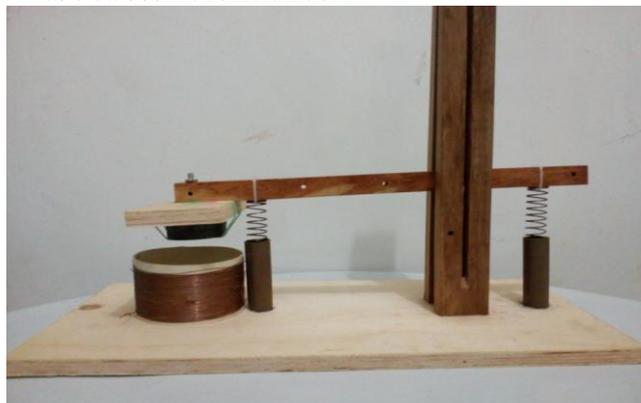
**Figura 4.3.4** – Base, torres gêmeas e os pedaços de cano  $\frac{3}{4}$ .



Fonte – O Autor, 2017

5 - Apoiar o braço móvel sobre as duas molas, de modo que o mesmo permaneça na horizontal e que o centro do ímã fique alinhado com o centro da bobina (ver figura 4.3.5);

**Figura 4.3.5** - Braço móvel sobre molas e os centros dos ímãs e da bobina coincidindo.



Fonte – O Autor, 2017

- 6 - Conectar a bobina no multímetro;
- 7 - Colocar o multímetro na escala de 200 mV de tensão contínua (ver figura 4.3.6);

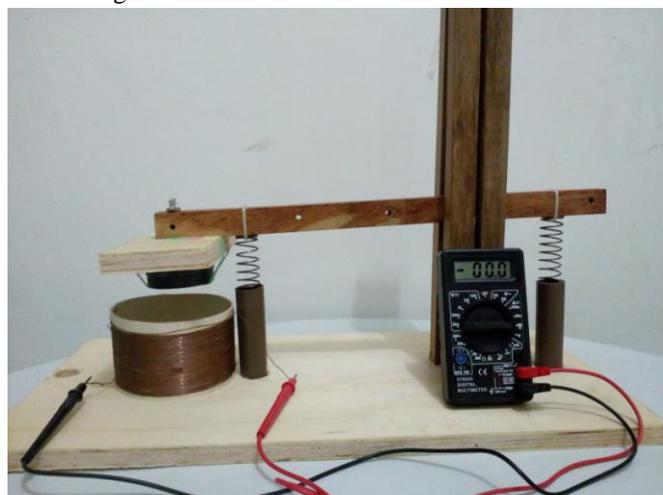
**Figura 4.3.6** – Multímetro na escala de tensão contínua de 200 mV.



Fonte – O Autor, 2017

- 8 - Movimentar o braço móvel para baixo e para cima (movimento oscilatório) de forma que o ímã se aproxime e se afaste da bobina (ver figura 3.3.7);

**Figura 3.3.7** – Kit multifuncional montado para a indução eletromagnética.



Fonte – O Autor, 2017

- 9 - O movimento de aproximação e afastamento do ímã em relação à bobina gerou uma tensão induzida ( $\epsilon_{ind.}$ )?
- 10 - A resposta do item anterior está de acordo com que você respondeu no início desse experimento?

O que você acabou de realizar com esse experimento em pequena escala foi gerar energia, como nas hidrelétricas, termelétricas, usinas nucleares, nas usinas eólicas e etc

### Um pouco de Física...

No início do século XIX, os únicos dispositivos capazes de gerar corrente eram as células voltaicas, que produziam pequenas correntes através da dissolução de metais em ácido. Em 1820, Oersted descobriu que corrente elétrica circulando num fio produzia o magnetismo. Assim, nasce a seguinte questão: será que é possível gerar eletricidade a partir do magnetismo? A resposta a essa pergunta se deu em 1831, por dois físicos, Michael Faraday, na Inglaterra, e Joseph Henry, nos Estados Unidos. Ambos trabalhavam sem o conhecimento do trabalho do outro. Essas descobertas mudaram o mundo.

Todos os fenômenos de indução magnética podem ser descritos por uma única equação, conhecida como lei de Faraday, que relaciona a tensão induzida em um circuito à variação do fluxo que atravessa o circuito.

O fluxo magnético é definido pelo número de linhas de campo magnético que atravessam uma superfície, ou seja, quanto mais linhas atravessam a superfície, maior será o fluxo magnético.

A lei de Faraday estabelece que:

A tensão induzida em uma bobina é proporcional ao produto do número de espiras pela taxa com a qual o campo magnético varia no interior das espiras.

Matematicamente:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Onde:

$\varepsilon \rightarrow$  tensão induzida;  $N \rightarrow$  número de espiras e  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow$  taxa de variação do campo magnético.

O sinal negativo na lei de Faraday tem a ver com a polaridade da tensão induzida, que pode ser determinada a partir da lei de Lenz:

Tensões induzidas e correntes induzidas sempre se opõem às variações de campos magnéticos que as produziram.

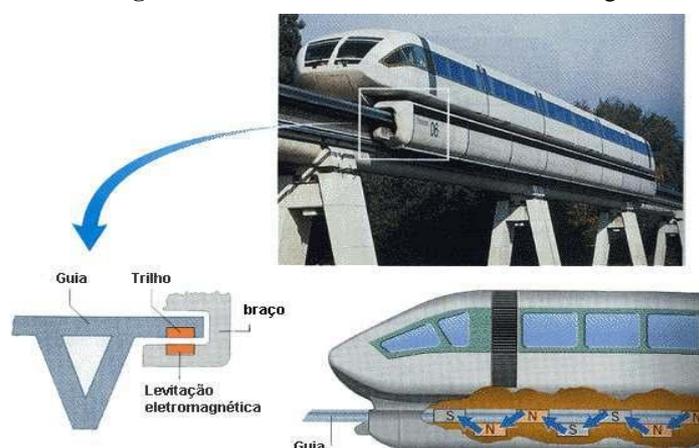
O estudo da indução eletromagnético é visto pelos estudantes do 3º ano do ensino médio, porém, tal experimento não se restringe somente a esses estudantes, podendo ser realizado com estudantes do 1º e 2º anos.

#### 4.4 O peso aparente de um ímã

Aproxime um ímã do motor de um liquidificador em funcionamento, o que acontece?

Você sabia que o termo magnetismo provém da região da Magnésia, uma província da Grécia? Lá, certas rochas (pedra ímã), chamadas de magnetitas, possuem a propriedade surpreendente de atrair pedaços de ferro. Os ímãs foram primeiros empregados em bússolas e usados pelos chineses no século doze<sup>7</sup>. Hoje o ímã possui diversas aplicações, que serve desde pregar um recado na porta da geladeira até em equipamentos de ressonância magnética. A figura 4.4.1, a seguir, mostra os ímãs e eletroímãs sendo utilizados no desenvolvimento dos trens maglev.

**Figura 3.4.1** – Ímãs e eletroímãs nos trens maglev.



**Fonte**

<http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/levitacao.html>, 2017

Vamos agora, realizar alguns testes com ímãs:

- 1 - Aproxime as duas faces de dois ímãs sem deixá-los que se toquem. O que você percebe?
- 2 - Agora, mude a face de um dos ímãs, sem deixá-los que se toquem. O que acontece?
- 3 - As forças que aparecem entre os ímãs são forças de contato ou sem contato?
- 4 - Será que o ímã gera algo em seu entorno?

Escreva agora suas conclusões na tabela abaixo:

<sup>7</sup>Hewitt, Paul G. **Física Conceitual** / Paul G. Hewitt; trad. Trieste Ricci e Maria Helena Gravina. – 9ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2002.

**Tabela 4.4.1** - Para registro das conclusões obtidas pelos estudantes aos questionamentos iniciais.

Questão	Conclusão
1	
2	
3	
4	

Fonte – O Autor, 2017

Será que é possível através da massa aparente de um ímã, determinar a força magnética de repulsão/atração entre dois ímãs?

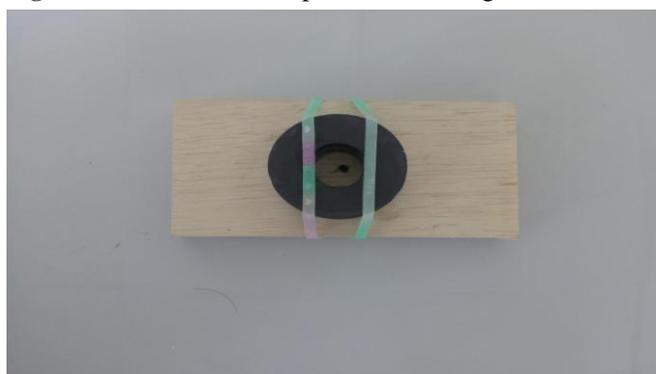
Para responder à questão anterior, utilizaremos alguns materiais:

- ✓ Kit multifuncional;
- ✓ Dois ímãs circulares de alto falante;
- ✓ Balança;
- ✓ Paquímetro;
- ✓ Ligas de borracha.

Como sugestão segue alguns procedimentos:

**1** - Fixar um ímã no prensador utilizando as ligas de borrachas (ver figura 4.4.2);

**Figura 4.4.2** – Ímã fixo no prensador com liga de borrachas.



Fonte – O Autor, 2017

**2** – Fixar o prensador, no braço móvel, usando um parafuso de 2 polegadas, diâmetro 3/16” e uma porca borboleta (ver figura 4.4.3);

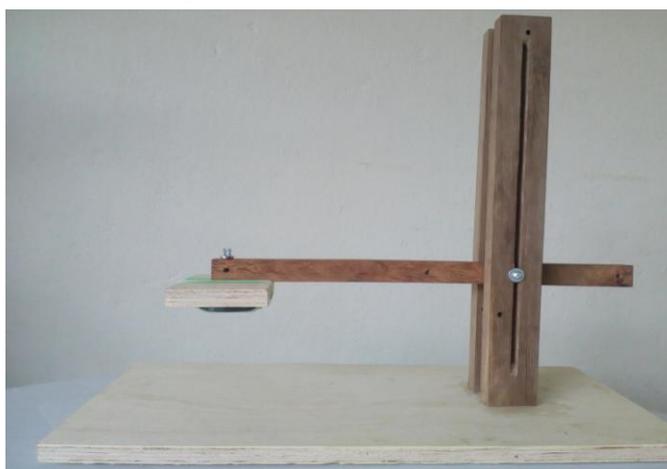
**Figura 4.4.3** - Braço móvel, prensador e o ímã.



Fonte – O Autor, 2017

**3** - Fixar o braço móvel nas torres gêmeas utilizando um parafuso de três polegadas e diâmetro 3/16''(ver figura 4.4.4);

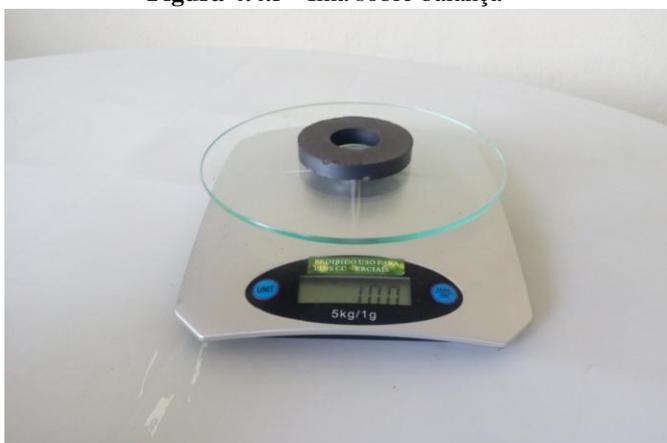
**Figura 4.4.4** – *Kit* multifuncional.



Fonte – O Autor, 2017

**4** - Colocar o outro ímã sobre a balança e anote sua massa na tabela 4.4.2 (ver figura 4.4.5);

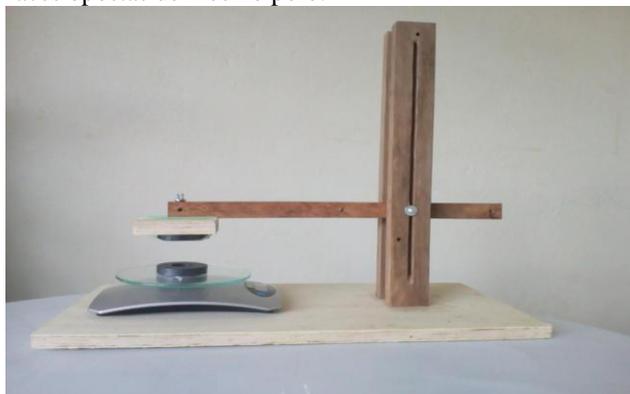
**Figura 4.4.5** - Ímã sobre balança



Fonte – O Autor, 2017

**5** - Alinhar os dois ímãs longitudinalmente de forma que as faces frontais sejam de mesmo polo, para que ocorra a repulsão (ver figura 4.4.6);

**Figura 4.4.6** - Ímãs colocados longitudinalmente com as faces opostas de mesmo polo.



**Fonte** – O Autor, 2017

**6** - Medir com o paquímetro a distância entre os ímãs, anotando na tabela 4.4.2, assim como a nova leitura da balança;

**7** - Repetir o item anterior, variando a altura do ímã que está fixo ao braço em relação ao ímã que se encontra na balança;

**8** - Calcular o peso aparente do ímã que se encontra sobre a balança, usando  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , e anote na tabela 4.4.2;

**Tabela 4.4.2** - Massa aparente, peso aparente e distância entre os ímãs.

	<b>Massa aparente (kg)</b>	<b>Peso aparente (N)</b>	<b>Distância entre os ímãs (cm)</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

**Fonte** – O Autor, 2017

**9** - Representar, através de um diagrama, as forças que atuam no ímã que está sobre a balança, nos casos de atração e repulsão entre os ímãs;

**10** - Expressar a força magnética entre os ímãs nos casos citados acima;

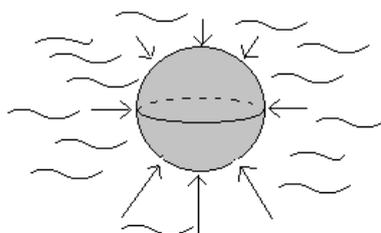
**11** - Traçar um gráfico do peso aparente entre os ímãs em função da distância entre os mesmos (use um software livre ou o Excel);

12 - Quais informações podem ser extraídas do gráfico obtido?

### Um pouco de Física...

As crianças e até mesmo os adultos, quando estão numa praia ou piscina, já tentaram empurrar uma bola para dentro da água, porém percebem que “algo” a empurra para cima, ou até mesmo carregar outra pessoa nos braços dentro da água a torna mais “leve” do que fora dela, mas porque isso acontece? A razão é que, a água exerce sobre os corpos uma força para cima, oposta a força peso. Esta força direcionada para cima é chamada de empuxo e é uma consequência do incremento da pressão com a profundidade. Ver figura 4.4.7:

**Figura 4.4.7** – Pressão sob o corpo submerso é maior no fundo, resultando numa força dirigida para cima.



Fonte – O Autor, 2017

Na figura apresentada, as componentes horizontais das forças se anulam, enquanto que as componentes verticais das forças não se anulam, o que produz uma força resultante dirigida para cima (o empuxo).

Essa situação física apresentada é semelhante ao sistema que está ilustrado na figura 4.4.6, porque o ímã sobre a balança ficará sujeito a uma força resultante para cima que será tanto maior, quanto mais próximos estiverem os ímãs de polos iguais e tanto menor, se os polos forem opostos, ou seja, nesta situação física o “empuxo” tornará o peso aparente do ímã maior ou menor dependendo de seus polos.

O estudo do empuxo e peso aparente é visto pelos estudantes do 1º ano do ensino médio, porém, o experimento: o peso aparente de um ímã não se restringe a estudantes do 3º ano, podendo ser realizado com estudantes do 1º e 2º anos.

## 4.5 O momento de uma força (torque)

### *O que é o torque?*

O torque tende a fazer girar ou a alterar o estado de rotação dos objetos. Quando você, abri ou fecha uma porta com dobradiças, folga ou aperta uma porca com uma chave de boca, está aplicando um torque.

Vamos fazer o seguinte teste: segure um cabo de vassoura na horizontal por uma de suas extremidades e coloque em qualquer ponto próximo a sua mão uma garrafa pet com um litro de água, o que você percebe? Agora, deslize a garrafa para longe de sua mão, o que você percebe? As figuras 4.5.1 e 4.5.2 ilustram o teste proposto.

**Figura 4.5.1** – Garrafa pet com água próxima a mão.



Fonte – O Autor, 2017

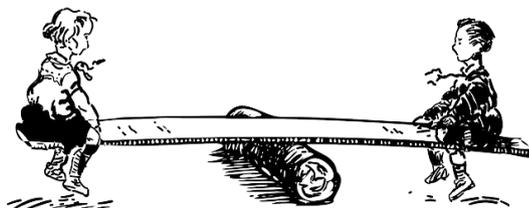
**Figura 4.5.2** – Garrafa pet com água longe da mão.



Fonte – O Autor, 2017

As crianças brincam de gangorra, mesmo suas massas sendo diferentes, e, no entanto, conseguem se equilibrar. Ver figura 4.5.3:

**Figura 4.5.3** – Crianças em equilíbrio numa gangorra improvisada.



Fonte - <https://pixabay.com/pt/gangorra-parque-infantil-crian%C3%A7as-148268/>, 2017

Entretanto, elas aprendem (empiricamente) que a distância entre o lugar onde sentam e o ponto de rotação, é o que as manterá em equilíbrio.

Será que é possível a partir de uma simples “gangorra” de determinar o momento de uma força (torque) e obter o seu equilíbrio?

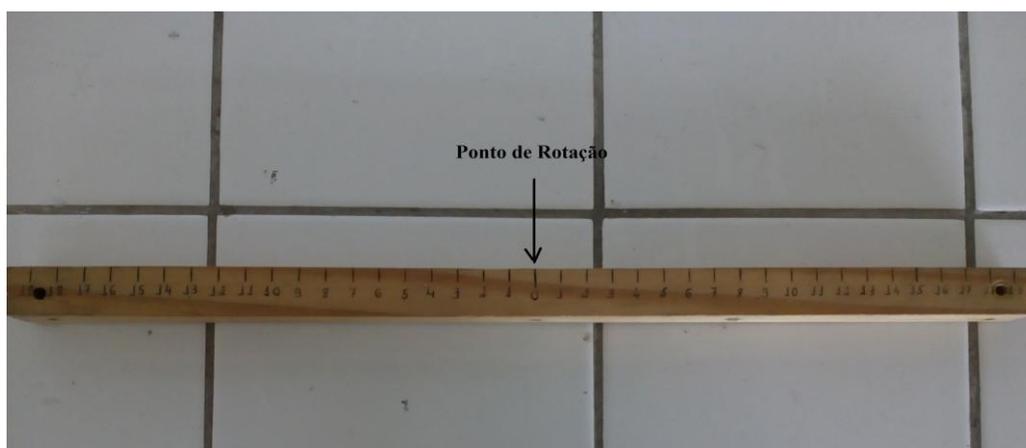
Para responder a questão anterior, utilizaremos alguns materiais:

- ✓ Kit multifuncional;
- ✓ Dois ganchos em forma de U;
- ✓ Régua;
- ✓ Porcas 3/4;
- ✓ Balança digital.

Como sugestão segue alguns procedimentos:

1 - Gravar no braço móvel uma escala em centímetros, utilizando uma régua, de forma que o ponto de rotação seja o zero (0), ver figura 4.5.4:

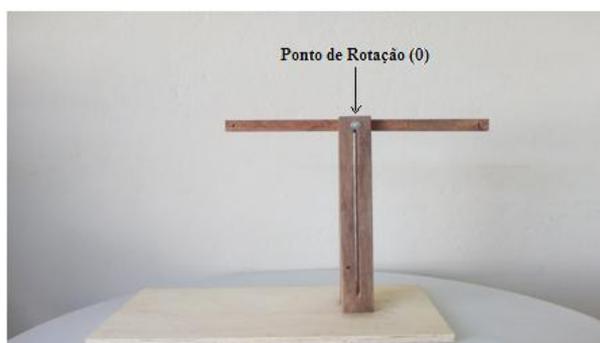
**Figura 4.5.4** – Braço móvel graduado em centímetros.



Fonte – O Autor, 2017

2 – Fixar o braço móvel pelo seu centro de massa, para obter uma gangorra. Para isso utilize, um parafuso de 3 polegadas, diâmetro de 3/16”, e uma porca borboleta, como na figura 4.5.5;

**Figura 4.5.5** – Braço móvel em forma de gangorra.



Fonte – O Autor, 2017

**3** – Pendurar dois ganchos em forma de U, confeccionados com arame galvanizado 16 e nos ganchos pendure diferentes massas de forma a mantê-lo em equilíbrio (lembre-se que o equilíbrio dar-se-á somente através do ajuste da posição dos ganchos no braço – veja figura 4.5.6);

**Figura 4.5.6** - Gangorra em equilíbrio.



Fonte – O Autor, 2017

**4** - Anotar os valores das massas e das respectivas distâncias que elas se encontram do ponto de rotação na tabela 4.5.1;

**5** - Calcular os pesos (use  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ) e os torques provocados por cada força peso ( $\tau = Pd$ ), anote na tabela 4.5.1 e verifique as condições do equilíbrio;

**Tabela 4.5.1** – Massas e pesos dos corpos, distância ao ponto de rotação e o torque.

$m_1$ (kg)	$m_2$ (kg)	$P_1$ (N)	$d_1$ (m)	$P_2$ (N)	$d_2$ (m)	$\tau_1$ (Nm)	$\tau_2$ (Nm)

Fonte – O Autor, 2017

**6** - Representar, através de um diagrama de forças, a situação de equilíbrio, verificado anteriormente;

Será que é possível encontrar outras situações de equilíbrio como na figura 4.5.6?

### Um pouco de Física...

O *slackline* é um esporte praticado por um número crescente de pessoas, e consiste em se manter equilibrado sobre uma fita estreita e flexível, a uma altura de 30 cm do solo e deve-se caminhar de uma extremidade a outra da fita (ver figura 4.5.7) Tal prática melhora o equilíbrio, a capacidade de concentração e o tempo de reação, tornando os reflexos mais apurados.

**Figura 4.5.7** – Prática do *slackline*.

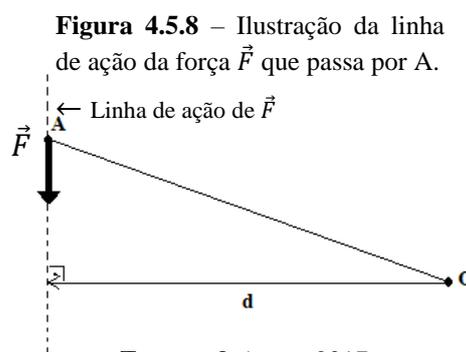


Fonte - Vai pra Praia! - WordPress.com, 2017

O momento de uma força  $\vec{F}$  (ou torque), em relação a um ponto, é uma grandeza vetorial, no entanto, utilizaremos apenas a intensidade dessa grandeza e estabelecer uma convenção de sinais para a rotação. Da figura 4.5.8, define-se o momento de uma força  $\vec{F}$  aplicada num ponto A, em relação a um ponto O, o produto da intensidade  $F$  da força pela distância  $d$  do ponto O à linha de ação da força.

$$M = \tau = \pm Fd$$

Adota-se o sinal (+) se a força  $\vec{F}$  tende a girar o segmento  $\overline{OA}$  em torno de O no sentido anti-horário e o sinal de (-) no sentido horário. Chama-se o ponto O de pólo, e a distância  $d$ , braço.



Algumas tarefas podem ser realizadas mais facilmente quando se aumenta o braço da força aplicada, como por exemplo: remoção dos parafusos para a troca de um pneu, abrir uma porta pela extremidade oposta ao das dobradiças, um encanador segurando uma chave de grifa mais distante do ponto de rotação e etc.

Para que haja equilíbrio de um corpo extenso é necessário que o corpo não apresente movimento de translação (M.R.U) e nem movimento de rotação em torno de um ponto. Portanto, para que um praticante de *slackline* não perca o equilíbrio, é necessário que a soma algébrica dos momentos seja nulo.

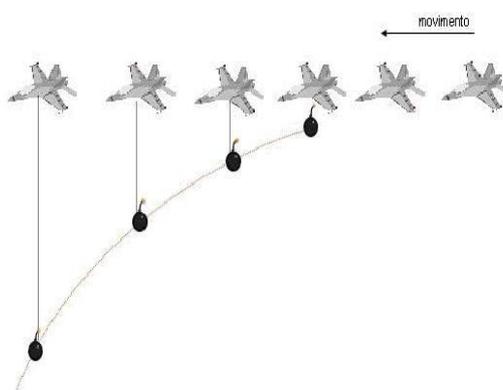
## 4.6 Lançamento horizontal

*O que é um lançamento horizontal?*

É um movimento composto de dois movimentos, sendo um na vertical, sob o efeito da gravidade (movimento retilíneo uniformemente variado) e outro na horizontal (movimento retilíneo uniforme).

Em nosso cotidiano, podemos citar dois exemplos: os objetos arredondados colocados em cima de uma mesa que rolam até atingir o solo e as bombas que os aviões liberam para atingirem determinados alvos. A figura 4.6.1, a seguir, mostra o segundo exemplo.

**Figura 4.6.1** – Avião que liberou uma bomba.



Fonte - <http://perceberomundo.blogs.sapo.pt/3696.html>, 2017

Então, vamos simular o segundo exemplo realizando os seguintes testes:

- I. Deixe uma bola de gude rolar ao longo de uma mesa plana até atingir o solo. Qual a trajetória descrita, durante a queda da bola de gude? Qual o alcance obtido por ela medido na horizontal?
- II. Coloque uma bola de gude em repouso na beira da mesa. Lance outra bola de gude de mesma massa que a primeira, com a mesma velocidade da bola do primeiro teste, em direção à bola em repouso. Qual a trajetória descrita pela bola que estava em repouso? Qual o alcance obtido por ela medido na horizontal?
- III. Repita o segundo teste, variando a velocidade da bola que é lançada em direção a que está em repouso. O que acontece?

Será que é possível determinar o alcance de uma bolinha em repouso, que será lançada, após o choque com um pêndulo?

Para responder a questão anterior, utilizaremos alguns materiais:

- ✓ Kit multifuncional;
- ✓ Transferidor;
- ✓ Paquímetro;
- ✓ Duas esferas (bolinhas de gude ou aço de mesma massa);
- ✓ Régua;
- ✓ Peça de barbante, linha ou fio dental;
- ✓ Papel carbono;
- ✓ Papel A4 (ofício).

Como sugestão segue alguns procedimentos:

**1** – Prender, no braço móvel, o transferidor utilizando um parafuso de 2 polegadas, diâmetro 3/16” e uma porca borboleta (ver figura 4.6.2).

**Figura 4.6.2** – Braço móvel e o transferidor.



**Fonte** – O Autor, 2017

**2** – Prender o braço móvel nas torres gêmeas utilizando, um parafuso de 3 polegadas, diâmetro 3/16” e uma porca borboleta, em seguida, coloque o pêndulo na extremidade oposta do braço (ver figura 4.6.3);

**3** - Fixar na base, um pedaço de cabo de vassoura, para colocar a esfera 2 que será lançada, de forma que a mesma esteja a 5 cm do solo (ver figura 4.6.3);

**Figura 4.6.3** – lançador horizontal.



**Fonte** – O Autor, 2017

- 4 - Colocar o papel carbono sobre o papel A4, de modo que fiquem juntos à base onde se encontra a esfera 2;
- 5- Liberar a esfera 1 do pêndulo, a partir de um ângulo  $10^\circ$  aumentando até  $90^\circ$  (use o transferidor), de forma que a colisão com a segunda esfera seja frontal, meça o seu alcance e anote na tabela 4.6.1;
- 6 - Repetir o procedimento 3, variando a altura da esfera 2 em relação ao solo em 10 e 15 cm, aumente o ângulo ( $\theta$ ) de  $10^\circ$  até  $90^\circ$ , meça os alcances e anote na tabela 4.6.1;

**Observações:**

- 1) Para cada nova altura da esfera 2, regule o comprimento do pêndulo.
- 2) A altura  $H$  é medida do ponto onde se encontra o papel A4 até a base da esfera 2;
- 3) O comprimento  $l$  é medido desde o ponto onde a linha está presa até o centro de massa da esfera 1;
- 4) Devemos acrescentar ao alcance, a distância do centro de massa da esfera 2 até a borda da base de lançamento, medido horizontalmente.

**Tabela 4.6.1** – Altura ( $H$ ), comprimento ( $l$ ), ângulo ( $\theta$ ) e alcances ( $x$ ) obtidos experimentalmente.

$H = \quad e \quad l =$									
$\theta(^{\circ})$									
Alcance (cm)									
$H = \quad e \quad l =$									
$\theta(^{\circ})$									
Alcance (cm)									
$H = \quad e \quad l =$									
$\theta(^{\circ})$									
Alcance (cm)									

Fonte – O Autor, 2017

### Um pouco de Física...

De posse desses dados experimentais, faça agora uma análise matemática para a obtenção dos alcances da esfera 2, seguindo os procedimentos abaixo.

**7** - Utilizar o princípio de conservação da energia mecânica para a esfera 1 do pêndulo, de onde virá a sua velocidade, antes do choque com a esfera 2:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

**8** - Admitir que a colisão da esfera 1 com a esfera 2 seja elástica e que ocorra conservação da quantidade de movimento linear, a velocidade da esfera 2 será igual a da esfera 1, assim, o alcance horizontal da esfera 2 será:

$$x = vt \quad (2)$$

**9** - Sabendo-se que a esfera 2 será lançada horizontalmente e seu movimento na vertical será de queda livre, logo, o tempo de queda será:

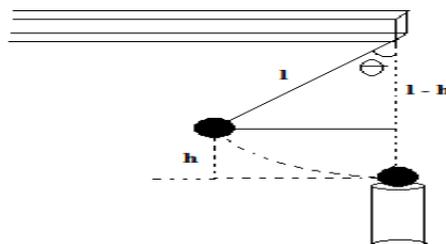
$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (3)$$

**10** - Substitua (1) e (3) em (2) e obtenha:

$$x = 2\sqrt{Hh} \quad (4)$$

**11** - Para um determinado ângulo (figura 4.6.3) que está ilustrado na figura 4.6.4 abaixo, você deverá obter uma expressão para  $h$  em função de  $l$  e  $\theta$ , que será:

**Figura 4.6.4** – Representação da situação para determinação de  $h$  em função de  $l$  e  $\theta$ .



**Fonte** – Próprio autor.

$$h = l(1 - \cos \theta) \quad (5)$$

**12** - Substituir (5) em (4) e obter  $x$  em função de  $H, l$  e  $\theta$ :

$$x = 2\sqrt{Hl(1 - \cos \theta)} \quad (6)$$

**13** - Utilizar a equação 6 e os valores de  $H, l$  e  $\theta$  da tabela 1, para obter os alcances obtidos pela esfera 2, em seguida anote na tabela 4.6.2;

**Tabela 4.6.2** – Altura ( $H$ ), comprimento ( $l$ ), ângulo ( $\theta$ ) e alcances ( $x$ ) obtidos matematicamente.

$H =$ $e$ $l =$									
$\theta(^{\circ})$									
Alcance (cm)									
$H =$ $e$ $l =$									
$\theta(^{\circ})$									
Alcance (cm)									
$H =$ $e$ $l =$									
$\theta(^{\circ})$									
Alcance (cm)									

**Fonte** – O Autor, 2017

**14** - Os alcances obtidos experimentalmente se aproximam dos alcances propostos pelo modelo matemático utilizado para compreender esse fenômeno?

**15** - Qual o erro relativo obtidos em cada alcance?

**16** – Os resultados do modelo matemático que descrevem o fenômeno se aproximam dos dados obtidos a partir do real?

## 4.7 A lei de Hooke

Os materiais do seu cotidiano se deformam facilmente? Por exemplo, pegue uma régua e aplique uma força, utilizando seus dedos indicadores, em relação a sua espessura, em seguida, aplique a mesma força em relação à largura e por fim em relação ao seu comprimento, o que você conclui?

Você sabe o que é elasticidade?

A elasticidade é a propriedade pela qual a forma se altera quando uma força deformante atua sobre o objeto, o qual retorna à forma original quando a força deformante é retirada (Hewitt, 2002, p. 218).

No nosso cotidiano nos deparamos com objetos elásticos e inelásticos. Os objetos elásticos são aqueles que quando a força deformante deixa de atuar, eles voltam à forma original. Já os inelásticos não reassumem sua forma original após terem sido deformados.

Você seria capaz de citar aos menos dois exemplos de objetos elásticos e dois inelásticos? Escreva na tabela 4.7.1 abaixo:

**Tabela 4.7.1** - Registro das conclusões obtidas pelos estudantes aos questionamentos iniciais.

Elástico	Inelástico
1-	1-
2-	2-

Fonte – O Autor, 2017

Se você lembrou que a mola é um exemplo de material elástico, legal!

Agora, são apresentadas algumas situações do nosso cotidiano, em que se aplicam forças originadas da deformação elástica de molas ou elásticos, como exemplos: os extensores utilizados em academias e as molas nos amortecedores dos veículos. Vejam as figuras 4.7.1 e 4.7.2 abaixo:

**Figura 4.7.1** – Extensor utilizado em academias para tonificar músculos.



Fonte - <http://www.lojaodosportes.com.br/extensor-biceps-e-triceps-cepall.html>, 2017

**Figura 4.7.2** – Amortecedor utilizado em veículos.



Fonte - <http://centroautomotivokz.com.br/wp-content/uploads/2013/12/amortecedor.jpg>, 2017

Vamos tentar determinar a constante elástica de uma determinada mola?

Para responder a questão anterior, utilizaremos alguns materiais:

- ✓ Kit multifuncional;
- ✓ Mola;
- ✓ Cinco pequenos corpos de diferentes massas;
- ✓ Balança digital;
- ✓ Régua;
- ✓ Gancho (tipo anzol);
- ✓ Calculadora.

Como sugestão segue alguns procedimentos:

1 - Fixar, no braço móvel, o gancho, utilizando um parafuso de 2 polegadas, diâmetro 3/16" e uma porca borboleta (ver figura 4.7.3).

**Figura 4.7.3** – Gancho de metal fixo ao braço móvel.



Fonte – O Autor, 2017

2 - Fixar o braço móvel às torres gêmeas, utilizando um parafuso de 3 polegadas, diâmetro 3/16" e uma porca borboleta, e em seguida, pendure a mola no gancho (ver figura 4.7.4).

**Figura 4.7.4** – Mola pendurada no gancho e este fixo ao braço móvel do kit multifuncional.



Fonte – O Autor, 2017

- 3 - Medir a massa, em kg, de cada corpo com o auxílio da balança e anote na tabela 4.7.2;
- 4 - Medir o comprimento da mola em seu estado relaxado ( $L_{\text{inicial}}$ ), anotando na tabela 4.7.2;
- 5 - Pendurar um corpo de prova na extremidade inferior da mola (ver figura 4.7.5), e em seguida, medir seu comprimento ( $L_{\text{final}}$ ) em estado deformado;

**Figura 4.7.5** – Corpo pendurado na extremidade inferior da mola.



Fonte – O Autor, 2017

- 6 - Calcular a deformação ( $x$ ) da mola, fazendo  $x = L_{\text{final}} - L_{\text{inicial}}$  e anote na tabela 4.7.2;
- 7 - Repetir o procedimento 5 para os corpos restantes;

**Tabela 4.7.2** - Medida da deformação sofrida pela mola.

	Massa (g)	$L_{\text{final}}$ (cm)	$L_{\text{inicial}}$ (cm)	$x$ (cm)
Corpo 1				
Corpo 2				
Corpo 3				
Corpo 4				
Corpo 5				

Fonte – O Autor, 2017

- 8 - Calcular o peso ( $P = m \cdot g$ ) de cada corpo, considerando a aceleração gravitacional local  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , e a respectiva deformação ( $x$ ) sofrida pela mola, convertendo o valor para metro, e em seguida anote na tabela 4.7.3;

**Tabela 4.7.3** – Valores dos pesos dos corpos.

	P (N)	x (m)
Corpo 1		
Corpo 2		
Corpo 3		
Corpo 4		
Corpo 5		

Fonte – O Autor, 2017

**9** - Expressar os resultados da tabela 4.7.3 em um gráfico peso P(N) versus deformação x(m), usando um software livre ou o Excel;

**10** - Determinar a constante elástica da mola a partir do gráfico obtido no item anterior. (lembre-se que a inclinação da reta será numericamente igual à constante elástica da mola).

### Observação:

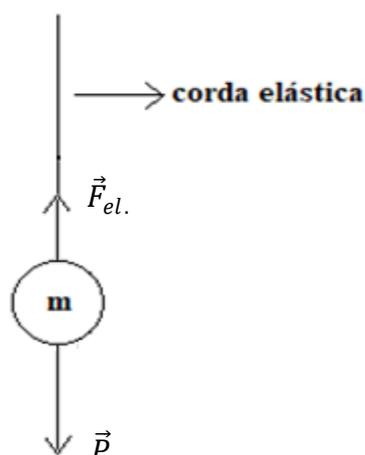
Uma maneira mais precisa para determinar a constante elástica da mola pode ser utilizando o **método dos mínimos quadrados**, ver no apêndice C.

### Um pouco de Física...

O *bungee jump* (saltar no vazio) foi criado pelo neozelandês A. J. Hackett em 1988, onde o indivíduo é amarrado pelos pés com uma corda elástica e em seguida salta de uma determinada altura. No entanto, em Pentecost, ilha que integra o arquipélago de Vanuatu, durante vários séculos os nativos já saltavam de árvores altas com vinhas amarradas às suas pernas, como uma demonstração de força e coragem.

No momento em que uma pessoa de massa ( $m$ ) realiza o salto, devem-se observar dois momentos distintos: no primeiro, uma queda livre porque o elástico de comprimento ( $L$ ) permanece na sua forma normal por certo intervalo de tempo, de forma que a única força que atua na massa  $m$  é o seu próprio peso ( $\vec{P}$ ). Como a aceleração ( $a = g$ ) e a velocidade ( $v$ ) possuem o mesmo sentido, tem-se um movimento uniformemente acelerado. O segundo momento, se dá, quando o elástico começa a se deformar, passando a aplicar sobre o corpo de massa  $m$  uma força restauradora do tipo  $F_{el.} = -k \cdot x$ . Ver figura 4.7.6:

**Figura 4.7.6** – Representação de um corpo de massa  $m$  em queda, logo após o início da deformação na corda elástica.



**Fonte** – O Autor, 2017

Assim, quando o módulo da força resultante ( $F = P - F_{el.}$ ) for nula (posição de equilíbrio do sistema), tem-se que o módulo da força peso ( $P = m \cdot g$ ) será igual ao módulo da força restauradora. Nesse momento, o *bungee jump* será análogo ao corpo que deforma a mola na situação representada na figura 4.7.5.

Portanto, o experimento de lei de Hooke abre o leque para discutir a física do *bungee jump* com ampliação de outros conceitos, como por exemplo, o conceito de energia.

## REFERÊNCIAS

- DIEZ, A. S. **Experiências de Física na escola**. 4. ed. Passo Fundo: Ed. Universitária, 1996.
- HEWITT, PAUL G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- HIBBLER, R. C. **Resistência dos materiais**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- MEYER, B. [Compensado de virola]. Santa Catarina: [s. n.], 2017. Disponível em: <<http://www.meyerdobrasil.com.br/compensados/compensado-moveleiro-virola/>>. Acesso em: 31/01/2017.
- PERRUZO, J. **Experimentos de física básica: mecânica**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.
- PERRUZO, J. **Experimentos de física básica: termodinâmica, ondulatória e óptica**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.
- PERRUZO, J. **Experimentos de física básica: eletromagnetismo, física moderna e ciências espaciais**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.
- ROCHA, JOSÉ F. M. et al. **Origens e evoluções das ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002.
- TIPLER, P. A. **Física para cientistas e engenheiros: Mecânica, oscilações e ondas, Termodinâmica**. Vol. 1. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- TIPLER, P. A. **Física para cientistas e engenheiros: Eletricidade e magnetismo, Ótica**. Vol. 2. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- VALADARES, E. C. **Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo**. 1. ed. Minas Gerais: UFMG, 2002.

## APÊNDICE A - DETERMINANDO A PERMISSIVIDADE ELÉTRICA DE MATERIAIS DIELÉTRICOS

Você sabia que os capacitores são dispositivos de grande utilidade nos circuitos elétricos, e sua função é armazenar energia em suas armaduras e descarregá-la rapidamente e de maneira sistemática? Entretanto, materiais dielétricos ou isolantes são introduzidos entre suas armaduras condutoras, de modo, a aumentar o campo elétrico entre suas armaduras e a carga armazenada nas mesmas. Como sugestão, você poderá usar o Phet simulation<sup>8</sup>, para visualizar que a introdução de um dielétrico entre as armaduras de um capacitor plano, altera o campo elétrico e a carga elétrica nas armaduras. Então, vamos medir essa permissividade elétrica do dielétrico a partir de um capacitor artesanal de placas planas e paralelas?

Para medir a permissividade elétrica do dielétrico, você vai precisar de alguns materiais:

- ✓ Kit multifuncional;
- ✓ Capacímetro digital *HIKARI HCP-100*;
- ✓ Óleo mineral 100% puro;
- ✓ Placa de acrílico de 20 cm x 28 cm;
- ✓ Placa de vidro de 25 cm x 32 cm;
- ✓ Duas placas de aço inox de 22 cm x 20 cm;
- ✓ Paquímetro;
- ✓ Fita dupla face.

**Figura A.1** - Alguns materiais utilizados nas medições.



**Fonte** – O Autor, 2017

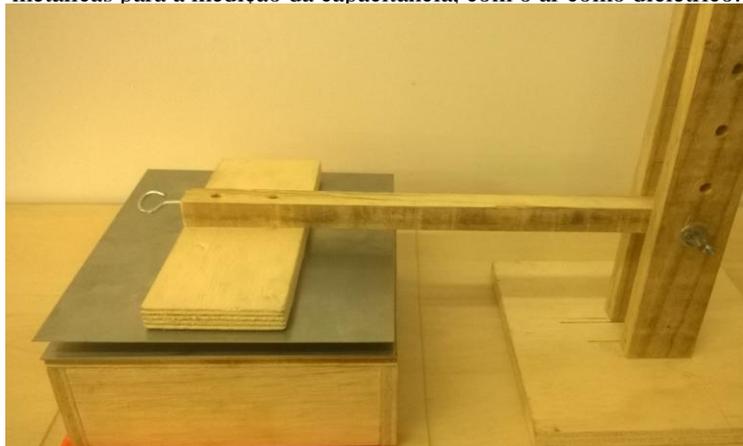
Como sugestão segue alguns procedimentos:

- 1** - Fixar as placas de aço inox na base da prensa e na extremidade de seu braço articulável utilizando fita dupla face, de modo que ambas se mantenham em paralelo;

<sup>8</sup>*Phet simulations* - Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto *PhET Simulações* Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências.

- 2 - Calcular a área de uma das placas;
- 3 – Medir com o auxílio do capacímetro, a capacitância, sendo o ar o dielétrico, ajuste a distancia entre as placas de modo a obter leitura no instrumento e anote na tabela A.1 (ver figura A.2);

**Figura A.2** - Foto do arranjo montado com a prensa e as placas metálicas para a medição da capacitância, com o ar como dielétrico.



Fonte – O Autor, 2017

- 4 - Introduzir entre as placas de aço inox uma placa de vidro e meça a nova capacitância e anote na tabela A.1;
- 5 - Retirar a placa de vidro e coloque uma placa de acrílico e meça novamente a capacitância e anote na tabela A.1;
- 6 – Cortar, agora, finos segmentos de fita dupla face para contornar cada lado da placa de aço inox inferior de modo a represar o óleo mineral sobre ela (ver figura A.3);

**Figura A.3** - Teste de represamento do óleo mineral sobre a placa metálica com bordas de fita dupla face.



Fonte – O Autor, 2017

- 7 - Em seguida, baixe o braço móvel, fazendo a chapa superior encostar-se paralelamente ao óleo, sem que toque a placa inferior, realizando a medição da capacitância e anote na tabela A.1;

**8** – Anotar na tabela A.1, a cada medição da capacitância a distância entre as placas com o auxílio do paquímetro;

**Tabela A.1** – Dielétrico, distância e capacitância

<b>Dielétrico</b>	<b>Distancia entre as placas</b>	<b>Capacitância</b>
ar		
vidro		
acrílico		
óleo mineral		

**Fonte** – O Autor, 2017

**9** - Determinar a permissividade de cada dielétrico, utilizando os dados da tabela A.1, e usando a seguinte relação:

$$\varepsilon = \frac{C \cdot d}{A}$$

Em seguida, anote na tabela A.2;

**10** - Comparar as permissividades encontradas com as permissividades reais determinando o erro relativo percentual;

**Tabela A.2** – Dielétrico, Permissividade esperada e encontrada; erro relativo.

<b>Dielétrico</b>	<b>Permissividade encontrada (<math>\epsilon_{enc}</math>)</b>	<b>Permissividade real (<math>\epsilon_{real}</math>)</b>	<b>Erro relativo (<math>E_{rp}</math>)</b>
ar			
vidro			
acrílico			
óleo mineral			

**Fonte** – O Autor, 2017

**11** - Os erros relativos encontrados foram consideráveis ou desprezíveis? O que esses erros representam?



### APÊNDICE C - MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS

Dentre os processos de determinação de modelos matemáticos para descrever um conjunto de dados que possam ser representados por pontos em um plano cartesiano, destacam-se o método dos mínimos múltiplos quadrados. Este método nos permite encontrar um polinômio que represente uma curva que melhor se ajusta ao conjunto de pontos no plano. No caso da Lei de Hooke, vamos restringir este polinômio a uma linha reta, dada por:

$$y = bx + a$$

Onde:

$$a = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=0}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i \right] \quad e \quad b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

Sendo,  $b$  igual à constante elástica da mola.