

Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Campus de Presidente Prudente
Programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

João Henrique Moura Neves

**USO DE EXPERIMENTOS, CONFECCIONADOS COM
MATERIAIS ALTERNATIVOS, NO PROCESSO DE ENSINO E
APRENDIZAGEM DE FÍSICA: LEI DE HOOKE**

Presidente Prudente, SP
2015

JOÃO HENRIQUE MOURA NEVES

**USO DE EXPERIMENTOS, CONFECCIONADOS COM MATERIAIS
ALTERNATIVOS, NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
DE FÍSICA: LEI DE HOOKE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Universidade Estadual Paulista no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Agda Eunice de Souza Albas

Presidente Prudente - SP
Dezembro de 2015

BANCA EXAMINADORA

Agda E. Souza

PROFA. DRA. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS
(ORIENTADORA)

[Signature]

PROF. DR. DEUBER LINCON DA SILVA AGOSTINI
(FCT/UNESP)

CA - da

PROF. DR. CELSO XAVIER CARDOSO
(FCT/UNESP)

[Signature]

PROF. DR. RENIVALDO JOSÉ DOS SANTOS
(UNESP/ROSANA)

[Signature]

JOÃO HENRIQUE MOURA NEVES

PRESIDENTE PRUDENTE, 21 DE DEZEMBRO DE 2015.

RESULTADO: APROVADO

FICHA CATALOGRÁFICA

Neves, João Henrique Moura.

N424u Uso de experimentos, confeccionados com matérias alternativos, no processo de ensino e aprendizagem de Física : Lei de Hooke / João Henrique Moura Neves. - Presidente Prudente : [s.n.], 2015
vi, 64 f. : il.

Orientadora: Agda Eunice de Souza Albas
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Ensino de Física. 2. Metodologia. 3. Material de apoio. I. Albas, Agda Eunice de Souza. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

Agradecimentos

Agradecer é poder relembrar de todos os momentos bons e ruins que nos ajudam a crescer e melhorar o nosso comportamento como ser humano.

Agradeço a compreensão de todos professores, que souberam conduzir muito bem suas disciplinas e ajudaram, cada um à sua maneira na minha formação, aos funcionários da UNESP que sempre mantiveram as salas e os laboratórios em condições para nossas aulas.

Para minha orientadora Professora Agda Eunice de Souza Albas, por compartilhar sua experiência profissional e me mostrar um ser exemplo de pessoa.

Em especial a minha esposa Silvana Piva pela sua compreensão.

E ao apoio financeiro da CAPES, sem isto não teria sido possível chegar até aqui.

Muito obrigado a todos pela paciência.

Resumo

As atividades experimentais de Física proporcionam uma construção do conhecimento de forma qualitativa e quantitativa aos alunos, tanto das séries finais do Ciclo Básico, como das séries do Ensino Médio. Este trabalho propõe desenvolver atividades experimentais com materiais didáticos alternativos que permitam ao estudante uma reflexão sobre o aproveitamento de alguns materiais para estudo prático e, principalmente, de alguns conceitos básicos da Física Clássica neles envolvidos. O trabalho consiste em estudar a deformação elástica do tubo de látex, material usado em hospitais e para fabricar estilingues, conhecido como 'soro'. Este material foi escolhido devido à sua flexibilidade e alta resistência à deformação, podendo ser utilizado para suspender uma grande quantidade de massas diferentes. O material de apoio contém um kit descrevendo os materiais utilizados nos experimentos, roteiro experimental e os resultados após a aplicação desta atividade.

Palavras chave: didática, experimentos, materiais alternativos, teoria e prática.

Abstract

The experimental activities in Physics provide a knowledge construction of qualitative and quantitative manner to students, both of the final series of the Basic Cycle, as the High School grades. This work proposes to develop experimental activities with alternative didactic material to enable the student to reflect on the use of some materials for practical study and mainly some basic concepts of Classical Physics involved therein. The work consists of studying the elastic deformation of latex tube, material used in hospitals and to make slingshots, known as 'sera'. This material was chosen because of its high flexibility and resistance to deformation and can be used to suspend a large amount of different masses. The support material contains a kit describing the materials used in the experiments, experimental script and the results after the application of this activity.

Keywords: didactic, experiments, alternative materials, theory and practice.

Sumário

1.0	Introdução	1
1.1	Objetivo Geral	3
1.2	Objetivos Específicos	3
2.0	Referencial Teórico	4
2.1	Teoria Rogeriana no Sistema Educacional	4
2.2	Estratégias de Ensino de Física segundo a Teoria Rogeriana.....	10
3.0	Metodologia	11
3.1	Público Alvo	12
3.2	Preparação das Atividades Experimentais.....	12
3.2.1	Balança de gancho.....	12
3.2.2	Balança utilizando duas tiras de tubo de látex.....	13
3.3	Metodologia das Atividades Experimentais.....	14
3.4	Avaliação.....	15
4.0	Resultados.....	16
4.1	Resultado da Primeira Atividade	16
4.2	Resultados da Segunda Atividade	18
4.3	Relatórios	18
4.4	Avaliação Individual.....	25
4.5	Questionário	32
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
	ANEXOS	41

1.0 Introdução

Ensinar Física atualmente é uma tarefa que exige do professor agilidade, habilidade e um constante aprimoramento profissional. O profissional deve apropriar-se ou desenvolver métodos de ensino que sejam capazes de atrair os alunos para as novas descobertas e também os conhecimentos já adquiridos pelo homem. Entretanto, a grande maioria dos educadores encontram inúmeras dificuldades para trabalhar a Física em sala de aula de forma diferenciada, atrativa e útil. Muitas vezes, o conteúdo de Física é exposto de maneira repetitiva e com inúmeros exercícios que utilizam equações matemáticas, sem sentido aparente para o aluno, privilegiando a memorização e não seu raciocínio crítico. Na tentativa de dinamizar o ensino de Física e torná-lo mais atraente, buscam-se estratégias que tragam bons resultados aos processos de ensino e aprendizagem. Dentre inúmeras estratégias, as atividades experimentais, aliadas às aulas teóricas, podem tornar o ensino de Física uma prática pedagógica condizente com as exigências dos currículos educacionais do Brasil atualmente. Além disso, é preciso também, adotar linhas de pensamentos ou teorias de aprendizagens que tornem o processo de aprendizado, não só eficiente, mas prazeroso e estimulante para o aluno.

Thomaz (2000) coloca que o trabalho experimental, quando conduzido numa perspectiva em que, através da aprendizagem fundamental dos conteúdos científicos, os alunos possam desenvolver as capacidades científicas necessárias para atuarem na sociedade de um modo mais eficaz, qualquer que seja o seu campo de ação, é um meio por excelência para a criação de oportunidades para o desenvolvimento, nos alunos, dessas mesmas capacidades.

Pensando na formação social e crítica do aluno que está sendo discutida há muitos anos, que o ensino de Física deve ultrapassar os limites dos livros e das equações dentro da sala de aula, ao fazer parte do cotidiano do aluno, se percebe ou nota, a importância do conhecimento para resolver um problema inesperado em sua vida e de prevenção futura.

Sobre o papel da atividade experimental, para a formação dos estudantes Séré, Coelho e Nunes (SERÉ, 2003) destacam que é por meio das atividades experimentais que o aluno é estimulado a não permanecer somente no mundo dos conceitos e das “linguagens”, pois tem a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o empírico. Recentemente diversos trabalhos (GASPAR, 2005; HAAG, 2005; FIGUEIRA, 2004; BORGES, 2002) destacam a importância da atividade

experimental no ensino de qualitativo. Verificar as leis da Física, que são expostas no livro didático com uma atividade experimental simples, pode ser muito significativa no aprendizado. Reformulando o pensamento de simplesmente memorizar, e usá-lo quando necessário para resolver um exercício, após a prática experimental, o aluno conhece o fenômeno, sua importância e a teoria à qual tal atividade está relacionada.

De acordo com Pinho-Alves (2000a), o cotidiano do ser humano é bastante ligado à experiência, às suas interações socioambientais. Já a experimentação é atitude do homem que busca organizar seus pensamentos na construção de elementos que lhe forneçam respostas sobre as coisas que o rodeiam e sobre si mesmo. A experiência, portanto, está ligada ao que vivemos todos os dias e a experimentação ao processo científico.

A experiência vivida pelo aluno na escola definirá seu caráter adulto. As atividades experimentais feitas por ele se tornarão uma ferramenta no processo de conhecimento científico, inerente por suas interações com o meio ambiente ou social, presente nas experiências pessoais e ferramentas na construção do senso comum ou científico.

A presença do senso comum, se considerado no fenômeno didático, direciona para um processo interativo entre professor e aluno que, por meio de um diálogo didático, deverá favorecer situações para o estudante transcender suas estruturas prévias de pensamento (PINHO-ALVES, 2000a).

O adolescente personagem do fenômeno educativo, quando é apresentado à Ciência e ao conhecimento científico tem apenas como bagagem sua concepção de mundo, construída de modo geral à sombra dos conhecimentos ditados pelo senso comum. Isto significa que o instrumento processual de seu domínio para elaborar explicações a respeito do mundo físico que o rodeia, se restringe, predominantemente à experiência livre e especulativa permeada pela tradição sócio cultural de seu meio ambiente (*op. cit.*).

As experiências que os alunos têm geram benefícios para o ensino com a experimentação, o que lhes atribui métodos e raciocínio científico para realizar um trabalho experimental, exigindo paciência e tempo para executá-los, além de buscar outras fontes de conhecimento.

O desenvolvimento de atividades experimentais em sala de aula permite ao professor desviar-se dos modelos tradicionais de ensino e, ao mesmo tempo, propor

aos estudantes, métodos alternativos de aprender física. Considerando a relevância de atualizar a prática pedagógica para tornar o ensino de Física adequado e motivador para os alunos do Ensino Médio. É proposto, portanto, neste trabalho o uso da atividade experimental, para complementar o ensino teórico deste componente curricular. Para isso, um material de apoio ao professor foi preparado na forma de um kit experimental acompanhado de roteiros para aplicação de atividades práticas. O mesmo foi confeccionado com materiais alternativos e de baixo custo, suprimindo a ausência de equipamentos ou materiais disponíveis nas escolas, necessários para o desenvolvimento de atividades experimentais.

Dessa forma, as etapas descritas neste trabalho envolvem um Referencial Teórico, no qual reúne bibliografias de diversos profissionais da área da educação, que apoiam o desenvolvimento do presente trabalho. Há a descrição da Metodologia adotada, na qual aborda a preparação do kit experimental, roteiros e o desenvolvimento das atividades práticas em sala de aula e, também o conteúdo teórico específico abordado em tais atividades. No tópico Resultados e Considerações Finais são apresentados efeitos da aplicação do material didático e metodologias utilizadas na sala de aula, além das conclusões sobre o desenvolvimento do trabalho e sua influência no processo de aprendizado dos estudantes.

1.1 Objetivo Geral

Analisar a aprendizagem dos alunos utilizando um experimento de baixo custo, material este conhecido pelos alunos em seu cotidiano e a partir dele fazer o estudo do conceito da Física existente no currículo escolar.

1.2 Objetivos Específicos

- Adotar uma nova estratégia baseada em atividade experimental para motivar os estudantes ao ensino e a investigação dos fenômenos;
- Preparar um kit utilizando material alternativo e com baixo custo para que seja utilizado como apoio às práticas pedagógicas dos professores de Física.

2.0 Referencial Teórico

2.1 Teoria Rogeriana no Sistema Educacional

A teoria Rogeriana, de Carl Roger, nos faz matutar sobre as mudanças necessárias, dentro e fora da sala de aula, para que a aprendizagem seja realmente alcançada. A teoria de Carl Roger, designa a uma profunda mudança no relacionamento entre professor e aluno, relacionamento esse, capaz de provocar transformações, tanto no comportamento de ambos como na busca dos saberes.

A teoria Rogeriana surge, através de um movimento conhecido como psicologia humanista ou terceira força. Esta nova corrente não tinha a pretensão de revisar ou adaptar algum pensamento já existente na escola, como o fizeram os neobehavioristas e o neofreudismo. Pretendia sim, como o próprio termo - terceira força - indica, substituir o behaviorismo e a psicanálise, as duas maiores forças da psicologia.

Podem-se destacar alguns pontos essenciais, ou pressupostos da psicologia humanista: Ênfase na experiência consciente; Crença na integralidade da natureza e da conduta do ser humano; Concentração no livre-arbítrio, na espontaneidade e no poder de criação do indivíduo; e, estudo de tudo que tenha relevância para a condição humana (CECHIN, 2015).

A teoria Rogeriana segue uma abordagem humanista e muito diferenciada de outras teorias anteriores a ela, pois seu objetivo não é o controle do comportamento, e sim o desenvolvimento cognitivo ou a formulação de um bom currículo e o crescimento pessoal do aluno. Esta abordagem considera o aluno como pessoa e o ensino deve facilitar a autorrealização, visando a aprendizagem “pela pessoa inteira”, que transcende e engloba as aprendizagens afetiva, cognitiva e psicomotora.

Para Rogers, só uma mudança muito grande na direção básica da educação, pode atender às necessidades da cultura de hoje. O ponto final de nosso sistema educacional, de acordo com a teoria Rogeriana, deve ser o desenvolvimento de pessoas “plenamente atuantes”. O objetivo educacional deve ser a facilitação da aprendizagem.

Por esse ponto de vista, o único homem educado é o homem que aprendeu a aprender; o homem que aprendeu a adaptar-se e que sofreu mudanças; aquele que

percebe que nenhum conhecimento é seguro e que só o processo de buscar conhecimento dá alguma base para segurança.

O vídeo com o título “Aprender a aprender” vem ao encontro desta perspectiva, ilustrando, com facilidade, uma criança com interesse em aprender a fazer um material de argila com feitos mágicos como ilustra a **Figura 1(a) e 1(b)**. Num processo de ensino, o mestre lhe cabe a tarefa de produzir uma peça de argila manualmente, descobrindo os processos para fazê-lo, ilustrado na **Figura 1(c) e 1(d)**. Após muitas tentativas e perseverança, como ilustra a **Figura 1(e) e 1(f)**, é observado que o processo de aprendizagem deve partir do interesse do indivíduo, causando-lhe uma sensação de prazer no momento em que consegue montar o utensílio de argila (Youtube^{BR}, 2008).



Figura 1(a): Imagens do vídeo “Aprender a aprender”.



Figura 1(b): Imagens do vídeo “Aprender a aprender”.



Figura 1(c): Imagens do vídeo “Aprender a aprender”.



Figura 1(d): Imagens do vídeo “Aprender a aprender”.



Figura 1(e): Imagens do vídeo “Aprender a aprender”.



Figura 1(f): Imagens do vídeo “Aprender a aprender”.

Para que o professor seja um facilitador, segundo Rogers, ele precisa ser uma pessoa verdadeira, autêntica, genuína, despojando-se do tradicional “papel”, “máscara”, ou “fachada” de ser “o professor” e tornar-se uma pessoa real com seus alunos. Capelo (2000) destaca que:

Tem-se de encontrar uma maneira de desenvolver, dentro do sistema educacional como um todo, e em cada componente, um clima conducente ao crescimento pessoal; um clima no qual a inovação não seja assustadora, em que as capacidades criadoras de administradores, professores e estudantes sejam nutridas e expressadas ao invés de abafadas. Tem-se de encontrar, no sistema, uma maneira na qual a focalização não incida sobre o ensino, mas sobre a facilitação da aprendizagem autogerida (CAPELO, 2000)

Uma segunda atitude que deve existir na relação entre o facilitador e o aprendiz é a que nasce de duradoura confiança e aceitação. É a aceitação do outro como uma pessoa separada, como sendo digna por seu próprio direito e como merecedora de plena oportunidade de buscar, experimentar e descobrir aquilo que é engrandecedor do eu. E, finalmente, em qualquer relação que deva ocorrer aprendizagem, precisa haver comunicação entre as pessoas envolvidas. Comunicação por natureza, só é possível em um clima caracterizado, por compreensão.

Os estudantes precisam ser compreendidos, não avaliados, não julgados, não ensinados. Facilitação exige compreensão e aceitação. Para Rogers, a aprendizagem significativa envolve a pessoa inteira do aprendiz (sentimentos, assim como intelecto) e é mais duradoura e penetrante. Além disso, aprender a ser aprendiz, isto é, ser independente, criativo e autoconfiante é mais facilitado quando a autocrítica e a auto avaliação são básicas e a avaliação por outros tem importância secundária. Daí vem a principal característica do modelo educativo de *aprendizagem centrada no aluno*, o qual se pode considerar, no mínimo inovador, pois o centro de suas considerações é o aluno, em contraste com os modelos tradicionalistas em que tudo gira à volta da figura do professor (CAPELO, 2000).

O objetivo principal é permitir ao aluno uma completa participação na aprendizagem para que possa ter um crescimento pessoal íntegro e sólido. A ação pedagógica neste sentido pode atingir uma qualidade necessária para o aluno e a sociedade, assim ele será capaz de solucionar qualquer problema. Na escola é preciso criar um ambiente que facilite a aprendizagem e o conhecimento. Desta forma escola e professor tem um papel importante na vida pessoal e profissional do aluno para motivar o aprender de forma aceitável nas diversas disciplinas. Nas palavras de Rogers:

Uma abordagem desse tipo, centrada na pessoa, é uma filosofia que se acha em consonância com os valores, os objetivos e os ideais que historicamente constituíram o espírito da nossa democracia. (...) Ser plenamente humano, confiar nas pessoas, conceder liberdade com responsabilidade não são coisas fáceis de atingir. O caminho que apresentamos constitui um desafio. Envolve mudanças em nosso modo de pensar, em nossa maneira de ser, em nossos relacionamentos com os estudantes. Envolve uma dedicação difícil a um ideal democrático (ROGERS 1975).

Estes fatos, porém, são naturalmente reconhecidos pela natureza humana. Toda mudança na organização do habitat ou daquilo que é considerado verdade, traz um desconforto e acontece uma tendência natural da resistência ao novo. No mundo de hoje, onde as mudanças ocorrem continuamente, a pessoa que consegue assimilar com uma rapidez maior as novas concepções, certamente terá uma facilidade maior na interação com o meio em que vive. Pela concepção de Rogers, o aluno precisa aprender a aprender, pois as mudanças ocorrem ininterruptamente, e aquilo que ele possa ter aprendido na escola não terá validade por muito tempo (MEES, 2015).

2.2 Estratégias de Ensino de Física segundo a Teoria Rogeriana

A Física, como componente curricular do Ensino Médio, é vista como uma disciplina em que, a grande maioria dos alunos apresenta dificuldades. Em geral, mesmo nos dias atuais com as grandes mudanças ocorridas no processo educacional brasileiro o ensino da Física ainda está voltado para cálculos e equações matemáticas ou fora do contexto do aluno. Os fenômenos físicos e os conceitos neles envolvidos recebem uma atenção muito pequena. As aulas de Física não estão sendo suficientemente atraentes para manter a atenção do aluno e levar a uma conjugação, onde se possa crescer no conhecimento em Física.

Entretanto, mudanças nos processos ou métodos de ensino não podem ser implantadas, como se fossem um decreto. A realidade escolar tem mostrado que toda mudança gera uma resistência muito grande, por parte dos professores do que por parte dos alunos. É preciso ter a audácia de iniciar um novo processo, um novo método de ensino, sem a necessidade de torná-los radicais. A experimentação e a avaliação constante de uma prática, dirão se ela é válida ou não. No ensino de Física, por exemplo, as aulas experimentais podem ser uma ferramenta importante no processo de aprendizagem, desde que haja um equilíbrio entre teoria e prática para que os alunos não fiquem à deriva de uma construção frustrada da aprendizagem significativa.

Neste contexto, a inserção de atividades práticas junto às aulas de Física, representa uma estratégia significativa para a aquisição de um processo significativo de aprendizagem. Com base na teoria Rogeriana, o uso de atividades práticas implica em confinar ao aluno a liberdade e a responsabilidade de participar de sua própria aprendizagem visando seu crescimento pessoal íntegro e consistente.

Esta estratégia, embora comum, é pouco utilizada em sala de aula devido a inúmeros fatores e/ou problemas apontados pelos professores. Porém, já é estabelecido por parte de documentos oficiais da educação brasileira que:

“Os objetivos do Ensino Médio, em cada área de conhecimento, devem contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social. O aprendizado não deve ser centrado na interação individual de alunos com materiais instrucionais, nem se resumir à exposição de alunos ao discurso professoral, mas se realizar pela participação ativa de cada

um e do coletivo educacional numa prática de elaboração cultural". (BRASIL, 2000).

Utilizando o conhecimento prévio do aluno, resultará num "ponto de ancoragem" onde as novas informações irão encontrar um modo de se integrar àquilo que o indivíduo já conhece.

Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos" (MOREIRA, 1999b p. 153).

Sendo assim, as atividades experimentais no ensino de Física, podem ser consideradas como uma prática social que ajudará o aluno a dividir suas tarefas e também ajudar o grupo ou um indivíduo a realizá-la com a maior eficiência possível.

É aconselhável que a experimentação esteja presente no processo das competências em Física, privilegiando o fazer em diferentes níveis garantindo a construção do conhecimento próprio e desenvolvendo a curiosidade e o hábito de indagar, ou se trabalhar com material de baixo custo preservando as competências promovidas com essas atividades. Experimentar pode significar observar situações e fenômenos ao seu alcance, em casa, na rua ou na escola buscando soluções para problemas reais (PCN+, 2002).

3.0 Metodologia

Para desenvolvimento das aulas, foi proposta a utilização de um kit experimental preparado com materiais de baixo custo como instrumento de ensino, confeccionando um experimento do tipo massa-mola, para que pudesse complementar o aprendizado fora da rotina escolar, com análise de situações e exploração do ambiente natural. Como prática metodológica, foi realizada uma apresentação teórica sobre o conteúdo abordado no experimento (Lei de Hooke) que compunha o *kit* experimental. Foi apresentado aos alunos, o aparato montado com demonstrações de como seria o procedimento das aulas, explicando novamente seus conceitos. Os alunos foram reunidos em grupos e adquiriram o restante do material. Coube aos grupos montarem o *kit* proposto nas aulas subsequentes. Apenas o tubo de látex (borracha utilizada por enfermeiros) foi oferecido aos alunos, devido às dificuldades de acesso ao centro da cidade mais próxima para adquiri-lo e, também, uma balança para medir as massas dos objetos escolhidos por eles.

3.1 Público Alvo

A primeira etapa das aulas práticas foi aplicada para os alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual no ano de 2014. No ano de 2015, uma segunda etapa da atividade experimental foi aplicada em outra escola, também com alunos do 1º ano do Ensino Médio. A alteração da escola campo de trabalho ocorreu devido ao processo de remoção de cargo ao qual o professor participou entre os anos 2014 e 2015.

As atividades experimentais propostas com o uso do kit confeccionado com materiais de baixo custo podem ser utilizadas por professores e alunos de escolas públicas ou privadas que trabalham com a disciplina de Física no Ensino Médio, visto que, tal atividade pode ser realizada em sala de aula para demonstrar e verificar a lei de Hooke (força elástica) experimentalmente com o uso do tubo de látex e outros materiais de fácil acesso e baixo custo.

3.2 Preparação das Atividades Experimentais

Antes de apresentar as atividades para os alunos é importante salientar que o professor deve adquirir por conta própria o tubo de látex em locais apropriados, pois é um material de venda controlada e não é encontrado em lojas ou farmácias populares. Também, uma balança pequena deve ser adquirida. Para o professor que não dispor de uma balança, sugere-se que sejam utilizados alguns materiais de massas conhecidas, ou pode-se pedir que os alunos levem para a sala de aula, massas diferentes, já determinadas previamente com o uso de uma balança comercial.

3.2.1 Balança de gancho

Nesta atividade, a intenção foi simular uma balança, que é utilizada nas feiras populares para se medir as massas dos produtos vendidos, de acordo com a **Figura 2**. Para confecção desta balança, são necessários os seguintes materiais:

- 30 cm de tubo de látex;
- Tiras elásticas de borracha qualquer;
- 2 pedaços de arame grosso de 10 cm;
- 5 objetos com massas de aproximadamente 500g (meio quilo);

- Uma trena métrica ou fita métrica;
- Uma balança;
- Uma sacolinha plástica.



Figura 2: Balança de gancho.

3.2.2 Balança utilizando duas tiras de tubo de látex.

Com a associação dos tubos de látex em paralelo, aumenta-se a quantidade de objetos que podem ser suspensos, aumentando, também, a quantidade de dados coletados pelos alunos. De acordo com a **Figura 3**, é necessário o seguinte material:

- Tiras elásticas (câmara de pneu de bicicleta);
- 2 parafusos de 8mm com 4 arruelas e 2 polcas;
- Uma trena;
- Uma madeira medindo 25cm x 50cm;
- 40 pedrinhas de cascalho de tamanhos pequenos;
- 2 sacolas plásticas;
- Peça de madeira (forro) medindo 8cm x 5cm;
- 3 parafusos em forma de ganchos pequenos.



Figura 3: Balança com associação de tubos de látex em paralelo.

3.3 Metodologia das Atividades Experimentais

A primeira parte da atividade desenvolvida com a turma do primeiro ano de 2014, consistia no uso da balança de gancho, contendo um único tubo de látex, como descrito anteriormente. Com o experimento disponível, o professor apresentou-o aos alunos e, na sequência, sugeriu a atividade para verificarem, experimentalmente, a validade da lei de Hooke, a qual, nos livros didáticos é apresentada sempre com molas helicoidais, onde suas constantes elásticas possuem valores sempre constantes. O roteiro utilizado para a aplicação desta primeira atividade experimental, encontra-se no ANEXO 1.

Primeiramente, optou-se por apresentar aos alunos, de forma tradicional, o conceito teórico sobre lei de Hooke. Após esta etapa iniciou-se as atividades experimentais de modo a complementar o ensino teórico sobre o tema. Entretanto, pode ficar a critério do professor inverter a ordem da metodologia adotada, ou seja, as aulas podem iniciar com as atividades experimentais e, posteriormente, discutir o tema teoricamente. O importante é instigar o aluno a buscar e utilizar novas alternativas para seu aprendizado como propõe a teoria Rogeriana, referencial teórico utilizado neste trabalho.

A segunda parte da atividade, desenvolvida com a turma do primeiro ano de 2015, consistia em determinar a constante elástica do tubo de látex, agora associando-o em paralelo para que pudesse ser coletada maior quantidade de dados experimentais e utilizando um maior número de objetos.

Da mesma forma, como descrito para a primeira atividade, o conteúdo sobre a lei de Hooke foi apresentado, inicialmente, com o uso da metodologia tradicional (aula expositiva), com acompanhamento na lousa e com as explicações do professor e resolução de exercícios. Em seguida, foi proposta, em concordância e como sugestão dos próprios os alunos a realização da atividade experimental sobre o assunto. Após montado o experimento, utilizando a balança disponibilizada no kit do professor. Os alunos fizeram as medidas das massas de cada objeto apresentado por eles, anotando as respectivas massas na tabela e no próprio objeto com um lápis. Para medir o estiramento do tubo de látex, foi utilizada a sacola plástica vazia. A partir daí os objetos foram colocados um a um, dentro da sacola e anotou-se a medida do estiramento sofrido pelo tubo de látex e da quantidade de massa dentro da sacola, conforme o roteiro experimental, mostrado no ANEXO 2. Posteriormente,

com os dados coletados, os alunos elaboraram um gráfico do peso em função da deformação do tubo de látex e, também, um relatório descrevendo a atividade realizada.

O objetivo principal da aplicação destas atividades experimentais foi despertar o interesse e a curiosidade dos alunos em identificar, no seu cotidiano, os fenômenos estudados na sala de aula. Neste caso, existem muitas aplicações tecnológicas que usam a força elástica, como exemplo, as molas encontradas nas suspensões dos automóveis. Espera-se que o aluno encontre essas características no cotidiano e consiga relacioná-las com a Física.

3.4 Avaliação

Buscando entender a assimilação dos alunos utilizando o experimento sobre a lei de Hooke, foi sugerido que:

- I. O grupo elaborasse um relatório seguindo algumas orientações, conforme ANEXO 3. Estas orientações incluem: os objetivos, introdução teórica, metodologia e montagem de gráfico.
- II. Avaliação prática utilizando um kit similar, disponibilizado na segunda fase da Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP) em 2012. Estes kits não foram utilizados, ao fato de alguns alunos não terem comparecido para realizar a prova. A opção pela utilização destes kits, ao invés do kit proposto inicialmente (com tubo de látex), se deve ao fato de ter quantidade disponível suficiente para serem trabalhados individualmente pelos alunos da sala.
- III. Um questionário simples, disponível no ANEXO 4, sem identificação dos alunos, para que eles pudessem se auto avaliar quanto ao seu aprendizado durante a realização das atividades experimentais e, também, para conhecer suas opiniões quanto à utilização de outros experimentos durante as aulas de Física.

4.0 Resultados

4.1 Resultado da Primeira Atividade

A primeira etapa do trabalho desenvolvido em 2014 consistiu em determinar a constante elástica do tubo de látex. Inicialmente, foi entregue aos estudantes, divididos em grupos, um roteiro contendo as informações necessárias para desenvolvimento da atividade (em ANEXO 1). Para iniciar o experimento, um aparato simples para suspender diferentes massas (balança) foi montado previamente, conforme mostrado na **Figura 4**.



Figura 4: Montagem do aparato com tubo de látex.

Posteriormente, cada grupo escolheu diversos objetos irregulares e determinaram suas massas, utilizando uma balança semi-analítica, disponibilizada pelo professor. A **Figura 5** mostra como foi determinada a massa de dois dos objetos escolhidos pelos estudantes.



Figura 5: Objetos escolhidos pelos estudantes e determinação de suas massas.

Com o auxílio de uma trena, os estudantes passaram a medir, empiricamente, a deformação do tubo de látex, utilizando as massas previamente escolhidas e pesadas. A **Figura 6** mostra como este procedimento foi realizado.



Figura 6: Procedimento experimental para obtenção da elongação do tubo de látex.

Seguindo o roteiro experimental, os estudantes elaboraram um gráfico da deformação em função da massa aplicada (em ANEXO 5).

De acordo com os resultados obtidos nesta primeira etapa, foi possível observar que houve uma disposição e interesse dos alunos em realizar a atividade experimental proposta. Verificou-se, que durante outras atividades desenvolvidas na sala de aula, os alunos puderam relacionar o conteúdo teórico abordado com aqueles verificados durante a aula experimental. Além disso, a interpretação de outras atividades contendo gráficos tornou-se mais simples, uma vez que, as ferramentas e conceitos físicos e matemáticos utilizados na prática, agora puderam ser explorados de forma reversa, dentro do conteúdo teórico, embora as atividades tenham sido realizadas em um ambiente físico pouco propício e com materiais rudimentares para desenvolvimento de atividades experimentais.

4.2 Resultados da Segunda Atividade

A segunda etapa do trabalho realizada em 2015 consistiu em determinar a constante elástica do tudo de látex, agora associando-os em paralelo, para que pudesse ser coletado mais dados experimentais com maior número de objetos. Os resultados obtidos em três etapas foram:

4.3 Relatórios

A introdução teórica colocada nos relatórios entregues revela a extrema dificuldade em realizar uma pesquisa utilizando a internet ou, até mesmo, livros da biblioteca. Pela internet não houve a preocupação em ler os sites encontrados, pois os alunos simplesmente “copiaram e colaram”, acrescentado itens que não compreendiam o significado, como mostrado na **Figura 7**, enquanto outros grupos souberam acrescentar a introdução de acordo com o assunto abordado em aula, como mostra a **Figura 8**.

OBJETIVO

Determinar a constante elástica do tubo de latex associado em paralelo partir do gráfico "força elástica x deformação".

INTRODUÇÃO TEÓRICA:

Quando um material elástico está sob a ação de uma força, ele sofre uma deformação proporcional à força aplicada f . A característica do material, elástico, é que, cessada a força deformadora, ele volta à condição inicial. A deformação depende do tipo de material de que ele é feito.

A **lei de Hooke** consiste basicamente na consideração de que uma mola possui uma constante elástica k . Esta constante é obedecida até um certo limite, onde a

deformação da mola em questão se torna permanente. Dentro do limite onde a lei de Hooke é válida, a mola pode ser comprimida ou alongada, retornando a uma mesma posição de equilíbrio.

Analiticamente, a lei de Hooke é dada pela equação:

Neste caso, temos uma constante de proporcionalidade k e a variável independente x . A partir da equação pode-se concluir que a força é negativa, ou seja, oposta à força aplicada. Segue que, quanto maior a alongação, maior é a intensidade desta força, oposta à força aplicada.

Veja

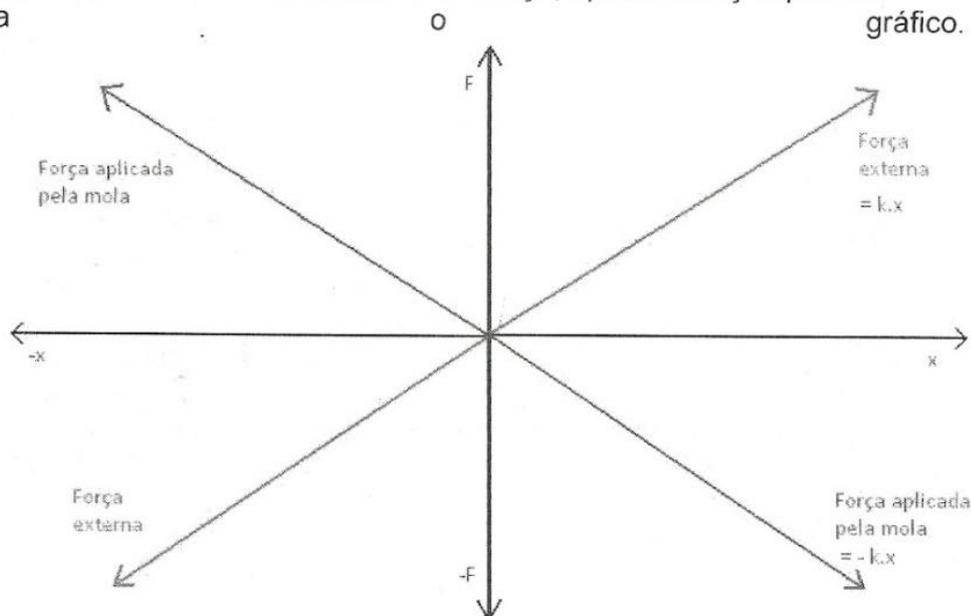


Figura 7: Imagem de um relatório com um gráfico não compreendido pelo grupo.

Introdução

A lei de Hooke descreve a força restauradora que existe em diversos sistemas quando comprimidos ou distendidos. Qualquer material sobre o qual exercermos uma força sofrerá uma deformação, que pode ou não ser observada. Apertar ou torcer uma borracha, esticar ou comprimir uma mola, são situações onde a deformação nos materiais pode ser notada com facilidade. Mesmo ao pressionar uma parede com a mão, tanto o concreto quanto a mão sofrem deformações, apesar de não serem visíveis. A força restauradora surge sempre no sentido de recuperar o formato original do material e tem origem nas forças intermoleculares que mantêm as moléculas e/ou átomos unidos. Assim, por exemplo, uma mola esticada ou comprimida irá retornar ao seu comprimento original devido à ação dessa força restauradora.

Enquanto a deformação for pequena diz-se que o material está no regime elástico, ou seja, retorna a sua forma original quando a força que gerou a deformação cessa. Quando as deformações são grandes, o material pode adquirir uma deformação permanente, caracterizando o regime plástico. Nesta aula trataremos de deformações pequenas em molas, ou seja, no regime elástico.

A figura 1a mostra uma mola com comprimento natural x_0 . Se esta for comprimida até um comprimento $x < x_0$, a força F (também chamada de força restauradora) surge no sentido de recuperar o comprimento original, mostrado na figura 1b. Caso a mola seja esticada até um comprimento $x > x_0$ a força restauradora F terá o sentido mostrado em 1c. Em todas as situações descritas a força F é proporcional à deformação Δx , definida como $\Delta x = x - x_0$.

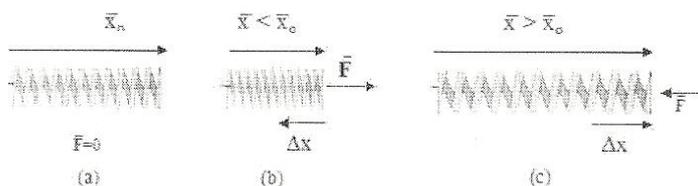


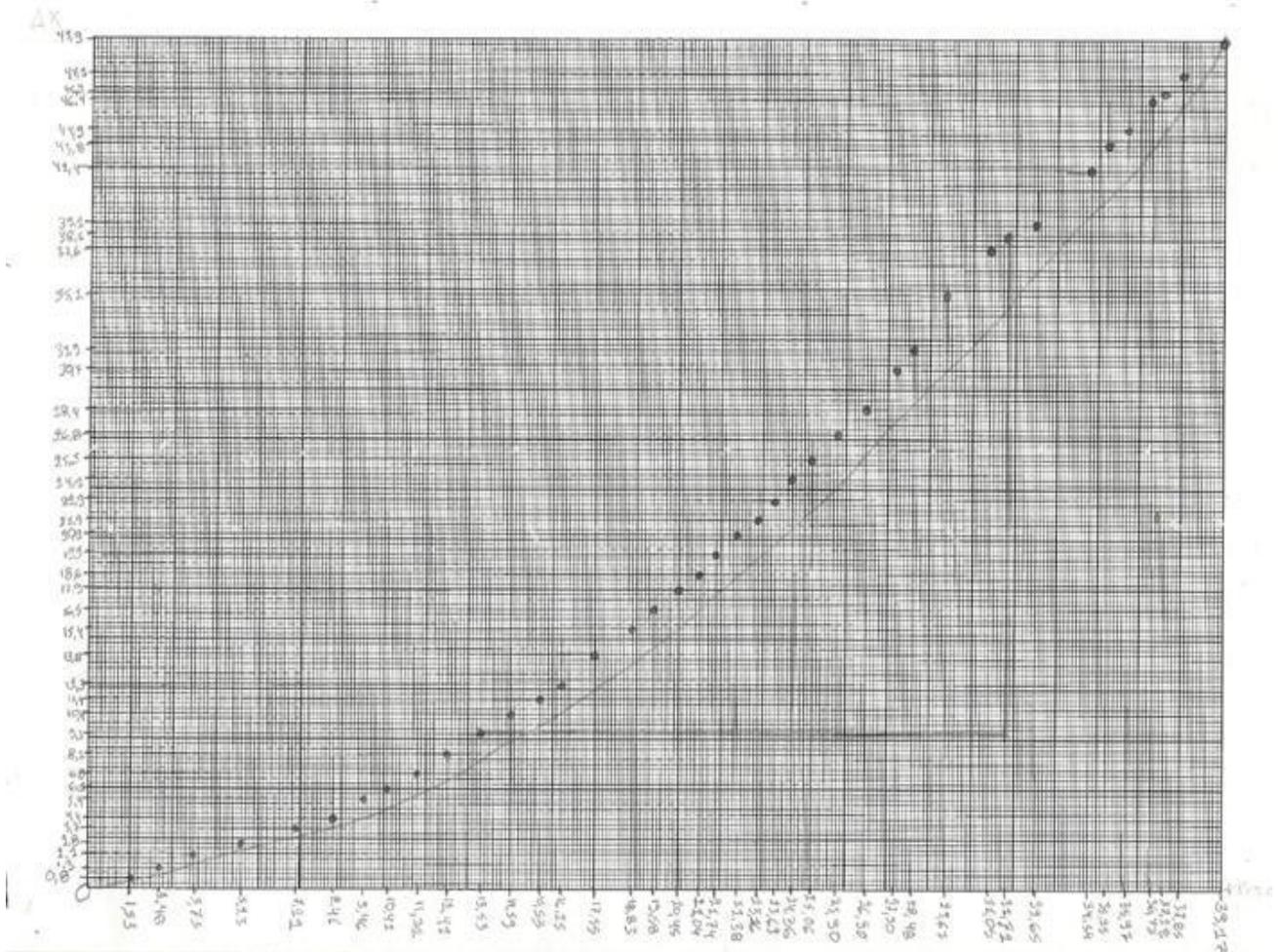
Figura 1

Em outras palavras, no regime elástico há uma dependência linear entre F e a deformação Δx . Este é o comportamento descrito pela lei de Hooke: $\mathbf{F} = -k\Delta\mathbf{x}$, onde k é a constante de proporcionalidade chamada de constante elástica da mola, e é uma grandeza característica da mola. O sinal negativo indica o fato de que a força F tem sentido contrário a Δx . Se k é muito grande significa que devemos realizar forças muito grandes para esticar ou comprimir a mola, portanto seria o caso de uma mola "dura". Se k é pequeno quer dizer que a força necessária para realizar uma deformação é pequena, o que corresponde a uma mola "macia".

As figuras 2a e 2b mostram a situação que iremos tratar nesta experiência. Consiste de uma mola não distendida suspensa verticalmente, com comprimento natural x_0 . Em 1b,

Figura 8: Imagem de um relatório com introdução escrita corretamente.

Os gráficos elaborados pelos alunos tiveram uma considerável similaridade com o gráfico fornecido pelo fabricante do tubo de látex, sob a força de alongamento do material, com código de referência 200 disponível no ANEXO 6. É observada uma curva característica da deformação massa-mola que compreende a lei de Hooke, em relação à quantidade de pesos colocado na sacola plástica, como mostram dois gráficos nas **Figuras 9 e 10**, as quais podem ser observadas melhor nos ANEXOS 7 e 8.



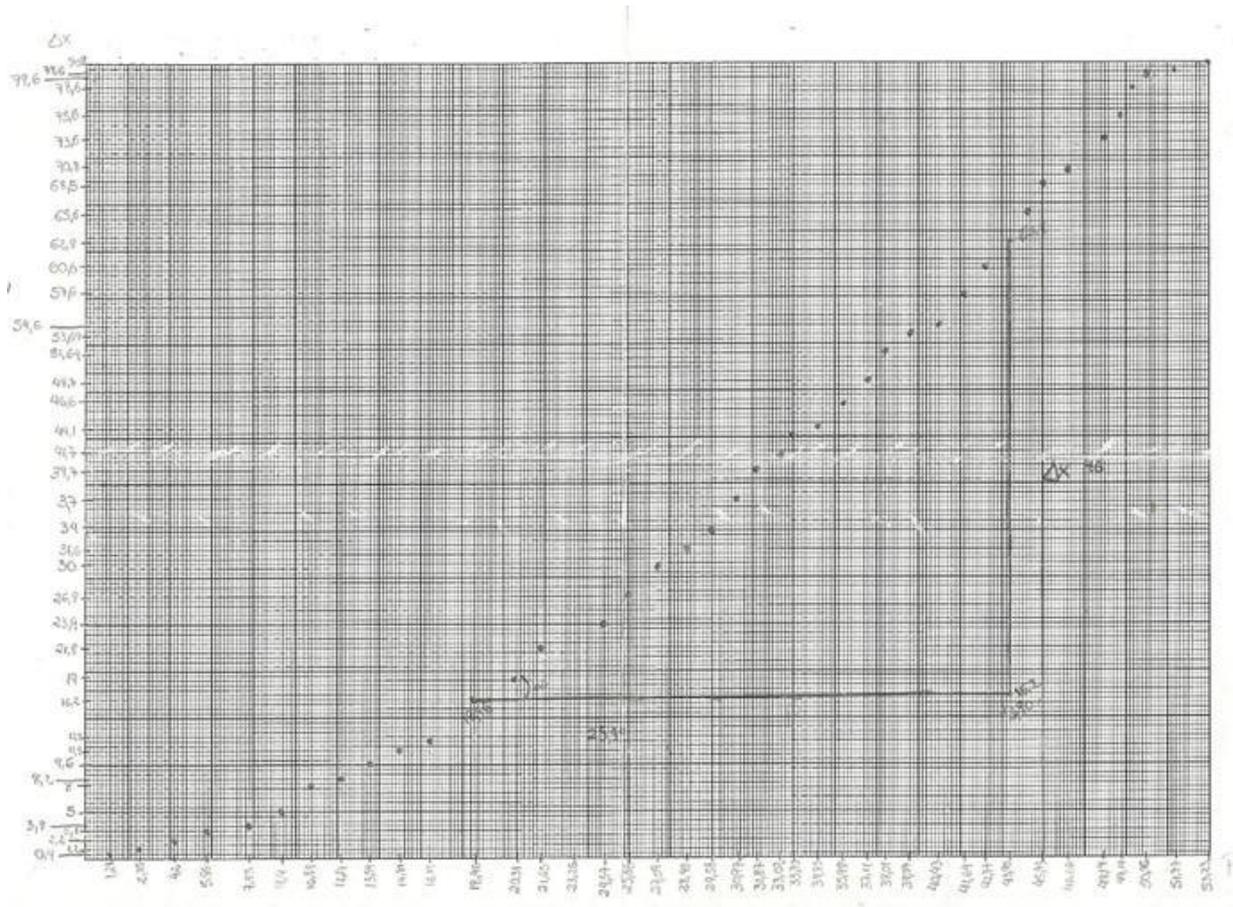


Figura 10: Imagem do gráfico obtido com os dados experimentais do grupo B.

De acordo com as especificações do fabricante, o alongamento do material é de 50% para massas de até 1,00kg, de 100%, entre 1,00 kg e 1,50 kg, de 150% entre 1,50 kg e, aproximadamente, 1,75 kg, de 200% entre 1,75 kg e 2,00 kg, de 250% entre 2,00 kg e 2,50 kg, de 300% entre 2,50 kg e, aproximadamente, 2,90kg e de 350% entre, aproximadamente, 2,90 kg e 3,20 kg, como ilustra a **Figura 11**.

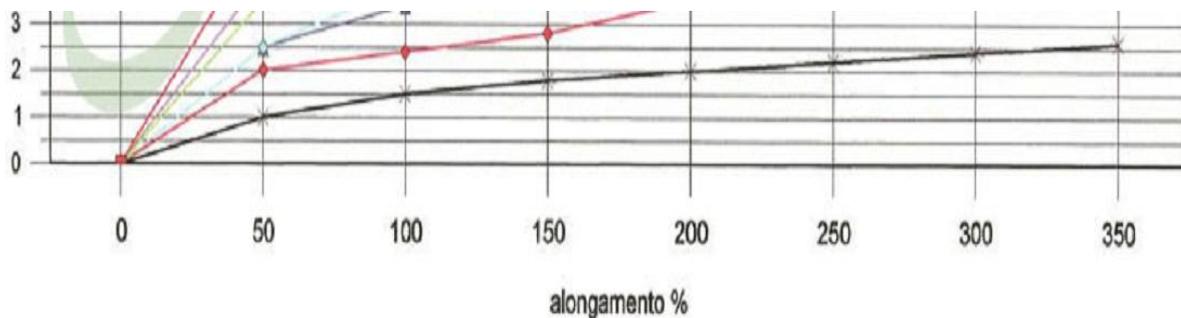
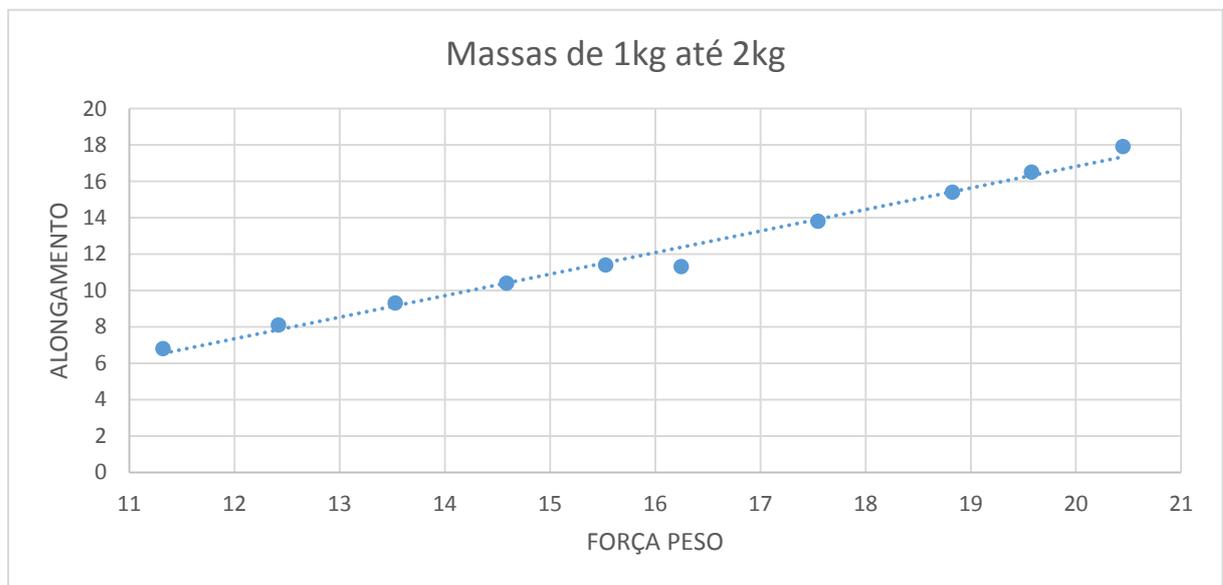
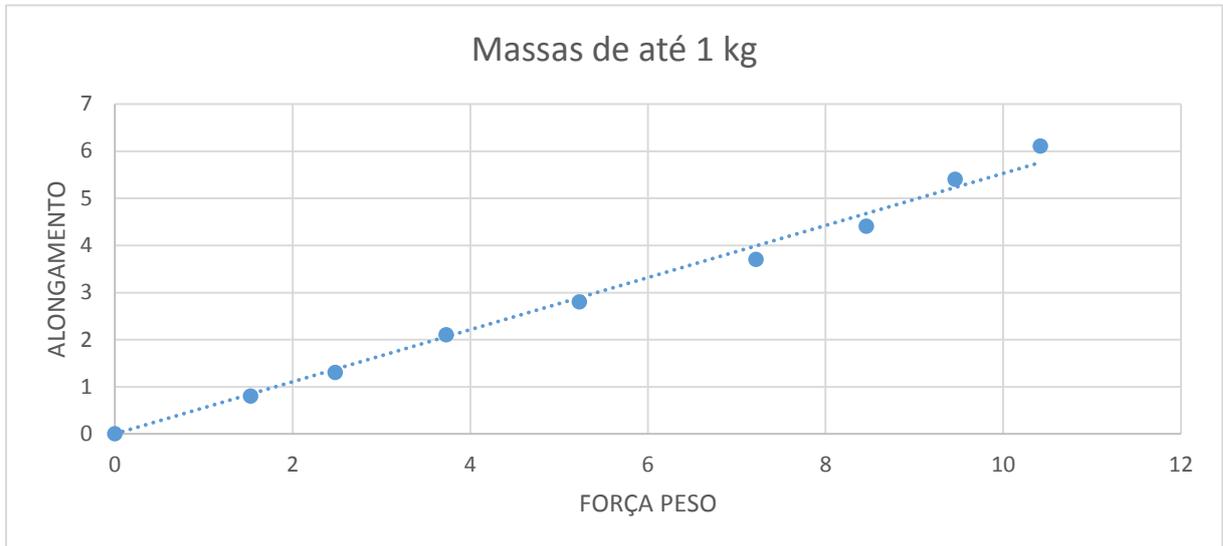


Figura 11: Diagrama de alongamento do fabricante do tubo de látex.

Analisando um dos gráficos elaborados pelos alunos, percebeu-se que, para cada intervalo de 1kg, existe uma similaridade na inclinação da reta de deformação elástica com aquelas observadas nas especificações do fabricante, como ilustra as imagens da **Figura 12**.



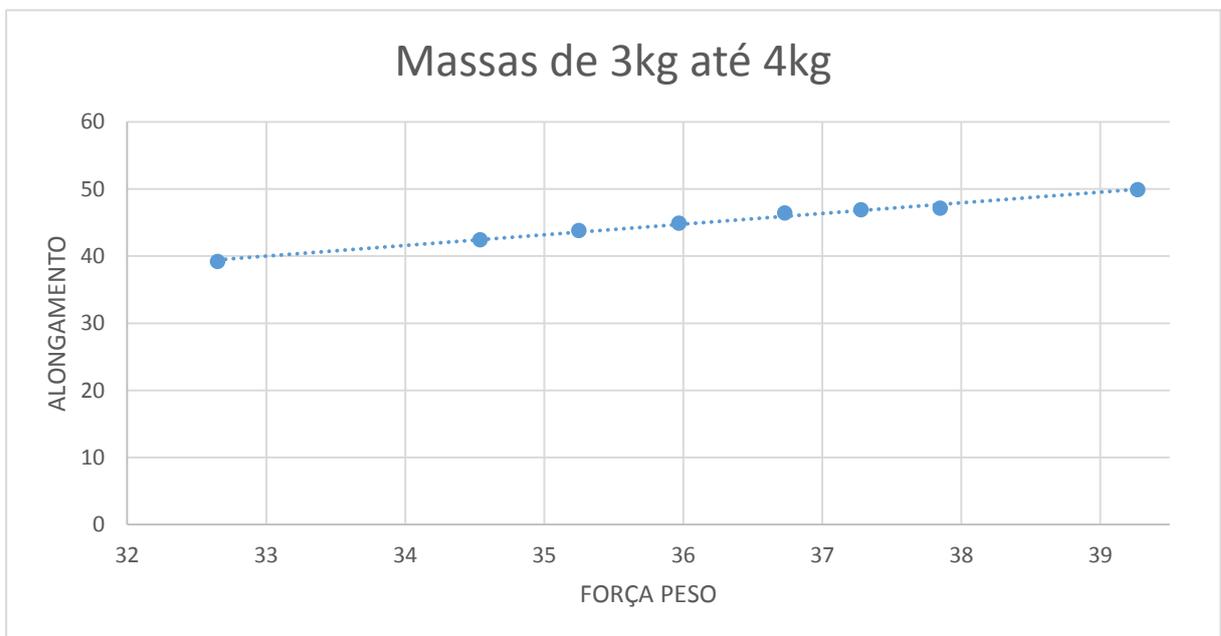
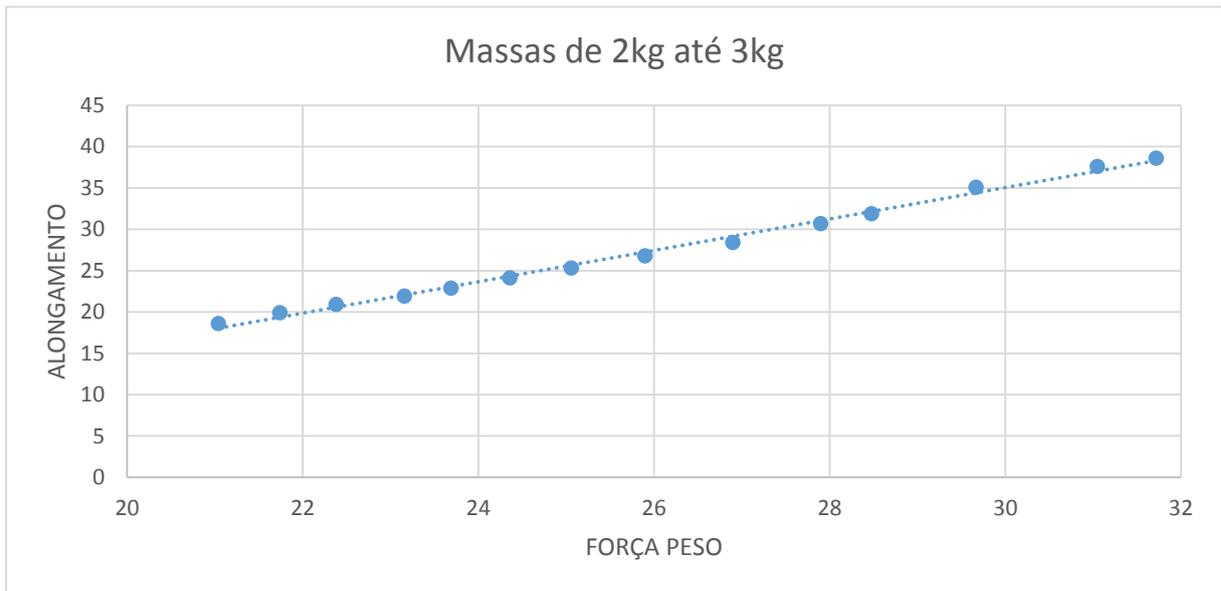


Figura 12: Gráficos com as retas de tendências

Para as massas de até 1 kg, é perceptível que há uma inclinação de reta compatível com as propostas nos livros didáticos, com uma inclinação acentuada à medida que se aumentam as massas.

Nos gráficos elaborados pelos alunos, foi notada uma inversão nos eixos. Por isso, foi plotado, para fins de comparação, um gráfico, no qual, no eixo horizontal foram colocados os valores da força peso e no eixo vertical os valores do alongamento do material, ajustando, assim, o gráfico de forma correta, como mostra a **Figura 13**.

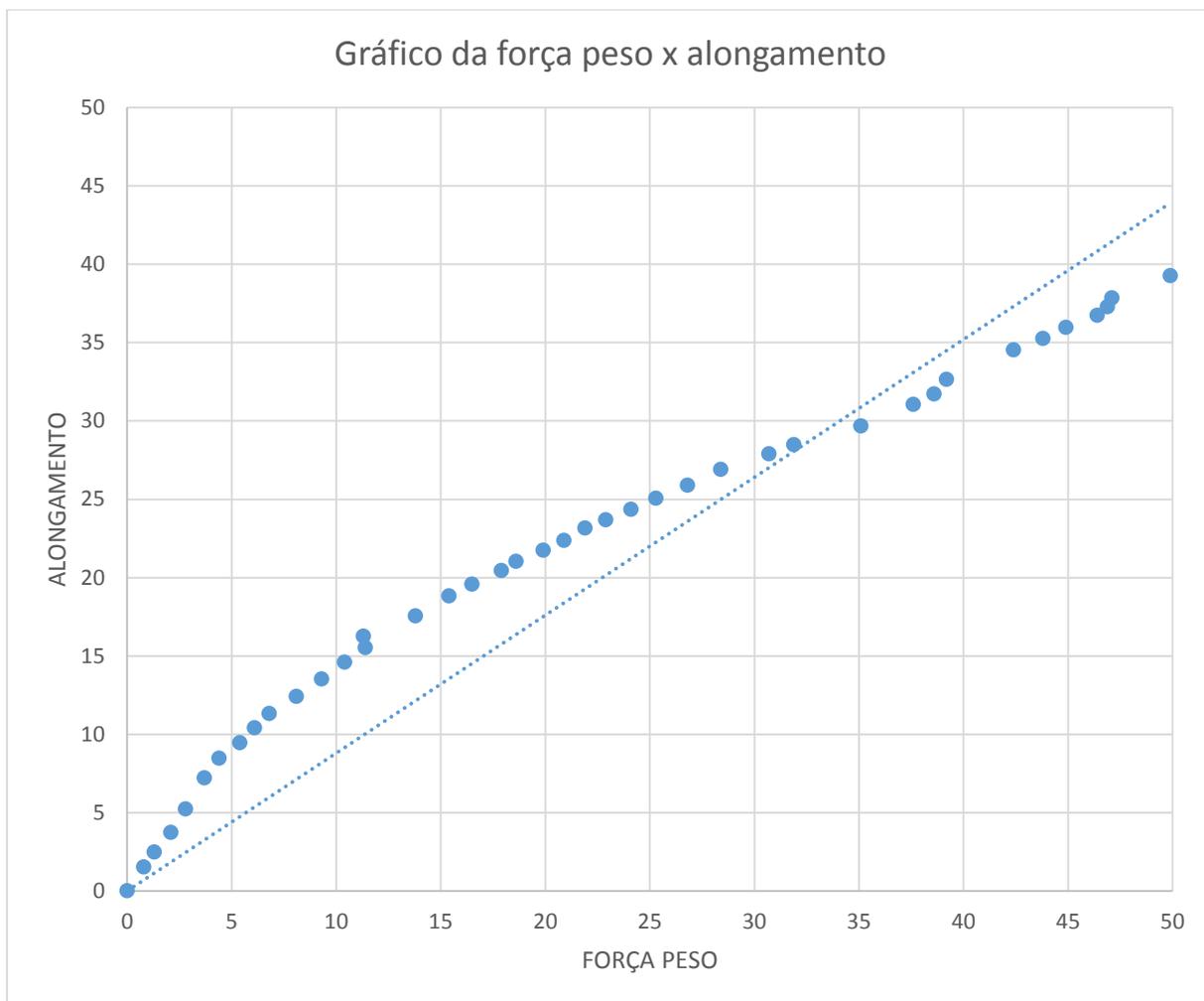


Figura 13: Gráfico da força peso x alongamento

Mesmo ocorrendo a inversão dos eixos, nota-se que o material segue a lei Hooke principalmente para massas de até 1,0 kg. Como a intenção era verificar o ensino e não a qualidade do material, pois os alunos já haviam elaborados os gráficos com os eixos invertidos. Posteriormente, foi mostrado a eles que os dados coletados e os gráficos elaborados estavam corretos, porém houve apenas uma falta de atenção na leitura do roteiro, que continha um gráfico como exemplo, ficando o alerta para as leituras nos próximos trabalhos que poderão realizar.

4.4 Avaliação Individual

A avaliação individual (ANEXO 9) mostra com maior clareza o entendimento de cada aluno perante o experimento realizado, juntamente com o relatório entregue. Para cada questão apresentada na avaliação individual, foi comparada a melhor e a

pior resposta encontrada, de acordo com o gabarito da Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP) de 2012.

Para a questão 1, item *a*, era preciso medir o tamanho da mola sem peso. Os resultados são mostrados na **Figura 14**. A resposta 1 foi adequada, enquanto a resposta 2 foi inadequada.

Comprimento da Mola 1 = 15 mm = 1,5 cm	Comprimento da Mola 2 = 18 mm = 1,8 cm
Mola 1: <u>1,5 cm</u>	Mola 1: <u>6,0</u>
Mola 2: <u>1,7 cm</u>	Mola 2: <u>8,0</u>
(a)	(b)

Figura 14: Respostas para a questão 1, item a: (a) resposta 1; (b) resposta 2

A questão 1, item *b*, propunha avaliar a capacidade do aluno de executar o procedimento experimental, encontrando o alongamento das molas com a adição de pesos. Na **Figura 15** é mostrado o gabarito, o resultado mais adequado (1) e o resultado inadequado (2).

Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1	2,1	2,1
2	4,1	3,0
3	6,4	4,6
4	8,4	6,0

(a)

Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1	2,0 cm	1,8 cm
2	4,2 cm	3,0 cm
3	6,0 cm	4,1 cm
4	8,4 cm	5,8 cm

1 Au = uma arruela, 2 Au = duas arruelas.

(b)

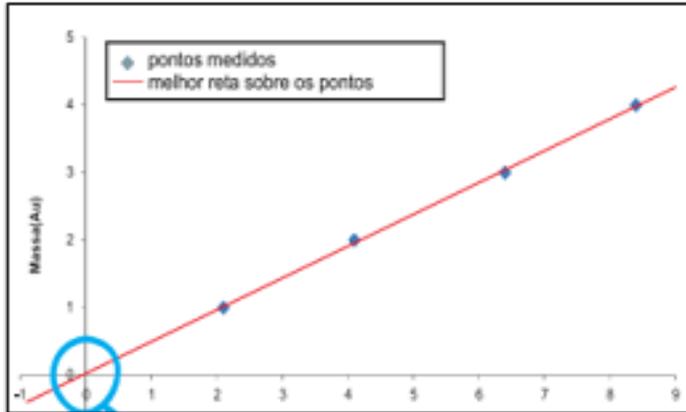
Massa (Au)	$x_1(\text{cm}) - \text{Mola 1}$	$x_2(\text{cm}) - \text{Mola 2}$
1	1,8	1,6
2	2,5	3,3
3	4,1	5,7
4	6,0	8,0

1 Au = uma arruela, 2 Au = duas arruelas.

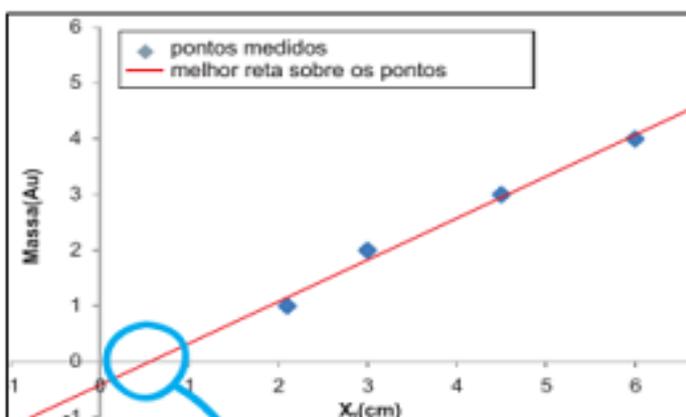
(c)

Figura 15: Respostas para a questão 1, item b: (a) Gabarito; (b) Resposta 1; (c) Resposta 2

A questão 2, item a, exigia que os alunos elaborarem o gráfico das molas 1 e 2 (massa em função da deformação). A Figura 16 mostra os gabaritos dos gráficos para cada uma das molas e, novamente, duas respostas dos alunos: resposta 1 adequada e a resposta 2 inadequado.

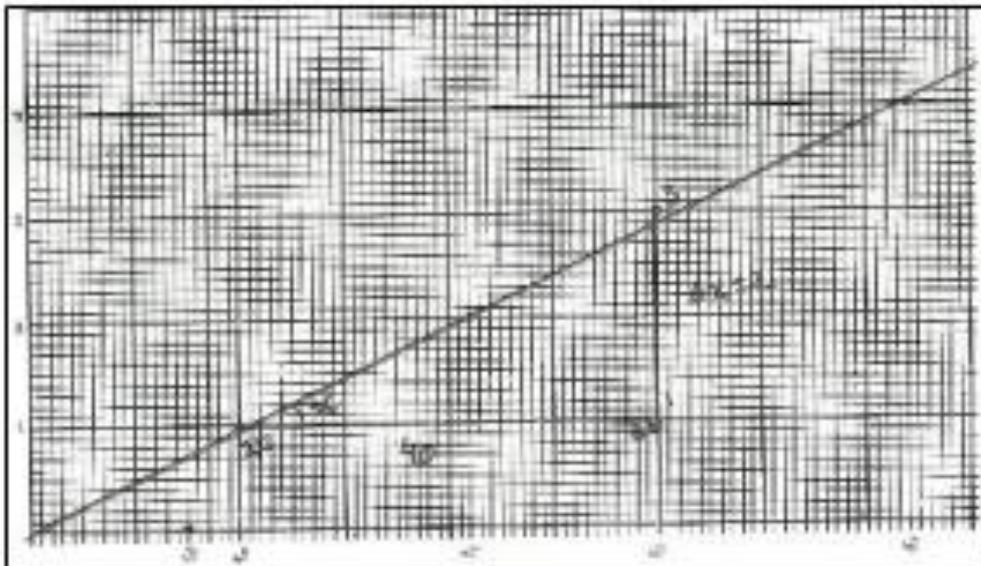


Mola 1

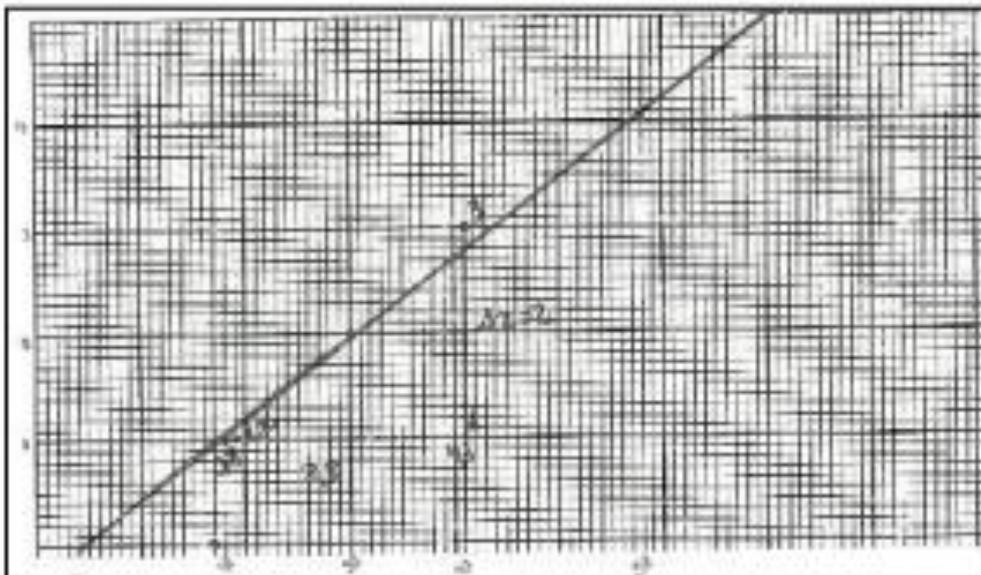


Mola 2

(a)

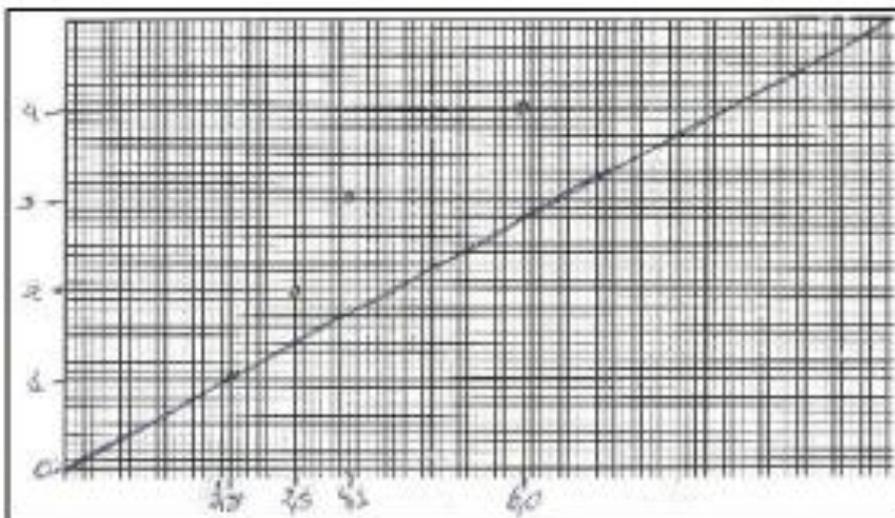


Mola 1

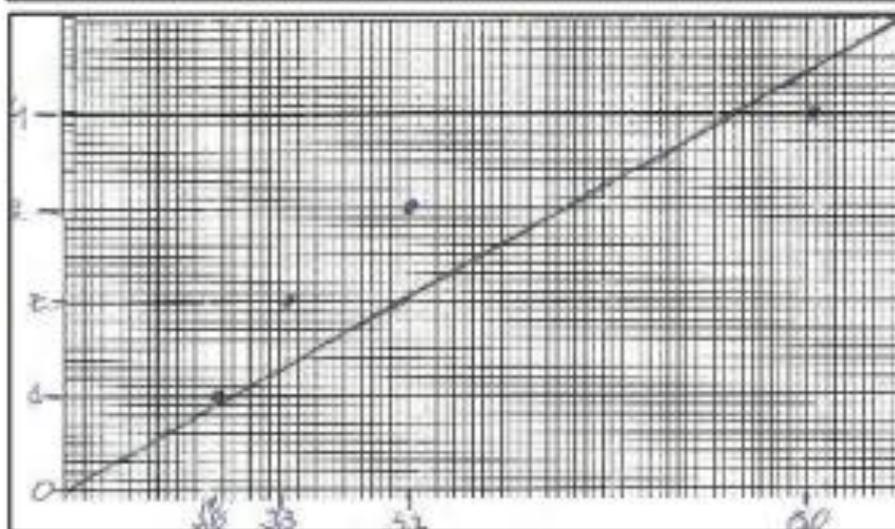


Mola 2

(b)



Mola 1



Mola 2

(c)

Figura 16: Respostas para a questão 2, item a: (a) Gabaritos; (b) Resposta 1; (c) Resposta 2

A questão 2, item b, os alunos deveriam determinar a constante de proporcionalidade entre a massa e a elongação da mola, a constante elástica das molas. O gabarito, resultado 1 satisfatório e resultado 2 insatisfatório, são mostrados na **Figura 17**.

Mola 1
$\frac{\Delta M}{\Delta x_1} = \frac{(2 - 1)}{(4,1 - 2,1)} = \frac{1}{2} = 0,5 \frac{[Au]}{[cm]}$
Mola 2
$\frac{\Delta M}{\Delta x_2} = \frac{(2 - 1)}{(3,0 - 2,1)} = \frac{1}{0,9} = 1,1 \frac{[Au]}{[cm]}$

(a)

$\gamma_{gr} = k = \frac{\Delta x}{p} = \frac{2}{2,5}$ $\gamma_{gr} = 0,86 \text{ cm}$ <p style="text-align: center;">mola 2</p>	$\gamma_{gr} = k = \frac{\Delta x}{p} = \frac{2}{4,0}$ $\gamma_{gr} = 0,5 \text{ cm}$ <p style="text-align: center;">mola 1</p>
--	---

(b)

$mola 1: \frac{1 - 1,8}{2 - 2,5} = \frac{-0,8}{-0,5} = 1,6 \text{ b/m}$
$mola 2: \frac{2 - 1,6}{2 - 3,3} = \frac{0,4}{-1,3} = 0,52 \text{ b/m}$

(c)

Figura 17: Respostas para a questão 2, item b: (a) Gabarito; (b) Resultado 1; (c) Resultado 2

A questão 2, item c, pedia para o aluno justificar qual das molas era a menos elástica, de acordo com a observação feitas nas perguntas anteriores. O gabarito, a resposta 1 adequada e a resposta 2 inadequada, são mostrados na **Figura 18**.

A Mola 1 é mais elástica porque para uma mesma variação de massa ΔM temos

$$\Delta x_1 > \Delta x_2$$

(a)

A mola 1, porque ela é mais fina e porque tem mais elasticidade.

(b)

é a mola 1 que é menos elástica porque a mola 2 é mais fina.

(c)

Figura 18: Respostas para a questão 2, item c:(a) Gabarito; (b) Resultado 1; (c) Resultado 2

Na avaliação individual, foi observada uma maior dificuldade em analisar os resultados, principalmente na última pergunta, a qual pedia para identificar qual das

duas molas era menos elástica. Esta observação poderia ser feita a partir dos dados mostrados na tabela da **Figura 16**. No ANEXO 9 é mostrada uma avaliação completa, considerada adequada, ou seja, com melhor rendimento e absorção do conteúdo e, no ANEXO 10, é mostrada uma avaliação considerada inadequada, para melhor visualização dos resultados apresentados.

4.5 Questionário

Ao final do desenvolvimento da atividade na sala de aula (em 2015), utilizando o kit experimental, foi aplicado um questionário de opinião, cujo objetivo era verificar a satisfação do aluno a respeito da maneira como a aula foi desenvolvida. Esta investigação, aplicada a 24 alunos do primeiro ano do Ensino Médio, além de averiguar a opinião dos alunos serviu também para o professor avaliar o efeito de sua metodologia no processo de ensino-aprendizado, adotada na sala de aula.

Inicialmente, foi perguntado aos alunos sobre a utilização de experimentos em sala de aula no ano anterior, enquanto eles ainda cursavam o Ensino Fundamental. Os resultados são mostrados na **Figura 19**.



Figura 19: Questão sobre a utilização de experimentos durante o Ensino Fundamental.

Pode-se observar, pelos resultados mostrados na **Figura 19**, que a grande maioria dos estudantes (83%) não havia realizado atividades experimentais no 9º ano do Ensino Fundamental. Aos alunos que responderam já terem utilizado experimentação em sala de aula (17%), abriu-se um espaço para uma questão dissertativa, para que eles descrevessem as atividades realizadas. Dentre elas,

foram citadas: atividade simulando digestão estomacal, utilizando um comprimido efervescente em água e óleo; atividade sobre atrito, utilizando o deslizamento do giz na lousa; deformação elástica da mola do caderno; e, mudança de coloração da água, utilizando produtos químicos (mudança de pH). Percebe-se, portanto, que mesmo tendo contato com a experimentação no ano anterior, aparentemente, estes estudantes tiveram um número pequeno de atividades realizadas em sala de aula.

Na sequência, foram aplicadas duas questões sobre o conteúdo abordado na atividade experimental aplicada no corrente ano (1º ano do Ensino Médio, 2015). As **Figuras 20 e 21** mostram os resultados.



Figura 20: Questão sobre o tipo de força abordada na atividade experimental.

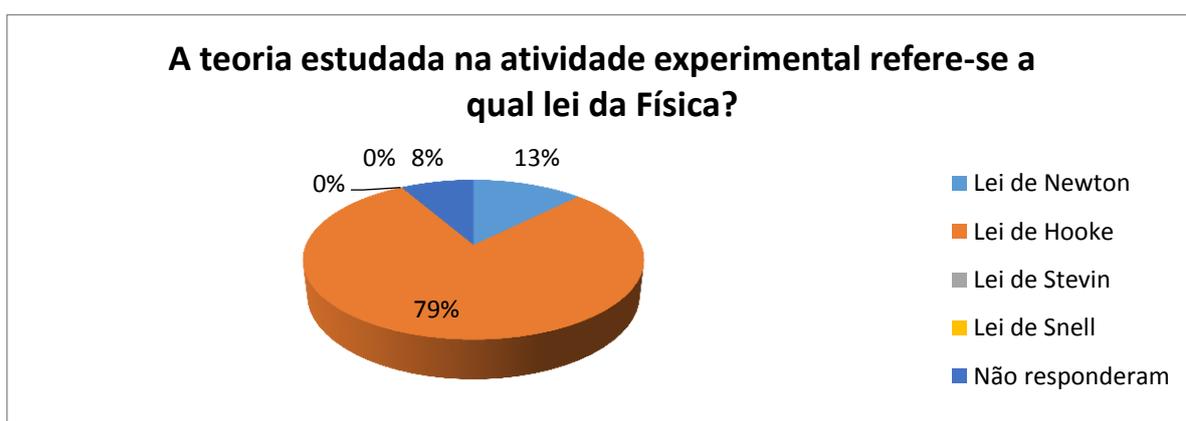


Figura 21: Questão sobre a lei da Física abordada na atividade experimental.

Destes resultados, pode-se observar que 79% dos alunos identificaram os principais conteúdos envolvidos nas atividades experimentais aplicadas em sala de

aula, embora se esperasse um percentual maior. O percentual de alunos que não identificaram os principais conceitos físicos envolvidos na atividade experimental, certamente corresponde àqueles participantes que não se envolveram durante sua realização. Foi observado, *in loco*, que alguns estudantes, embora estivessem trabalhando em grupo, dispersavam com conversas e/ou observações paralelas, alheias ao conteúdo que estava sendo proposto no momento da aula.

Também foi questionado aos alunos quanto ao seu apreço pelas aulas contendo a atividade experimental. As **Figuras 22 e 23** mostram os resultados.

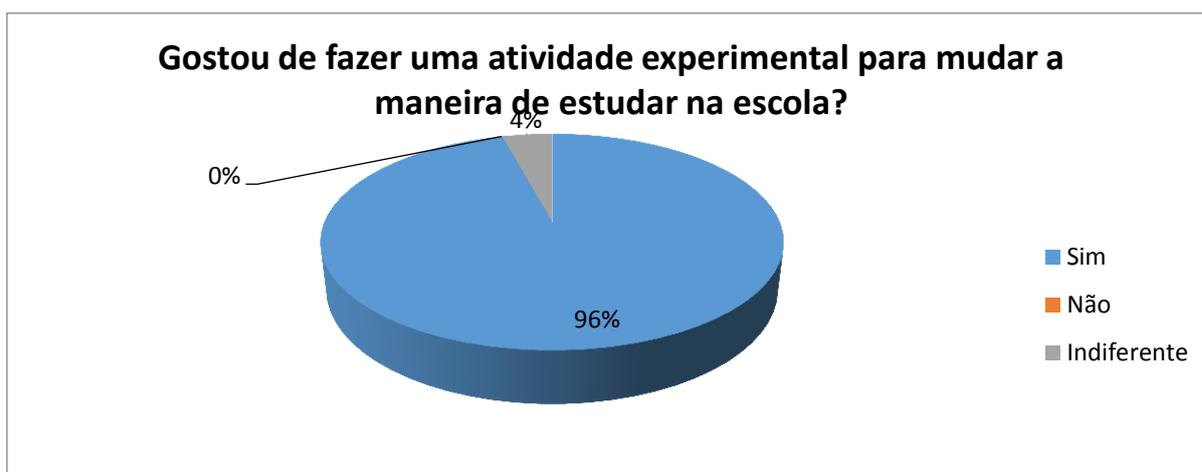


Figura 22: Consideração dos alunos quanto à realização da atividade experimental em sala de aula.

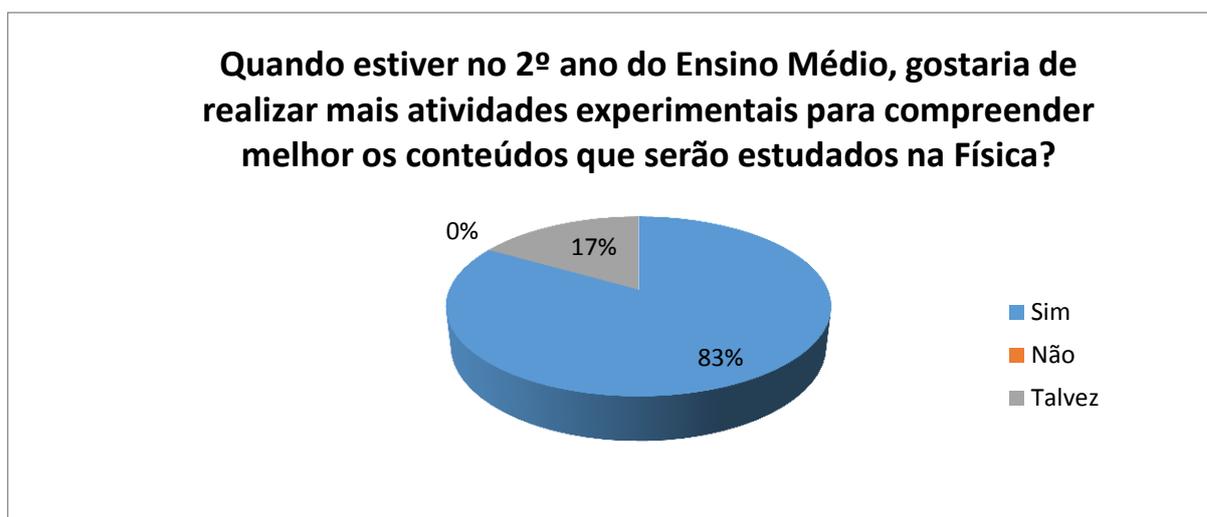


Figura 23: Consideração dos alunos quanto à aplicação da atividade experimental em séries futuras.

Os resultados apresentados nas **Figuras 22 e 23** mostram que grande parte dos alunos gostou de realizar a atividade experimental em sala de aula e esperam que tais atividades continuem a ser desenvolvidas na série sequente. Este percentual é relevante e suficiente para concluir que o desenvolvimento de

atividades experimentais aliadas ao ensino teórico são condições essenciais para se obter um envolvimento ativo do aluno em sala de aula, privilégio este, disponível em poucas disciplinas que compõem o núcleo comum do currículo das escolas públicas.

Foi perguntado aos alunos, também, sobre suas dificuldades durante a realização das atividades experimentais e, os resultados para esta questão, são mostrados na **Figura 24**.

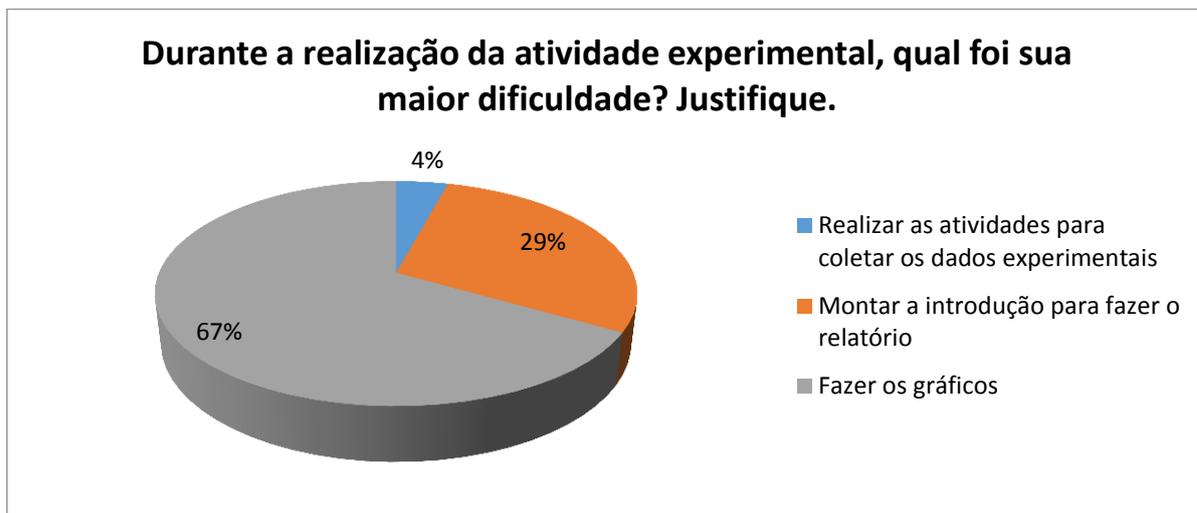


Figura 24: Questão sobre as dificuldades encontradas, pelos alunos, durante o desenvolvimento das atividades experimentais.

É observado que grande parte dos alunos respondeu ter sentido dificuldade na produção de gráficos (67%). Durante o momento da tabulação dos dados experimentais e produção dos gráficos, foi observado, de fato, uma grande dificuldade em efetuar cálculos e utilizar papel milimetrado para dispor os pontos, acarretando na utilização de um grande tempo das aulas para que pudessem completar a tarefa. Para esta questão, abriu-se um espaço para que os alunos descrevessem, justificando, o porquê de sua opção. Algumas respostas relevantes foram:

“Porque é mais complicado. Tem que fazer várias contas e achar onde corta o eixo x e y.”

“Para fazer os gráficos eram muitos cálculos complicados.”

“Porque temos que fazer contas para montarmos o gráfico.”

“Pois anotar os dados pode haver uma certa confusão em adicionar os números”.

“Porque ao montarmos os gráficos com os cálculos feitos, temos que ter maior atenção no momento de colocar os dados no gráfico”.

Ainda com relação às dificuldades encontradas pelos alunos, 29% disseram ter sentido dificuldade em escrever a introdução para fazer o relatório. Este resultado pode estar relacionado ao fato de os estudantes precisarem realizar algumas pesquisas referentes ao assunto, tanto em livros didáticos, como em sites da internet. A necessidade de ler textos e selecionar alguns trechos importantes tira o aluno de uma situação de conforto e discussões em grupos e coloca-o em uma situação de trabalho individual, na qual cada um deveria interpretar e raciocinar sobre o assunto pesquisado. Alguns depoimentos, revelados pelos alunos, mostram claramente tal situação descrita:

“Porque não consigo expressar muito bem em palavras, o que entendi sobre o conteúdo.”

“Porque muitas coisas eu não havia copiado certo e tinha algumas coisas que eu tinha que pensar em grupo.”

“Na hora eu me perdi e fiz tudo errado.”

“Montar a introdução. Achei um pouco ruim.”

A **Figura 24** mostra, ainda, que 4% dos alunos tiveram dificuldade em realizar as atividades para coletar os dados experimentais. Este resultado corresponde a apenas um aluno, cuja justificativa foi:

“Para realizar as atividades para coletar os dados experimentais foi mais difícil porque precisava de força e agilidade.”

Outras questões sobre o ambiente de trabalho e o tipo de aula de Física a ser desenvolvida na escola, também foram aplicadas aos alunos. As **Figuras 25 e 26** mostram os resultados.



Figura 25: Questão sobre a influência do ambiente para realização das atividades experimentais.



Figura 26: Questão sobre o tipo de aula de Física que os alunos gostariam de ter na escola.

Destes resultados, pode-se observar que quase a totalidade de alunos (96% - **Figura 25**) considera que um ambiente adequado para realização de experimentos, ajudaria no preparo e execução das atividades. É importante salientar que esta consideração, feita pela maioria dos alunos, se refere a algumas aulas experimentais específicas aplicadas em sala. Dependendo da atividade experimental, é extremamente necessário um ambiente apropriado, como, por exemplo, uma sala de experimentação ou laboratório didático. Entretanto, sabe-se que uma grande quantidade de experimentos pode ser desenvolvido dentro da própria sala de aula, desde que seja previamente elaborado pelo professor.

Uma grande maioria dos alunos (71% - **Figura 26**) considera que a utilização de aulas teóricas com experimentos seria mais importante para o aprendizado, enquanto 21% acham que apenas o desenvolvimento de experimentos seria importante. Apenas 8% dos alunos consideram que a utilização de livros e a explicação do professor, em aulas teóricas, seriam suficientes para seu aprendizado. Os resultados para esta questão são relativos, pois cada estudante tem uma maneira individual de aprender e, então, podem de fato, apresentar opiniões singulares sobre o tipo de aula que desejam ter na escola.

Para finalizar, foi perguntado ao aluno sobre seu empenho e dedicação em realizar as atividades experimentais em sala de aula. Para isso, o aluno deveria se

autoavaliar, atribuindo uma nota de 0 a 5 a si mesmo. A **Figura 27** mostram os resultados.

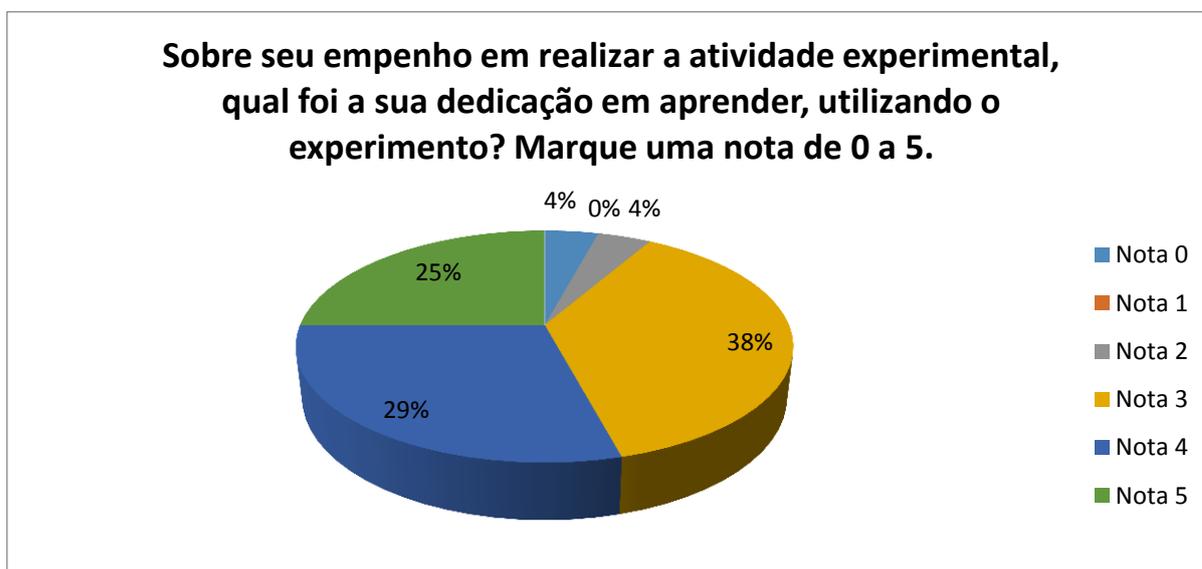


Figura 27: Questão sobre o empenho e dedicação dos alunos durante a realização das atividades experimentais.

Pode-se observar que 4% dos alunos atribuiu nota 0 para sua dedicação, assim como 4%, também, se auto avaliaram com nota 2. Nenhum aluno conferiu-lhe uma nota 1. O maior percentual de alunos (38%) aplicaram nota 3 à sua dedicação e 29% consideraram que sua dedicação tinha mérito de nota 4. Do total, 25% dos alunos atribuíram-lhes uma nota máxima em sua auto avaliação. A oportunidade de auto avaliação é muito importante para o aluno, pois ele passa a refletir com consciência sobre suas próprias dificuldades. Para o professor, a auto avaliação dos estudantes permite obter informações sobre sua aprendizagem, orientando-o para eventuais alterações metodológicas para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficaz.

De maneira geral, os resultados apresentados no questionário de opinião discutidos acima, mostraram que os alunos gostaram de realizar as atividades experimentais na sala de aula, embora não se tenha uma satisfação abrangendo 100% da turma, naturalmente. Também, pôde-se verificar que os alunos reconheceram a importância da atividade experimental aliada às aulas teóricas de Física para melhor compreensão dos conteúdos abordados. Além disso, os alunos foram capazes de verificar as suas próprias dificuldades encontradas durante a

realização das atividades. Estes resultados permitiram, ao professor, verificar acertos e falhas em sua postura e metodologia adotadas na sala de aula, com o desenvolvimento de atividades experimentais.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação das atividades experimentais foi realizada em comum acordo com os alunos. Inicialmente foi sugerido aos alunos que fosse utilizado o kit experimental preparado, como produto final deste trabalho, utilizando materiais alternativos e de fácil acesso.

Os alunos mostraram-se bastante interessados em realizar tais atividades, visto que, a aplicação de experimentação em sala de aula é pouco comum na escola. Dessa forma, observou-se um grande envolvimento dos alunos na realização de todas as etapas propostas para a atividade experimental, nas quais os alunos aprenderam a buscar novos conhecimentos e, ao mesmo tempo, se auto avaliarem.

Algumas dificuldades foram naturalmente encontradas, por exemplo, a plotagem dos gráficos utilizando os dados experimentais. De qualquer forma, observou-se que os objetivos propostos inicialmente, foram atingidos, pois além de terem sido motivados, os resultados das avaliações mostraram um desempenho satisfatório quanto ao aprendizado dos alunos. O kit experimental preparado para estas atividades, pode ser facilmente confeccionado por outros professores de física da rede ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASPAR, A. Experiências de Ciências Para o Ensino Fundamental. São Paulo: Editora Ática, 2005. 328p.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília: MEC/SEMT, 2000.

CAPELO, Fernando de Mendonça. Revista de estudos Rogerianos. A pessoa como centro. Ed. Nº 5. Primavera verão 2000.

CECHIN, Andréa F. Teoria Humanista: Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em <<http://pt.slideshare.net/afcechin/rogers>>. Acesso em 02/02/2015.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. Usando o Excel para medidas de intervalo de tempo no laboratório de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 203-211, 2004.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. Usando o Excel para medidas de intervalo de tempo no laboratório de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 203-211, 2004.

HAAG, R.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Por que e como introduzir aquisição automática de dados no laboratório didático de Física? Física na Escola, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 89-94, 2005.

MEES, Alberto Antônio. Implicações das teorias de aprendizagem para o ensino de Física. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/cref/amees/teorias.htm>>. Acesso em 13/02/2015.

MOREIRA, M. A., 1942 - Teorias de Aprendizagem, São Paulo: EPU, 1999.
PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. / Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília : MEC ; SEMTEC, 2002. 144 p. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.

PINHO-ALVES, J. Atividades experimentais: do método à prática construtivista. 302 f. tese de Doutorado. PPGE/CED/UFSC-Florianópolis/SC, 2000a.

ROGERS, Carl R. Terapia centrada no paciente. São Paulo: Martins Fontes 1975.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no Ensino de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 20, n.1, p. 30-42, abr. 2003.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.17, n.3: p.360-369, 2000.

YouTube. Aprender a aprender. Video (7min50s). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Pz4vQM_Emzl>. Acesso em junho de 2013.

ANEXO 1

ROTEIRO EXPERIMENTAL: DETERMINAR A CONSTANTE ELÁSTICA DO TUBO DE LATEX

1. OBJETIVOS

Determinar a constante elástica do tubo de látex através da lei de Hooke.

2. RESUMO TEÓRICO

Durante a história de sobrevivência do homem e de lutas contra outras civilizações, os materiais elásticos são os protagonistas dentro desta história. Várias brincadeiras também utilizam materiais elásticos como o estilingue, arco e flecha e carrinhos de bexiga.

A prática de estilingues no Brasil ainda é bastante comum em brincadeiras infantis e adolescentes, principalmente em áreas menos urbanizadas e no campo. Observa-se, contudo, em pequena medida, o uso do estilingue na prática de caça e até mesmo na pesca por parte de muitos adultos e uma tendência à prática como hobby.

A lei de Hooke é a lei da física relacionada à elasticidade de corpos, que serve para calcular a deformação causada pela força exercida sobre um corpo, tal que a força é igual ao deslocamento da massa a partir do seu ponto de equilíbrio vezes a característica constante do corpo que é deformada: $F = k \cdot \Delta x$, no SI, F em newtons, k em Newton/metro e Δx em metros.

Nota-se que a força produzida pelo elástico é diretamente proporcional ao seu deslocamento do estado inicial (equilíbrio). O equilíbrio no elástico ocorre quando ele está em seu estado natural, ou seja, sem estar esticada. Após estica-la, o tubo de látex sempre faz uma força contrária ao movimento, calculada pela expressão acima.

3. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 30 cm de tubo de látex.
- Tiras elásticas.
- 4 pedaços de 10 cm de arame grosso.
- 5 peças com massas de 500 gramas (meio quilo).
- Uma trena de 3 m ou 5 m.
- Uma balança.

4. PROCEDIMENTO

1. Montar uma balança de gancho como mostra a figura abaixo.



2. Medir as massas dos objetos e calcular seus pesos na tabela abaixo. Utilize $g = 10 \text{ m/s}^2$ para calcular o peso.

	Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)
Objeto 1			
Objeto 2			
Objeto 3			
Objeto 4			
Objeto 5			

3. Medir o estiramento do tubo de látex com os conjuntos de pesos da tabela acima e anotar na tabela abaixo.

	Comprimento inicial (x_0) sem peso (cm)	Elongação com objeto (x_1) com peso (cm)	Varição da elongação ($\Delta x = x_1 - x_0$) (cm)
Sem Objetos			
OBJETO 1 e 2			
OBJETO 1 e 3			
OBJETO 1 e 4			
OBJETO 1 e 5			
OBJETO 2 e 3			
OBJETO 2 e 4			
OBJETO 2 e 5			
OBJETO 3 e 4			
OBJETO 3 e 5			
OBJETO 4 e 5			

5. Completar a tabela e construir um gráfico da força peso deformadora (P) em função da elongação (Δx) no papel milimetrado.

	Força Peso dos objetos (N)	Força Elástica do tubo de látex (N)	Varição da elongação (Δx)
Sem Objetos			
OBJETO 1 e 2			
OBJETO 1 e 3			
OBJETO 1 e 4			
OBJETO 1 e 5			
OBJETO 2 e 3			
OBJETO 2 e 4			
OBJETO 2 e 5			
OBJETO 3 e 4			
OBJETO 3 e 5			
OBJETO 4 e 5			

ANEXO 2

ROTEIRO EXPERIMENTAL

A LEI DE HOOKE ASSOCIADA AO TUBO DE LATEX EM PARALELO

6. OBJETIVOS

Determinar a constante elástica do tubo de látex associado em paralelo a partir do gráfico “força elástica x deformação”.

7. RESUMO TEÓRICO

Quando um material elástico está sob a ação de uma força ela sofre uma deformação Δx proporcional à força aplicada F . A característica do material elástico é que, cessada a força deformadora, ela volta à condição inicial. A deformação depende do tipo de material de que ela é feita. Representamos essa dependência pela constante elástica ou rigidez k . Usando a linguagem matemática expressamos o que foi dito pela função:

$$F_{el} = k \cdot \Delta x \text{ (Lei de Hooke)}$$

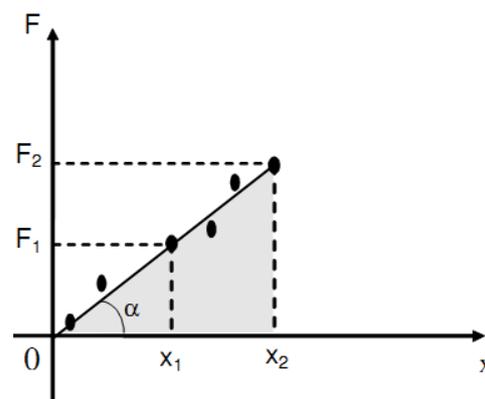
O dinamômetro é um medidor de forças baseado na propriedade acima, o peixeiro o usa para medida do peso do peixe, nos laboratórios serve para medida de forças, os lutadores de boxe o utilizam para medida da força do soco, etc.

Abaixo apresentamos a análise do gráfico “força \times deformação”, de uma mola que foi alongada de x_1 devido a ação da força F_1 . Consideramos o módulo da força F no gráfico abaixo.

Examinando o gráfico é fácil de verificar que:

$$\text{Inclinação } \alpha = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{F_2 - F_1}{x_2 - x_1} = k$$

Observe que os pontos x_1 e x_2 foram selecionados entre os pontos interceptados pela reta ajuste.



MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 30 cm de tubo de látex.
- Tiras elásticas.
- 2 parafusos de 8mm com 4 arruelas e 2 polcas.
- Uma trena de 3 m ou 5 m.
- Uma balança.

- 3 parafusos em forma de ganchos pequenos.
- Peça de madeira (forro) medindo 8cm x 5cm.
- Uma madeira medindo 25cm x 50cm.
- 40 pedrinhas de cascalho de tamanhos pequenos.
- 2 sacolas plásticas.

8. PROCEDIMENTO

4. Montar o aparato experimental como mostra a figura abaixo.



5. Posicione o aparato experimental invertido e pendure a sacola no gancho inferior
6. Coloque a quantidade pedra indicada na primeira coluna do gráfico abaixo e anote na tabela a massa respectiva a quantidade de pedras na sacola
7. Calcule o peso das pedras e anote na coluna 3 utilizando a equação $P = \left(\frac{m}{1000}\right) \cdot g$, onde $g = 10 \text{ m/s}^2$.
8. O comprimento inicial do elástico (X_0) deve ser anotado na coluna 4 em centímetros (cm).
9. Na coluna 5 anote o estiramento do elástico com a sacola pendurado com as pedras em centímetros (cm).
10. Na coluna 6 calcule a deformação do elástico. Nesta operação você deve olhar para a madeira e a régua horizontalmente; nunca de baixo para cima ou de cima para baixo (erro de paralaxe).
11. Na última coluna calcule a constante elástica da mola utilizando a fórmula $k = \frac{P}{\Delta x} \cdot 100$ (N/m)

5. ATIVIDADES

- a) Montar o gráfico no papel milimétrico do “peso x deformação elástica”.
- b) Encontrar o valor da constante k através do gráfico.

TUBO ELASTICO ASSOCIADO EM PARALELO						
Nº PEDRAS	m (g)	P (N)	X_0 (m)	X (m)	$\Delta x = X - X_0$	$k = \frac{P}{\Delta x}$ (N/m)
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ANEXO 3

ESTRUTURA PARA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS DE FÍSICA

NOME DA ESCOLA
NOME DOS ALUNOS EM ORDEM ALFABÉTICA
SÉRIE
NOME DO PROFESSOR COMPLETO
LOCAL E DATA

Título do Experimento

Objetivo

Descrever aqui o que pretende encontrar realizando a atividade experimental.

Introdução teórica

Escrever a teoria encontrada no livro didático da escola entregue a você ou de um livro da biblioteca. Pode ser usado da internet, mas deve ser colocado o site nas referências bibliográficas.

Material utilizado

Aqui se descreve todo o material utilizado para a realização do experimento.

Procedimento Experimental

Escreva todas as etapas do experimento, pode ser colocado fotos ou imagem referente ao experimento. Quanto maior os detalhes escritos melhor o resultado.

Obtenção e análise dos resultados

Nesta etapa deve mostrar os cálculos que utilizou para montar o relatório, devidamente organizado, anexando os gráficos que foram feitos.

Conclusões

Aqui deve ser exposto os resultados e as opiniões do grupo em relação ao referencial teórico e a opinião pessoal.

Bibliografia

Aqui irá colocar o nome dos livros consultados e os sites onde encontrou parte de seu trabalho para montar o relatório.

Anexos

Coloque aqui os gráficos e questionário.

ANEXO 4

Olá estudante.

Este questionário tem a intenção de investigar a sua satisfação sobre a aula usando um aparato experimental simples como apoio de ensino na escola. Portanto não é necessário colocar seu nome. Seja honesta com sua resposta para ajudar a melhorar o ensino de Física. Desde já agradeço a sua colaboração.

1. Quando estudou no ensino fundamental (9ª ANO), já havia estudado utilizando experimentos?

Sim () Não ()

2. Se já havia feito experimentos alguma vez, consegue lembrar qual o assunto do experimento ou descrever como foi realizado? Se não fez pule esta pergunta.

3. A atividade experimental realizada em sala de aula este ano, investiga qual tipo de força? Marque apenas uma opção.

a) Força normal. b) Força de atrito. c) Força peso. d) Força elástica.

4. A teoria estudada na atividade experimental refere-se a qual lei da Física?

a) Lei de Newton b) Lei de Hooke c) Lei de Stevin d) Lei de Snell

5. Gostou de fazer uma atividade experimental para mudar a maneira de estudar na escola?

Sim () Não () Indiferente ()

6. Quando estiver no 2 ANO ensino médio, gostaria de realizar mais atividades experimentais para compreender melhor os conteúdos que serão estudados na Física?

Sim () Não () Talvez ()

7. Durante a realização da atividade experimental qual foi a maior dificuldade? Escolha apenas uma opção e justifique.

- a) realizar as atividades para coletar os dados experimentais.
- b) montar a introdução para fazer o relatório.
- c) fazer os gráficos.

JUSTIFIQUE: _____

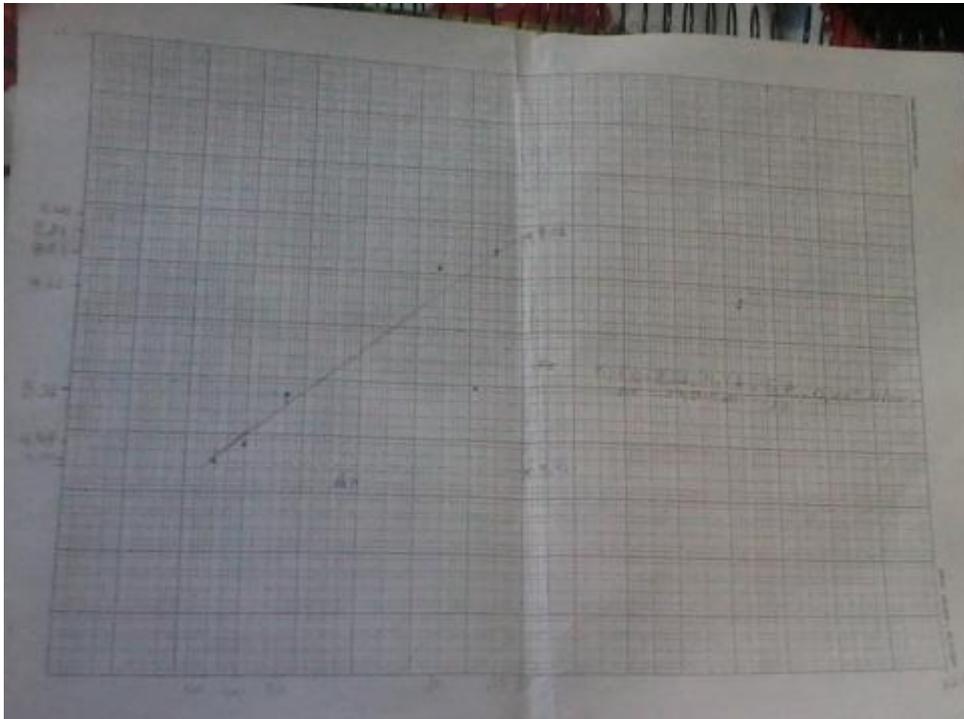
8. Se existisse na escola uma sala para realizar as atividades experimentais em Física, ajudaria no preparo e montagem dos experimentos?

Sim () Não () Talvez ()

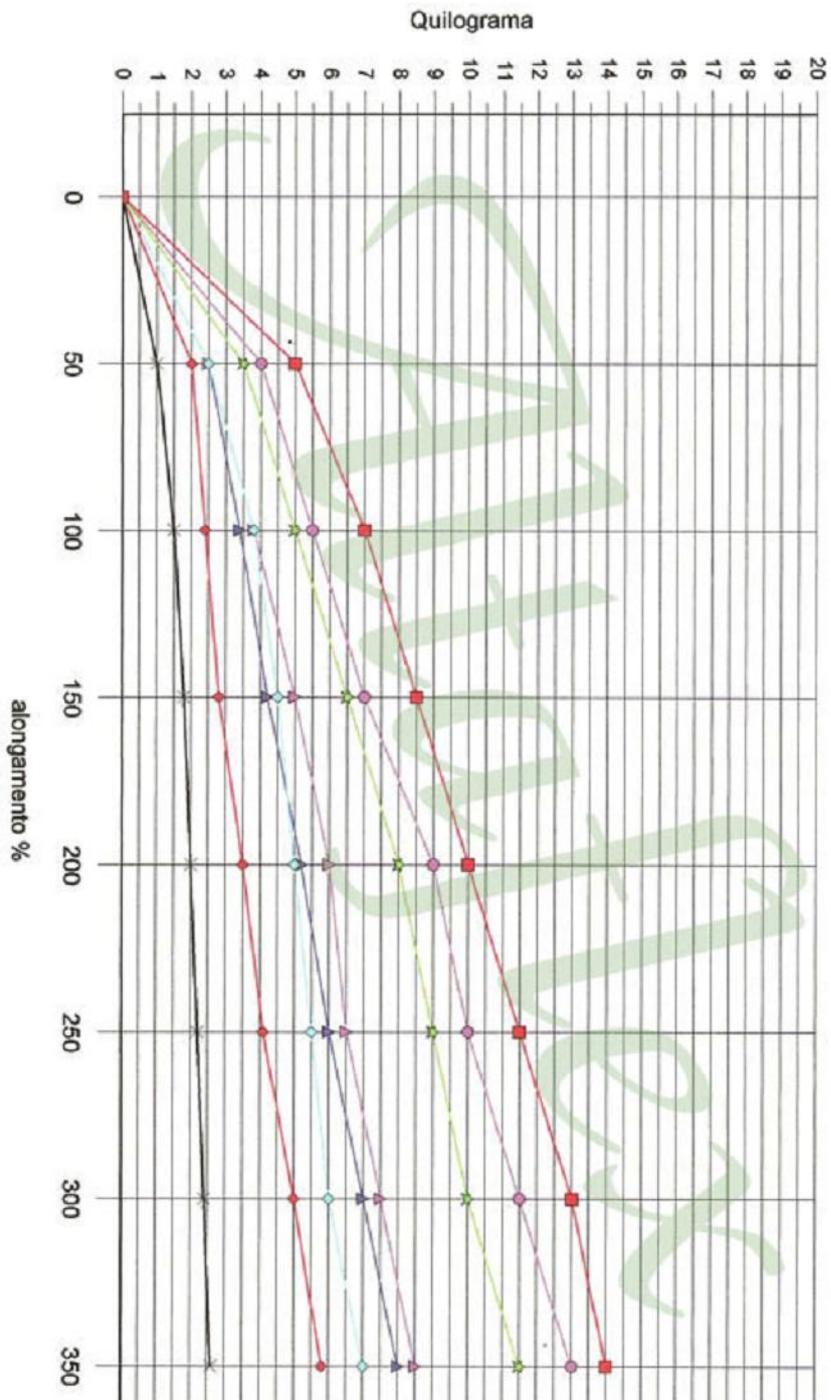
9. Qual tipo de aula gostaria de ter na escola que considera importante para seu aprendizado em Física?
- a) **Teóricas:** apenas utilizando os livros com as explicações do professor.
 - b) **Experimentais:** utilizar apenas os experimentos.
 - c) **Teóricas com experimentos:** Utilizar os dois métodos porque um complementa o outro.
10. Sobre o seu empenho em realizar a atividade experimental, qual foi a sua dedicação em aprender utilizando o experimento? Marque uma nota de 0 a 5.
- 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

MUITO OBRIGADO PELA SUA COLABORAÇÃO
Atenciosamente JOÃO HENRIQUE

ANEXO 5

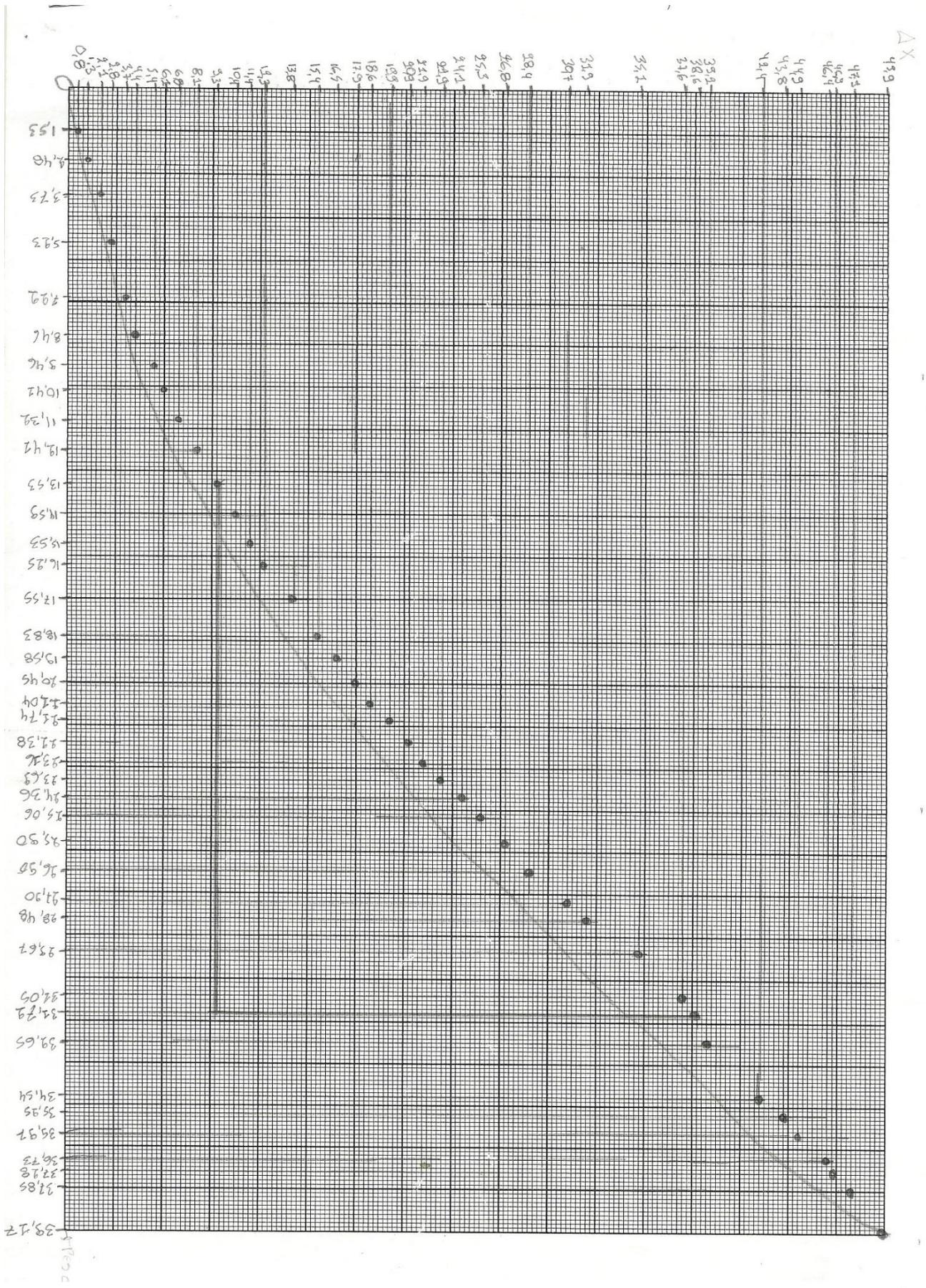


ANEXO 6

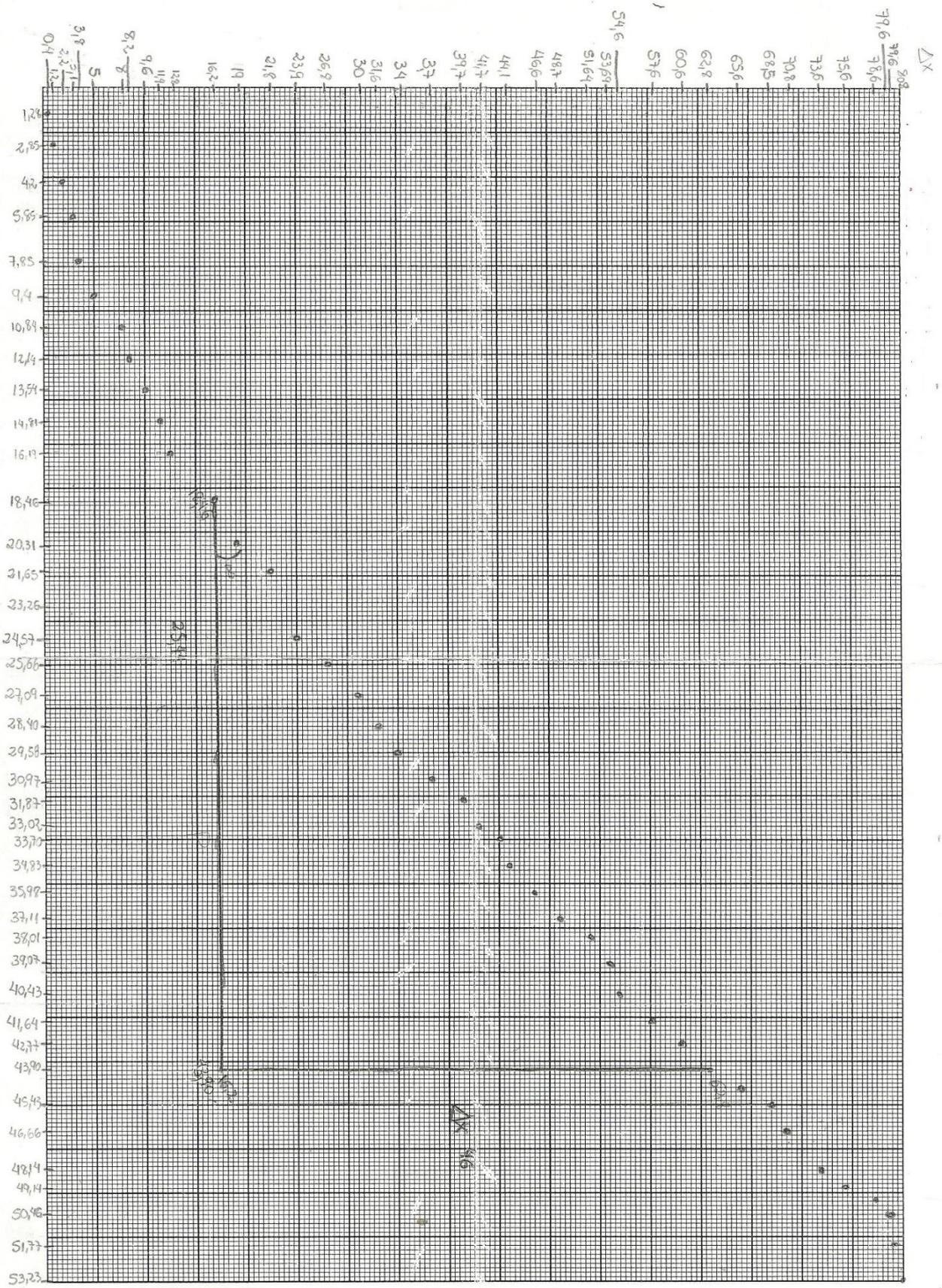


Força - Alongamento
LINHA - NORMAL
Altaflex

ANEXO 7



ANEXO 8



ANEXO 9

ESCOLA ESTADUAL NOVA ITAMARATI

PROFESSOR: JOÃO HENRIQUE M.N.

ALUNO(A): _____

AValiação DE FÍSICA 4ª BIMESTRE

SÉRIE: 1ª ANO C TURNO: *Serpetino*

DATA: *11/11/2015*

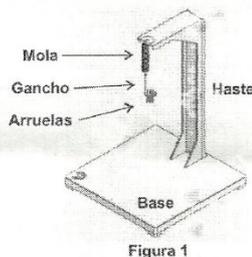
PROCEDIMENTO E QUESTÕES EXPERIMENTAIS DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

O kit experimental encontra-se numa caixa indicada como “Kit Experimental”. Dentro da caixa você irá encontrar:

- uma base de plástico;
- uma haste de plástico;
- uma régua de plástico de 15 cm;
- uma “caixinha” com duas molas, quatro arruelas iguais e um gancho. A massa do gancho é muito menor que a de uma arruela.

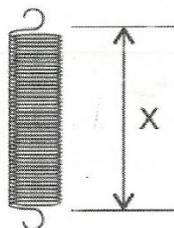
A haste encaixa na base formando um conjunto no qual você deverá realizar os procedimentos experimentais de acordo com o indicado na figura 1.

ATENÇÃO - PROCEDA COM CUIDADO NO ENCAIXE DA HASTE NA BASE



Procedimento Experimental

Monte a haste na base. Fixe uma das extremidades da mola no topo da haste (há um pequeno orifício) e na outra extremidade pendure o gancho. As arruelas devem ser colocadas no gancho e irão provocar uma elongação na mola. A régua de plástico será utilizada para determinar a elongação da mola. Iremos denominar como elongação da mola o valor x determinado como sendo a distância entre os extremos da região helicoidal (circular) como indicado na figura 2.



Será definida uma unidade de massa como sendo uma arruela (Au). Defina uma das molas como sendo Mola 1 e a outra como Mola 2 e utilize esta definição até o final do seu procedimento.

QUESTÃO EXPERIMENTAL 1

- a) Para cada uma das molas meça o comprimento livre da mola, ou seja, o valor de x sem nenhuma tensão aplicada na sua extremidade. Anote os valores para cada mola abaixo.

Mola 1: 1,5 cm

Mola 2: 1,7 cm

- b) Para cada mola (uma de cada vez) montada na extremidade da haste como indicado na figura 1 meça os valores de x (em cm) ao se acrescentar uma unidade de massa (Au) de cada vez até completar as quatro. Anote os valores na tabela abaixo:

Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1	2,0 cm	1,8 cm
2	4,3 cm	3,0 cm
3	6,0 cm	4,1 cm
4	8,4 cm	5,8 cm

1 Au = uma arruela, 2 Au = duas arruelas.

QUESTÃO EXPERIMENTAL 2

- a) Usando os valores experimentais da tabela do item b) da questão 1 construa dois gráficos, um para cada mola, da Massa (em unidades de Au) como função da elongação x . Trace para cada gráfico a reta que melhor representa o comportamento dos pontos experimentais.

GRÁFICO MOLA 1

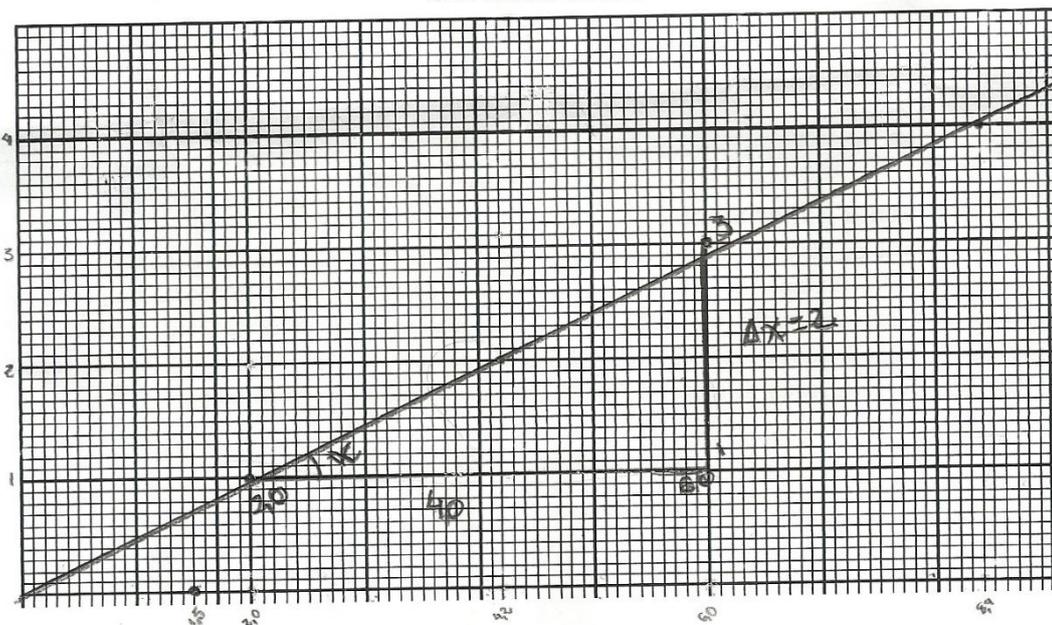
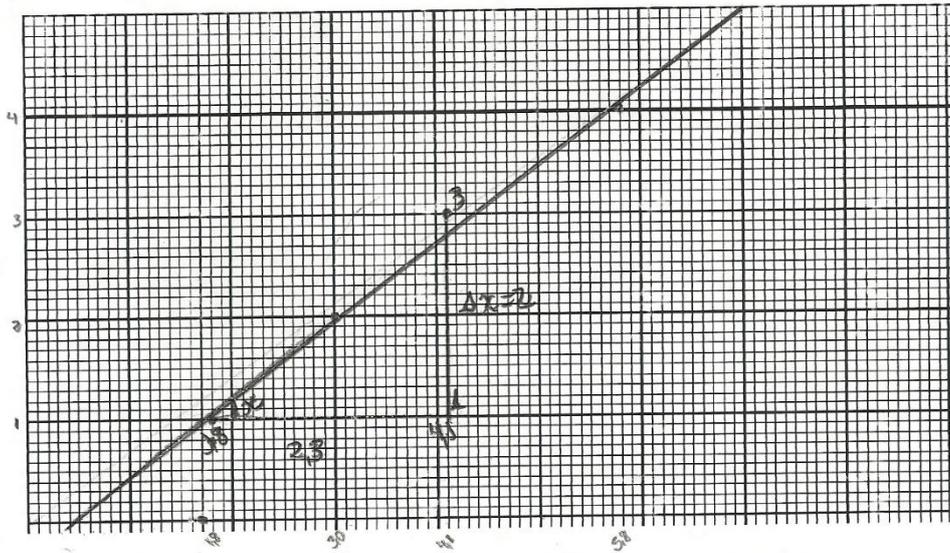


GRÁFICO MOLA 2



b) Obtenha a partir dos gráficos:

b1) Os valores de x_1 e x_2 (em cm) para o valor de massa = 0Au. Exprese os resultados em cm.

$$x_1 = 0$$

$$x_2 = 0,5$$

b2) Os valores da relação de proporcionalidade entre a massa e a elongação para ambas as molas. Exprese os resultados em unidades de (Au/cm).

$$\text{Tg } \alpha = k = \frac{\Delta x}{P} = \frac{2}{2,3}$$

$$\text{Tg } \alpha = 0,86 \text{ cm}$$

mola 2

$$\text{Tg } \alpha = k = \frac{\Delta x}{P} = \frac{2}{4,0}$$

$$\text{Tg } \alpha = 0,5 \text{ cm}$$

mola 1

c) Qual das molas é menos elástica? Justifique sua resposta.

A mola 1, porque ela é mais fina e porque tem mais elasticidade.

ANEXO 10

ESCOLA ESTADUAL NOVA ITAMARATI
PROFESSOR: JOÃO HENRIQUE M.N.
ALUNO(A):

AValiação DE FÍSICA 4ª BIMESTRE

SÉRIE: 1ª ANO 2º TURNO:

DATA: 11/11/2015

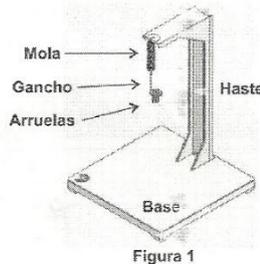
PROCEDIMENTO E QUESTÕES EXPERIMENTAIS DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

O kit experimental encontra-se numa caixa indicada como “Kit Experimental”. Dentro da caixa você irá encontrar:

- uma base de plástico;
- uma haste de plástico;
- uma régua de plástico de 15 cm;
- uma “caixinha” com duas molas, quatro arruelas iguais e um gancho. A massa do gancho é muito menor que a de uma arruela.

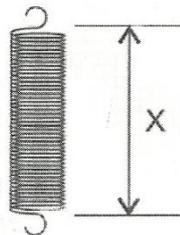
A haste encaixa na base formando um conjunto no qual você deverá realizar os procedimentos experimentais de acordo com o indicado na figura 1.

ATENÇÃO - PROCEDA COM CUIDADO NO ENCAIXE DA HASTE NA BASE



Procedimento Experimental

Monte a haste na base. Fixe uma das extremidades da mola no topo da haste (há um pequeno orifício) e na outra extremidade pendure o gancho. As arruelas devem ser colocadas no gancho e irão provocar uma elongação na mola. A régua de plástico será utilizada para determinar a elongação da mola. Iremos denominar como elongação da mola o valor x determinado como sendo a distância entre os extremos da região helicoidal (circular) como indicado na figura 2.



Será definida uma unidade de massa como sendo uma arruela (Au). Defina uma das molas como sendo Mola 1 e a outra como Mola 2 e utilize esta definição até o final do seu procedimento.

QUESTÃO EXPERIMENTAL 1

- a) Para cada uma das molas meça o comprimento livre da mola, ou seja, o valor de x sem nenhuma tensão aplicada na sua extremidade. Anote os valores para cada mola abaixo.

Mola 1: 6,0

Mola 2: 8,0

- b) Para cada mola (uma de cada vez) montada na extremidade da haste como indicado na figura 1 meça os valores de x (em cm) ao se acrescentar uma unidade de massa (Au) de cada vez até completar as quatro. Anote os valores na tabela abaixo:

Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1	1,8	1,6
2	2,5	3,3
3	4,1	5,7
4	6,0	8,0

1 Au = uma arruela, 2 Au = duas arruelas.

QUESTÃO EXPERIMENTAL 2

- a) Usando os valores experimentais da tabela do item b) da questão 1 construa dois gráficos, um para cada mola, da Massa (em unidades de Au) como função da elongação x . Trace para cada gráfico a reta que melhor representa o comportamento dos pontos experimentais.

GRÁFICO MOLA 1

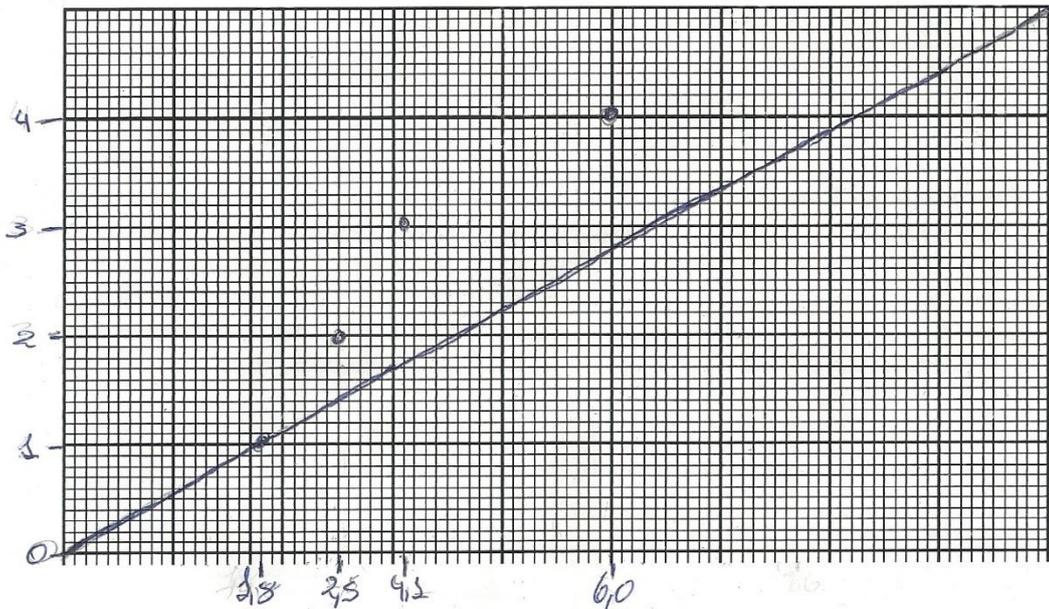
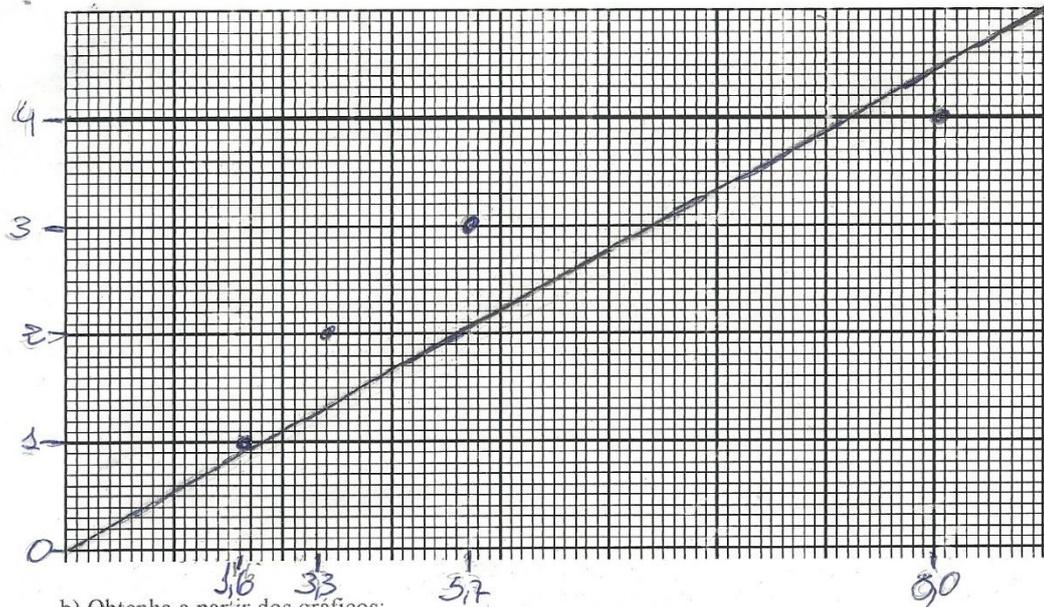


GRÁFICO MOLA 2



b) Obtenha a partir dos gráficos:

b1) Os valores de x_1 e x_2 (em cm) para o valor de massa = 0Au. Expresse os resultados em cm.

$$x=1=0$$

$$x=2=0$$

b2) Os valores da relação de proporcionalidade entre a massa e a elongação para ambas as molas.

Expresse os resultados em unidades de (Au/cm).

$$\text{mola 1: } \frac{1 - 1,8}{2 - 2,5} = \frac{-0,8}{-0,5} = 1,6 \text{ b/m}$$

$$\text{mola 2: } \frac{2 - 1,6}{2 - 3,3} = \frac{0,4}{-1,3} = 0,52 \text{ b/m}$$

c) Qual das molas é menos elástica? Justifique sua resposta.

ea mola 1 que é menos elástica porque a mola 2 é a mais fina