

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
CÂMPUS CAMPO MOURÃO

DOUGLAS ROBASKIEWICZ CONEGLIAN

CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: UM GUIA
PARA AUXILIAR O USO DO KIT 1 SEED/DEB

CAMPO MOURÃO
2018

DOUGLAS ROBASKIEWICZ CONEGLIAN

**CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: UM GUIA
PARA AUXILIAR O USO DO KIT 1 SEED/DEB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32 , como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Adriana da Silva Fontes
Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

CAMPO MOURÃO
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

C747

Coneglian, Douglas Robaskiewicz

Caderno de atividades experimentais: um guia para auxiliar o uso do kit 1 SEED/DEB / Douglas Robaskiewicz Coneglian. — Campo Mourão, 2018.

107 f. : il. color ; 30 cm.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana da Silva Fontes

Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017.

Inclui bibliografias.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Física - Experiências. 3. Física - Problemas, exercícios, etc. 4. Física – Dissertações. I. Fontes, Adriana da Silva. II. Batista, Michel Corci. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD 530.07

DOUGLAS ROBASKIEWICZ CONEGLIAN

**CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: UM GUIA
PARA AUXILIAR O USO DO KIT 1 SEED/DEB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Adriana da Silva Fontes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Prof. Dr. Ivan Marcelo Laczkowski
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Prof. Dr. Ricardo Francisco Pereira
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Campo Mourão, ____ de _____ 2018.

Dedico este trabalho à minha querida esposa, pelos inúmeros momentos de minha ausência e pelas incontáveis recordações encantadoras de coisas...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me proporcionado a sabedoria que me guiou nesta trajetória.

A minha querida e amada esposa pelos inúmeros momentos de minha ausência e pela paciência que teve comigo.

A querida amiga Devanir Pereira dos Santos Canovas que, gentilmente, cedeu suas aulas para a realização de parte deste trabalho.

A querida professora Dr^a. Adriana da Silva Fontes que me orientou com muita calma, empenho, carinho e dedicação neste trabalho.

Ao professor Dr. Michel Corci Batista pelas valorosas sugestões ao presente trabalho durante sua coorientação.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus de Campo Mourão pelo espaço e serviços prestados para a concretização deste trabalho.

Ao Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão pela parceria e serviços prestados para o cumprimento deste trabalho.

A direção, equipe pedagógica e professores das escolas estaduais que participaram na efetivação e realização deste trabalho.

Enfim, a todos que por algum motivo contribuíram para a concretização desta pesquisa.

O teste de todo conhecimento é o experimento. Ele é o único juiz da verdade científica.

Richard Feynman

CONEGLIAN, Douglas Robaskiewicz. **CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**: um guia para auxiliar o uso do kit 1 SEED/DEB. 2018. 107 fls. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

RESUMO

O presente trabalho propõe um caderno de atividades experimentais como forma de auxiliar o uso do kit 1 de física SEED/DEB, bem como, investigar seu potencial pedagógico junto aos professores da educação básica do Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão e alunos do terceiro ano do curso Técnico Integrado em Informática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão. O referido kit foi encaminhado pela Secretaria de Educação do Paraná, no ano de 2012 para todas as escolas públicas que ofertam o Ensino Médio, no entanto não apresentava nenhum manual ou proposta de atividade experimental, o que dificultou a utilização do mesmo pelos professores. O caderno de atividades experimentais foi desenvolvido em virtude da solicitação de alguns professores das escolas estaduais de Campo Mourão e região e para sua elaboração foram usados como referência os princípios e pressupostos que fundamentam a utilização da experimentação como estratégia no ensino de física. Ele contém 10 atividades experimentais envolvendo os temas de Mecânica, Calorimetria e Oscilações. Considerando a natureza e os objetivos do presente trabalho, optou-se por desenvolver uma pesquisa qualitativa de abordagem exploratória. Para a coleta dos dados utilizou-se questionários e diário de campo. Os resultados obtidos revelaram indícios de que o caderno de atividades experimentais tem potencial para auxiliar os professores na elaboração e execução das aulas práticas desenvolvidas em laboratório. Os dados apontam ainda para um fator motivacional relacionado à utilização do kit, visto que durante sua implementação os docentes se envolveram em todas as atividades propostas. As atividades desenvolvidas com os alunos possibilitaram uma melhor compreensão acerca dos conteúdos abordados pelas práticas; além disso, permitiu a manipulação de materiais, discussão e reflexão da prática realizada, o que se acredita ser importante para a interpretação dos fenômenos físicos associados e relevante para o ensino de física.

Palavras-chave: Ensino de Física, atividades experimentais, kit didático, caderno de experimentos.

CONEGLIAN, Douglas Robaskiewicz. **EXPERIMENTAL ACTIVITIES NOTEBOOK**: a guide to assisting the use of the 1 SEED/DEB kit. 2018. 107 fls. Dissertation (Master's Degree in Physics Teaching) – Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, 2018.

ABSTRACT

The present dissertation proposes an experimental activities notebook as a way of assisting use of the SEED/DEB physics kit 1, as well as investigating its pedagogical potential with the teachers of the basic education of the Regional Nucleus of Education of Campo Mourão and students of the third year of the course Technical in Computing of the Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão campus. This kit was sent by the Secretary of Education of Paraná in 2012 to all public schools that offer high school, but did not present any manual or proposal of experimental activity, which made it difficult for teachers to use it. The experimental activities notebook was developed due to the request of some professors of the state schools of Campo Mourão and region and for its elaboration were used as reference the principles and assumptions that base the use of the experimentation as strategy in the physics teaching. It contains 10 experimental activities involving the subjects of Mechanics, Calorimetry and Oscillations. Considering the nature and the objectives of the present work, we opted to develop a qualitative exploratory approach. For the data collection, we used questionnaires and field diary. The obtained results revealed signs that experimental activities notebook has the potential to assist the teachers in the elaboration and execution of the practical classes developed in laboratory. The data also point to a motivational factor related to the use of the kit, since during its implementation the teachers were involved in all proposed activities. The activities developed with the students allowed a better understanding of the contents covered by the practices; in addition, allowed the manipulation of materials, discussion and reflection of the practice performed, which is believed to be important for the interpretation of the associated physical phenomena and relevant for physics teaching.

Keywords: Physics teaching, experimental activities, didactic kit, experimental notebook.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Componentes do kit experimental 1 SEED/DEB	26
Figura 2 - Em (a) montagem inicial dos experimentos; em (b) adaptação sugerida pelos professores	32
Gráfico 1 - Resposta dos professores para a questão 7 do questionário inicial	28
Gráfico 2 - Resposta dos docentes para a questão 8 do questionário inicial	29
Gráfico 3 - Resposta dos educadores para a questão 10 do questionário inicial	29
Gráfico 4 - Resposta dos professores para a questão 12 do questionário inicial	30
Quadro 1 - Resumo dos tipos de abordagem das atividades experimentais de acordo com Oliveira (2010)	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CM - Campo Mourão
- DEB - Departamento de Educação Básica
- ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio
- NRE - Núcleo Regional de Educação
- PR - Paraná
- SEED - Secretaria de Estado da Educação
- UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	16
2.1 TIPOS DE ABORDAGEM EXPERIMENTAL.....	19
3 O ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	23
3.1 O PRODUTO EDUCACIONAL	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE	43
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	44

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a escola está sendo criticada pela baixa qualidade do seu ensino, não conseguindo por sua vez, preparar os estudantes nem para o mercado de trabalho e tão pouco para a Universidade, devido a conhecimentos limitados e fragmentados que os estudantes apresentam na conclusão do curso (BORGES, 2002).

As aulas de ciências, em especial as de Física, estão muito abaixo do ideal e os resultados quanto à aprendizagem dos alunos, em sua grande maioria, revelam indícios desanimadores. “O desempenho é baixo e há pouco interesse dos estudantes em entendê-la” (PERUZZO, 2013, p.10). O autor relata ainda que essa situação gera um contexto constrangedor, em que os professores reclamam da falta de interesse dos alunos, e estes por sua vez, reclamam dos professores, se referindo às aulas de Física como sendo enfadonhas e cansativas, conduzidas por profissionais despreparados que só ficam falando de conteúdos totalmente abstratos e que não despertam nenhum interesse neles.

A Física, “exerce um importante papel no mundo contemporâneo, participando do desenvolvimento científico e tecnológico com importantes contribuições, cujos resultados têm alcance econômico, social e político imensos” (PERUZZO, 2013, p. 9).

Vale a pena lembrar, que apesar de conter aspectos teóricos, filosóficos e matemáticos, a Física é essencialmente uma ciência experimental (MOREIRA e LEVANDOWSKI, 1983; PERUZZO, 2012). Portanto, a realização de experiências é fundamental para o ensino de Física. Nesse sentido, a atividade experimental vem como um importante recurso pedagógico e adequado para despertar o interesse dos alunos, motivando-os para os temas propostos pelo professor que tem a capacidade de ampliar e favorecer a sua aprendizagem.

De acordo com Cavenaghi e Bzuneck (2009), a motivação do aluno é um aspecto importante do processo de aprendizagem em sala de aula, pois a qualidade do ensino, bem como, sua intensidade dependem dela. Os autores afirmam ainda, que os estudantes desmotivados com as tarefas escolares apresentam desempenho abaixo de suas reais potencialidades, ou seja, distraem-se facilmente, não participam das aulas, estudam pouco ou quase nada, distanciando-se assim, do processo de ensino e aprendizagem.

Pensando nisso, no ano de 2012, a Secretaria de Educação do Estado do Paraná / Departamento de Educação Básica (SEED/DEB), encaminhou para todas as escolas estaduais que ofertam o Ensino Médio dois tipos de kits para o laboratório de Física. Por uma questão de organização, denominamos os kits enviados de kit experimental 1 e kit experimental 2; no

entanto, esses kits não continham nenhum manual sobre sua utilização e também nenhuma proposta de atividade experimental, o que dificultou a aplicação dos mesmos por parte dos professores. Além disso, o calorímetro pertencente ao kit 1 é comumente relatado como um material que apresenta erros experimentais elevadíssimos, o que acaba provocando insegurança, desestimulando o professor na utilização do equipamento.

Nesse contexto, alguns professores das escolas estaduais de Campo Mourão e região nos solicitaram a elaboração de um caderno com propostas experimentais que pudesse auxiliar no uso do kit 1. Para a produção do material, foram usados como referência os princípios e pressupostos que fundamentam a utilização da experimentação como estratégia no ensino de física.

De acordo com Borges (2002) muito do que se faz nas aulas de Física nas escolas que ofertam o Ensino Médio e nas Universidades, assemelha-se a um sistema de natureza teórica, preocupando-se mais com a apresentação das definições, conceitos e equações que são memorizadas para a resolução de exercícios. Dessa forma, segundo (PERUZZO, 2012, p.9), “torna-se necessário que procuremos criar oportunidades para que o ensino experimental e teórico se efetue em concordância”, permitindo ao estudante integrar os conhecimentos prático e teórico, mesmo sabendo que não é a solução definitiva para os problemas relacionados com ensino e aprendizagem de Física, mas uma maneira de tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, interessante, motivador e acessível aos estudantes.

Em geral, numa aula usual de laboratório, os alunos trabalham em pequenos grupos, seguindo instruções de um roteiro pautado em observações e medidas acerca de fenômenos previamente definidos pelo professor. O objetivo desse tipo de atividade pode ser o de verificar uma lei científica, ilustrar definições, conceitos e fenômenos físicos apresentados em aulas teóricas, ou ainda, aprender a utilizar e manipular instrumentos ou técnicas de laboratório. Ainda, de acordo com Borges (2002), não podemos deixar de reconhecer alguns méritos para esse tipo de atividade como, por exemplo, a sugestão de trabalhar em pequenos grupos, o que possibilita a cada aluno a oportunidade de interagir com as montagens e instrumentos, enquanto dividem responsabilidades e opiniões sobre o que devem fazer e como fazê-lo e, principalmente, o caráter mais informal que uma aula de laboratório pode proporcionar que é a contraposição à formalidade de uma aula expositiva.

Souza e Spinelli (1997) alertam que por mais equipado que seja o laboratório de uma escola, nenhum experimento terminará de forma satisfatória se não for conduzido com muita atenção e concentração. Segundo os autores, o trabalho experimental envolve a manipulação de instrumentos, conversas com colegas, uma movimentação constante. Dessa forma, são

vários os fatores que podem contribuir naturalmente para a dispersão da atividade experimental, cabendo ao professor a orientação e o direcionamento dos alunos ao objetivo desejado. Para evitar esses tipos de problemas, Souza e Spinelli (1997) orientam que é necessária uma organização, com orientações claras, numa sequência de etapas que devem ser cumpridas durante toda a atividade, o que pode ser obtido por meio de um roteiro de trabalho.

Essa não é a única forma, nem talvez a melhor, mas é uma proposta lógica, simples e elegante, contendo os passos que deverão ser seguidos, ou seja, uma sequência, com começo, meio e fim. Neste sentido, nossa pesquisa propôs a produção de um caderno de atividades experimentais que pudesse auxiliar o professor no uso do kit experimental 1, de forma que as atividades experimentais contidas nele, sejam um instrumento capaz de auxiliar na compreensão de conceitos, princípios e leis da Física.

A fim de atingir os resultados que desejamos, definimos os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os obstáculos materiais que dificultam o uso do laboratório de física pelos docentes no planejamento e execução de suas atividades experimentais;
- b) Auxiliar os professores na elaboração e execução de atividades experimentais;
- c) Verificar se é possível uma melhor compreensão e entendimento dos conteúdos abordados por meio das atividades sugeridas no caderno de experimentos;
- d) Propor o uso do caderno de atividades experimentais como recurso pedagógico na compreensão de conceitos, princípios e leis da física, tornando o ensino mais significativo e consistente.

Assim sendo, a utilização da experimentação nas aulas de física é de vital importância, como afirmam (ARAUJO e ABIB, 2003, p.190), “Há uma ampla gama de possibilidades de uso das atividades experimentais no Ensino Médio, que vão desde as atividades de verificação, demonstração e investigação”.

Considerando a natureza e os objetivos específicos da presente investigação, optamos por desenvolver uma pesquisa qualitativa de abordagem exploratória. “Este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito, possibilitando considerações dos mais variados aspectos sobre o assunto estudado” (GIL, 2012, p. 41).

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos. O capítulo 1 é reservado a introdução deste trabalho. O capítulo 2 é dedicado ao referencial teórico, em que é apresentado o papel da experimentação no ensino de física e suas principais formas ou tipos de abordagens e/ou modalidades de acordo com a proposta de Araújo e Abib (2003). Já no

capítulo 3, segue o encaminhamento metodológico da presente pesquisa que foi constituída por três etapas. Na primeira, visitamos quatro escolas estaduais de Campo Mourão – PR; na segunda, elaboramos o caderno de atividades experimentais e testamos todas as atividades contidas nele e na terceira, aplicamos o produto educacional com professores e alunos. O capítulo 4, apresenta os resultados obtidos seguidos de suas discussões e, por fim, no capítulo 5, há algumas considerações conclusivas a respeito da presente investigação.

2 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Ensinar Física sempre foi um desafio, pois objetiva-se um aprendizado que sirva para o crescimento pessoal e profissional do estudante e não apenas uma preparação matemática para a resolução de exercícios padronizados visando aprovação no ENEM ou vestibular, sem muitas aplicações no cotidiano.

O ensino de física baseado em apostilas e livros didáticos apenas confirma essa ideia de memorização de modelos, conceitos e definições carregadas de equações e tomadas como verdades absolutas. Paraná (2008) ressalta a importância de um ensino com um enfoque conceitual para além de apresentações de equações matemáticas e resolução de exercícios. Esse fato pode gerar uma triste realidade, a falta de interesse dos alunos em aprender Física. Por mais que a Matemática seja essencial para essa disciplina, trabalhar apenas o caráter matemático, como a resolução de exercícios, jamais deve ser considerado um pré-requisito para aprendê-la.

De acordo com Moreira (2014, p. 2), o ensino de física na educação básica está em crise:

[...] além da falta e/ou despreparo dos docentes, das más condições de trabalho, do reduzido número de aulas e da progressiva perda da identidade no currículo, o ensino de física na educação contemporânea estimula, infelizmente, uma aprendizagem mecânica dos conteúdos.

Nas palavras de (PERUZZO, 2012, p.11), “a Física é muito mais do que isso. Ela é uma atividade intelectual extremamente viva e interessante”. Desse modo, torna-se necessário fazer com que os estudantes se apropriem do conhecimento físico, com ênfase nos aspectos conceituais sem, no entanto, deixar de lado o formalismo matemático. Dessa maneira, é possível perceber um apelo à utilização de recursos que tornem mais dinâmico e atrativo o processo de ensino e aprendizagem, dentre eles, ressalta-se a experimentação, pois ela pode proporcionar aos professores uma diminuição das aulas expositivas, a preocupação com o ensino focado no ENEM e vestibular e a redução do ensino de física baseado apenas na memorização de modelos, conceitos e definições excessivamente equacionadas.

Francisco Jr (2008), Giordan (1999) e Laburú (2006) corroboram dizendo que é consenso entre os professores de ciências naturais que as atividades experimentais mediam as relações de ensino e aprendizagem, estimulando o interesse dos alunos em sala de aula e o engajamento destes em atividades subsequentes.

Força et al. (2011) observa que as atividades experimentais contribuem para que os alunos se tornem mais ativos no processo de aprendizagem, pois o experimento permite a manipulação de materiais, troca de informações durante a aula, discussão e reflexão entre o docente e discente sobre todas as etapas da experiência. Além disso, “as dificuldades e os erros decorrentes das experiências de laboratório ou mesmo fora dele, propiciam uma melhor interpretação em relação os conceitos físicos em questão” (FUSINATO, 2014, p. 9).

Salvadeogo (2008) corrobora dizendo que as atividades experimentais não exigem local exclusivo nem carga horária específica e, deste modo, podem ser realizadas a qualquer momento para a explicação de conceitos, resolução de problemas, ou mesmo utilizada em uma aula destinada à experimentação.

Alguns autores, como Batista (2009), Fusinato (2014), Força et al. (2011), Gaspar (2003), Laburú (2005) e Araújo e Abib (2003), sugerem a utilização de atividades experimentais como forma de estimular o aluno, beneficiando sua aprendizagem sendo, portanto, considerado um importante recurso didático, capaz de auxiliar na compreensão de conceitos, princípios e leis da Física.

Além disso, a utilização das atividades experimentais como estratégia de ensino, tem sido apontada como uma das maneiras mais vantajosas de minimizar as dificuldades de aprender e ensinar Física de forma mais significativa e consistente. “O que pode proporcionar ao aluno um despertar para o maravilhoso mundo das ciências naturais e suas aplicações” (PERUZZO, 2012, p. 9).

Borges (2002), Peruzzo (2012) alertam que não aceitar a importância das aulas experimentais no ensino de física, significa afastar o conhecimento físico de seu contexto, reduzindo esta ciência a um sistema abstrato de definições, leis e equações matemáticas.

Moreira e Levandowski (1983) ressaltam que a atividade experimental é componente indispensável no ensino de física. Não há professor, pesquisador ou educador da área que discorde desse preceito.

Assim, a experimentação, o seu planejamento e a execução de experimentos são partes integrantes de qualquer processo de produção de conhecimentos físicos, portanto, é parte fundamental na construção e evolução da Física (WESENDONK; PRADO, 2015 *apud* PEREIRA, 2015).

No entanto, segundo Gaspar (2014), a adoção dessa prática é considerada esporádica, assistemática e sem metodologia na maioria das escolas públicas. Não se sabe quando e qual a melhor forma de se trabalhar com as atividades experimentais, nem os procedimentos para realizá-las, muito menos os critérios para se avaliar o comportamento dos alunos. É muito

comum que os professores passem todo o ano letivo, ou mesmo todo um curso, sem apresentar ou se quer propor alguma atividade experimental.

O autor afirma ainda que essa é uma situação difícil de compreender, uma vez que é consenso por parte dos profissionais da educação a importância da experimentação nas aulas de Física. Quando questionados a respeito dessa situação contraditória, a maioria dos professores aponta para as seguintes deficiências: falta de materiais e equipamentos, falta de um local adequado, tempo para preparo, número insuficiente de aulas na carga horária e despreparo para realizar atividades experimentais em decorrência de sua formação. Essas dificuldades usuais também são citadas nos trabalhos de Arruda e Laburú (1996), Borges (2002), Bueno e Kovaliczn (2008), Galiazzi et al. (2001), Peruzzo (2013), Rosito (2011), Silva et al. (2011).

Para corroborar esse fato, Pereira (2015) destaca em sua pesquisa que os professores, de modo geral, tentam justificar a não utilização das atividades experimentais, na maioria das vezes, querendo se ausentar do problema, apontando para a carga horária reduzida da disciplina, o elevado número de alunos por turma, a ausência de laboratorista e laboratório com equipamentos didáticos, não havendo, dessa forma, muita vontade de reverter essa situação a seu favor. Todavia, é raro encontrar um professor que tenha grandes dificuldades em resolver exercícios ou problemas de qualquer conteúdo ou área da Física, ao que parece, o professor não gosta de trabalhar com a experimentação, preferindo um ensino mecânico, centrado no livro didático sem grandes dificuldades de implementação.

Ao utilizar a experimentação e propor um experimento, o professor mais do que explicar um fenômeno físico, “deve assumir uma postura questionadora permitindo assim aos alunos que apresentem suas ideias, privilegiando o confronto entre as concepções prévias dos estudantes e a concepção científica, o que facilitaria a formação de conceitos científicos” (PARANÁ, 2008, p. 73).

A atividade experimental, como qualquer outro recurso didático, “pode favorecer a aprendizagem, auxiliando crianças, jovens e adultos a construir conhecimentos, desenvolverem habilidades e atitudes éticas” (MACEDO, 2005, p. 12). Porém, isso só acontece quando esse recurso didático for bem planejado, organizado e direcionado para esse fim e utilizado de forma adequada.

Zagury (2006) reforça a mesma orientação, se algum recurso didático for mal conduzido ou utilizado estará fadado ao fracasso, à queda da qualidade do ensino e a desmotivação do aluno.

Apesar dessa incerteza, se os professores utilizam ou não as atividades experimentais em suas aulas, entendemos que elas continuam a ter considerável destaque na sociedade acadêmica e escolar. Dessa forma, passaremos a apresentar quais são os diversos tipos, ou enfoques, que tradicionalmente as atividades assumem.

2.1 TIPOS DE ABORDAGEM EXPERIMENTAL

Conforme Pereira (2015), ao consultarmos a literatura sobre a utilização da experimentação no processo de ensino aprendizagem, é possível encontrar diversas maneiras de como as atividades experimentais são entendidas, classificadas e abordadas, como nos trabalhos de Goldbach, *et al* (2009), Laburú (2005), Rosa e Rosa (2010), Moraes (1998), Araújo e Abib (2003). Dentre eles, destacamos a proposta de Araújo e Abib (2003), que entendemos ser uma boa categorização de como abordar e aplicar as atividades experimentais. De acordo com os autores as formas de abordagem ou modalidades das atividades experimentais são: a) atividades de demonstração, b) de verificação e c) de investigação.

a) As atividades de demonstração: Essas atividades experimentais são conhecidas por serem aquelas em que “o professor executa a prática experimental enquanto os alunos apenas observam os fenômenos, princípios ou leis envolvidas” (OLIVEIRA, p. 147, 2010). As atividades de demonstração são comumente associadas às aulas expositivas, e realizadas no seu início sendo adotada como forma de despertar o interesse do aluno em relação ao assunto a ser abordado. Elas também podem ser empregadas ao término da aula, como forma de recordar os conteúdos apresentados (OLIVEIRA, 2010, *apud* ARAÚJO e ABIB, 2003).

Conforme Araújo e Abib (2003), Gaspar e Monteiro (2005) e Oliveira (2010), a utilização dos experimentos demonstrativos em sala de aula, em alguns casos é recomendado; principalmente, quando não se dispõe de um espaço adequado para a realização da prática experimental, os recursos ou equipamentos didáticos são insuficientes ou até mesmo quando o professor dispõe de pouco tempo para a realização de experimentos, podendo ser incluídos de forma a contextualizar a aula expositiva. Neste tipo de atividade, de acordo com Oliveira (2010, p. 147):

[...] o professor é o principal agente do processo. Cabe a ele exercer o papel de liderança, montar o experimento, fazer questões aos alunos, executar os procedimentos, destacar o que deve ser observado e, sobretudo, fornecer as explicações científicas que possibilitam a compreensão do que é observado. Embora a interação entre os alunos não seja tão favorecida cria-se um ambiente propício à aprendizagem.

b) As atividades de verificação: “As atividades experimentais de verificação são usualmente empregadas com a finalidade de verificar ou confirmar alguma lei ou teoria” (ARAÚJO e ABIB, p.177, 2003). Nesse tipo de modalidade ou abordagem de atividade experimental, os resultados dos experimentos são previsíveis e as possíveis explicações para os temas envolvidos são, na maioria das vezes, conhecidas pelos estudantes. Dessa maneira, pelo fato de necessitar uma abordagem prévia do conteúdo, esse tipo de abordagem de atividade experimental é sempre realizado após uma aula expositiva. Corroborando com esta estratégia de ensino, Oliveira (2010, p. 148), destaca:

[...] os professores que empregam as atividades de verificação em suas aulas destacam que elas servem para motivar os alunos tornando o ensino mais realista e palpável, fazendo com que a abordagem do conteúdo não se restrinja apenas ao livro didático. Dessa forma, esta forma de atividade experimental, proporciona aos alunos a oportunidade de visualizarem os fenômenos que obedecem à lógica da teoria apresentada, em que, entende-se que a aprendizagem é favorecida.

c) As atividades de investigação: As atividades experimentais investigativas, frequentemente mencionados nos estudos atuais sobre a experimentação, representam uma estratégia de ensino que “permitem aos estudantes ocuparem uma posição mais ativa no processo de construção do conhecimento, participando, dessa forma, de todas as etapas da proposta de investigação, ou seja, desde a interpretação do problema a uma possível solução para o mesmo” (OLIVEIRA, 2010, p.149).

A atividade experimental investigativa pode ser a própria aula ou, em alguns casos, em mais de uma aula. “Uma vez que envolvem uma série de etapas a serem desenvolvidas pelos estudantes, desde a análise do problema, levantamento de hipóteses, preparo e execução dos procedimentos, análise e discussão dos resultados” (OLIVEIRA, 2010, p.150).

O Quadro 1 faz um resumo das principais características das atividades experimentais de demonstração, verificação e investigação propostas por Araújo e Abib, (2003), de acordo com Oliveira (2010).

Quadro 1 - Resumo dos tipos de abordagem das atividades experimentais de acordo com Oliveira (2010)

	Tipos de abordagem das atividades experimentais		
	DEMONSTRAÇÃO	VERIFICAÇÃO	INVESTIGAÇÃO
Papel do professor	Executar o experimento; fornecer as explicações para os fenômenos.	Fiscalizar a atividade dos alunos; diagnosticar e corrigir erros.	Orientar as atividades; incentivar e questionar as decisões dos alunos.
Papel do aluno	Observar o experimento; em alguns casos, sugerir explicações.	Executar o experimento; explicar os fenômenos observados.	Pesquisar, planejar e executar a atividade; discutir explicações.
Roteiro da atividade experimental	Fechado, estruturado e de posse exclusiva do professor.	Fechado e estruturado	Ausente ou, quando presente, aberto ou não estruturado.
Posição ocupada na aula	Central, para ilustração; ou após a abordagem expositiva.	Após a abordagem do conteúdo em aula expositiva.	A atividade pode ser a própria aula ou pode ocorrer previamente à abordagem do conteúdo.
Algumas Vantagens	Demandam pouco tempo; podem ser integrada à aula expositiva; úteis quando não há recursos materiais ou espaço físico suficiente para todos os alunos realizarem a prática.	Os alunos têm mais facilidade na elaboração de explicações para os fenômenos; é possível verificar por meio das explicações dos alunos se os conceitos abordados foram bem compreendidos.	Os alunos ocupam uma posição mais ativa; há espaço para criatividade e abordagem de temas socialmente relevantes; o “erro” é mais aceito e contribui para o aprendizado.
Algumas desvantagens	A simples observação do experimento pode ser um fator de desmotivação; é mais difícil para manter a atenção dos alunos; não há garantia de que todos estarão envolvidos.	Pouca contribuição do ponto de vista da aprendizagem de conceitos; o fato dos resultados serem relativamente previsíveis não estimula a curiosidade dos alunos.	Requer maior tempo para sua realização. Exige um pouco de experiência dos alunos na prática de atividades experimentais.

Fonte: Oliveira (2010, p. 151)

Conforme as contribuições e esclarecimentos de Araújo e Abib (2003), Oliveira (2010), descritas anteriormente para as abordagens ou modalidades de atividades experimentais, concordamos com Oliveira (2010), em que todas essas modalidades de experimentação podem ser empregadas pelo professor na realização das aulas experimentais. O importante é que o docente compreenda as diferenças entre elas e que possa ser capaz de aplicá-las com objetivos bem definidos, utilizando estratégias que as favoreçam e, dentro dos limites de cada uma, a máxima eficiência para o aprendizado dos conteúdos abordados ou envolvidos.

Oliveira (2010); Wesendonk e Prado (2015) relatam ainda que para alguns pesquisadores como Arruda e Laburú (1996), as aulas experimentais nas escolas poderiam partir de uma abordagem mais simples e fechada como, por exemplo, as atividades de demonstração e verificação, com quais os alunos possam entrar em contato com a experimentação de uma forma mais prática e fácil de ser trabalhada pelo professor. Assim, à medida que se familiarizassem com essa estratégia de ensino, poderiam realizar experimentos mais abertos como as atividades de investigação. Dessa forma, optamos por idealizar as atividades experimentais presentes no caderno de experimentos, abordando as modalidades de verificação e demonstração propostas por Araújo e Abib (2003) e passaremos a apresentar o encaminhamento metodológico desta investigação.

3 O ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Considerando a natureza e os objetivos específicos da nossa investigação, optamos por desenvolver uma pesquisa qualitativa de abordagem exploratória. O enfoque exploratório tem a finalidade de “proporcionar uma maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito, possibilitando considerações dos mais variados aspectos sobre o assunto estudado” (GIL, 2012, p. 41). Assim, o pesquisador qualitativo, ao estudar determinado problema, tem como objetivo verificar como o mesmo se manifesta.

Segundo Batista (2009), os dados numa investigação qualitativa são predominantemente descritivos, sua principal preocupação está relacionada ao processo, ou seja, no aprofundamento e compreensão da realidade. Dessa forma, a finalidade da nossa amostra será de produzir informações mais aprofundadas e esclarecedoras sobre o problema pesquisado. Para isso, utilizaremos alguns dados quantitativos para produzir inferência e interpretação dos resultados.

Da mesma forma que (GONÇALVES, 2014, p. 60) *apud* Bogdan e Biklen (1994), propõe para pesquisas qualitativas, na qual “se caracterizam por terem no ambiente natural sua principal fonte de dados, e no pesquisador, seu principal instrumento”, os dados obtidos por esta investigação serão analisados, respeitando tanto quanto possível, a forma em que estes foram registrados ou transcritos.

Dessa maneira, a coleta de dados consistiu na aplicação do caderno de atividades experimentais com professores e alunos nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Campo Mourão (UTFPR – CM), em que utilizamos o questionário como instrumento de coleta, elaborado do com questões objetivas e discursivas.

De acordo com (GIL, 2012, p.116), o questionário deve ser entendido “como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc.” Assim sendo, na estruturação do questionário procuramos formular perguntas claras e objetivas, possibilitando uma única interpretação.

Nessa ótica, a presente pesquisa foi desenvolvida em três etapas. A primeira realizada no primeiro semestre de 2016, com realização de algumas visitas a quatro escolas da rede pública estadual da cidade de Campo Mourão, Paraná, com o intuito de fazer um levantamento de dados para se investigar os principais equipamentos presentes no laboratório

de física, organização do ambiente e conhecimento dos materiais presentes no kit 1 de física SEED/DEB.

A segunda etapa da pesquisa ocorreu durante o segundo semestre de 2016. Com base nos equipamentos que compõem o kit experimental 1, dos materiais presentes nos laboratórios das escolas consultadas¹, de materiais de baixo custo e fácil acesso² e tendo como referência os autores: Peruzzo (2012), Gaspar (2003), Batista e Batista (2016), Souza e Spinelli (1997), Araújo e Abib (2003), Oliveira (2010), elaboramos o caderno de atividades experimentais para auxiliar o professor na utilização e manipulação do referido kit. Ele é composto por dez atividades experimentais, organizadas em três tópicos: *Mecânica, calorimetria e oscilações*.

A terceira etapa consistiu na aplicação do produto educacional nas dependências da UTFPR – CM, durante o primeiro semestre de 2017, para um grupo de professores da rede estadual de educação de Campo Mourão e região, por meio da ação de extensão Curso Física Experimental: Uso do Kit 1 SEED/DEB, numa parceria entre esta Universidade e Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão (NRE – CM), com a finalidade de verificar a viabilidade de implementação, cm sugestões e melhorias apontadas pelos professores sobre o produto educacional e, também uma forma que adotamos para motivar os professores da rede pública a utilizarem o kit 1 e auxiliá-los na montagem e execução dos experimentos.

O curso contou com 16 (dezesesseis) professores de 09 (nove) das 16 (dezesesseis) cidades atendidas pelo NRE – CM, com início no dia 11 de Abril de 2017, aplicando um questionário inicial com questões objetivas e discursivas.

A cada atividade experimental executada, foi aplicado um questionário com o intuito de analisar as impressões pessoais, sugestões e prováveis melhorias apontadas pelos professores em relação à prática desenvolvida. Ao final do curso, dia 10 de maio de 2017, propusemos novamente um questionário com questões objetivas e discursivas, com a finalidade de avaliar o curso, a utilização do caderno de experimentos pelos professores e as possíveis dificuldades ainda existentes em utilizar o kit de física.

Por uma escolha do professor/pesquisador, aplicamos também o produto educacional com alunos do 3º ano do curso técnico integrado em informática da UTFPR – CM, durante as aulas experimentais da disciplina de física 2, contando com a participação de 30 alunos, com faixa etária de 16 e 17 anos, divididos em sete equipes, em que foram aplicadas e investigadas cinco propostas de atividades experimentais.

¹ Béqueres, aquecedores elétricos e balanças digitais;

² Copos descartáveis, barbante, régua e transferidor.

Os encontros ocorreram às quintas-feiras, no período da manhã, com duração de duas aulas geminadas de 50 minutos, entre os meses de maio a julho de 2017, com início das atividades no dia 18 de maio.

Conforme a orientação de Souza e Spinelli (1997), cada integrante do grupo recebeu um roteiro de atividade experimental como forma de organização da atividade, buscando direcionar os estudantes ao objetivo da proposta experimental. Lembrando que os equipamentos didáticos utilizados nos experimentos foram do kit 1 de física SEED/DEB.

Como se tratava de aulas experimentais com abordagem de verificação, no início de cada atividade executada, foi realizado um breve resgate teórico sobre o conteúdo abordado em sala de aula pelo professor regente da turma. Ao final de cada atividade experimental, foi aplicado um questionário como forma de coleta de dados.

Passaremos a seguir, a descrever um pouco mais sobre o caderno de atividades experimentais, produto educacional desta investigação.

3.1 O PRODUTO EDUCACIONAL

Analisando o kit experimental 1 (Fig. 1) presente nas escolas consultadas, identificamos que o mesmo não veio acompanhado de manual ou similar. Ele é composto pelos seguintes materiais:

- 01 conjunto de molas helicoidais;
- 04 conjuntos de massas aferidas;
- 05 calorímetros;
- 06 cronômetros digitais;
- 06 dinamômetros de 1N;
- 06 ímãs tipo anel;
- 05 suportes tipo tripé;
- 01 termômetro digital;
- 05 termômetros químicos;
- 01 termômetro de temperatura máxima e mínima.

Figura 1 – Componentes do kit experimental 1 SEED/DEB



Fonte: O autor (2016)

Com base em seus componentes, elaboramos o caderno de experimentos como forma de auxiliar o professor na utilização e manipulação deste material. Ele é composto por dez atividades experimentais, organizadas em três tópicos:

- *Mecânica:*
 - Lei de Hooke;

- Empuxo;
- Princípio de Arquimedes;
- *Calorimetria:*
 - Medida da capacidade térmica do calorímetro;
 - Medida do calor específico de uma peça metálica utilizando o calorímetro;
- *Oscilações:*
 - Sistema massa-mola;
 - Relação entre período de oscilação e amplitude de um pêndulo simples;
 - Relação entre período de oscilação e massa do pêndulo;
 - Relação entre período de oscilação e comprimento do pêndulo simples;
 - Aceleração da gravidade local.

Por serem mais simples e de fácil aplicação, as atividades contidas no caderno apresentam uma abordagem voltada para a verificação, isto é, uma breve introdução teórica sobre o conteúdo a ser abordado, seguido da prática experimental. Todos os experimentos propostos apresentam a seguinte estrutura:

- *Título:* Evidencia o assunto a ser abordado;
- *Objetivo:* Indica o que se pretende atingir com a realização do experimento;
- *Material utilizado:* Informa os materiais e/ou equipamentos necessários para a realização do experimento;
- *Procedimentos:* Orienta a montagem e a realização detalhada do experimento com fotos e/ou ilustrações;
- *Análise e discussão:* Apresenta alguns informes relevantes na execução da prática experimental.

Na *Análise e discussão* são sempre sugeridos alguns questionamentos como forma de contextualizar a utilização da prática experimental, oportunizando, deste modo, uma concordância entre o ensino experimental e teórico.

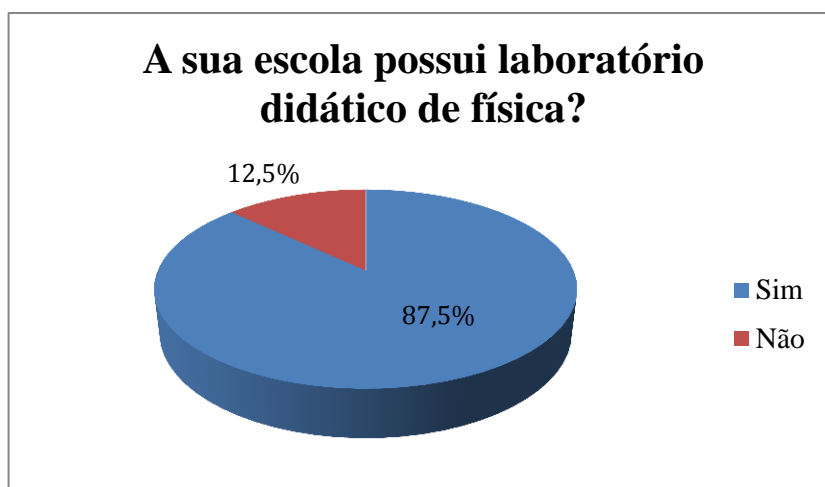
Na sequência, a descrição dos dados obtidos por essa pesquisa, seguida da discussão dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise do questionário inicial aplicado aos docentes indicou que 75% desses profissionais da educação apresentavam licenciatura em Física. Desses, 58,33% , além da licenciatura em Física, também possuíam a licenciatura em áreas afins como, por exemplo, Ciências, Matemática e Ciências biológicas; Apenas 25% dos professores consultados apresentavam somente a licenciatura nas áreas afins. Ainda, sobre o grupo de professores, 68,75% estão lecionando há mais de 10 (dez) anos e 31,25% lecionam entre 5 (cinco) e 10 (anos).

Continuando a análise, perguntamos aos professores se sua escola possuía um laboratório didático de física e 87,5% dos docentes disseram que sim, conforme indicado no Gráfico 1.

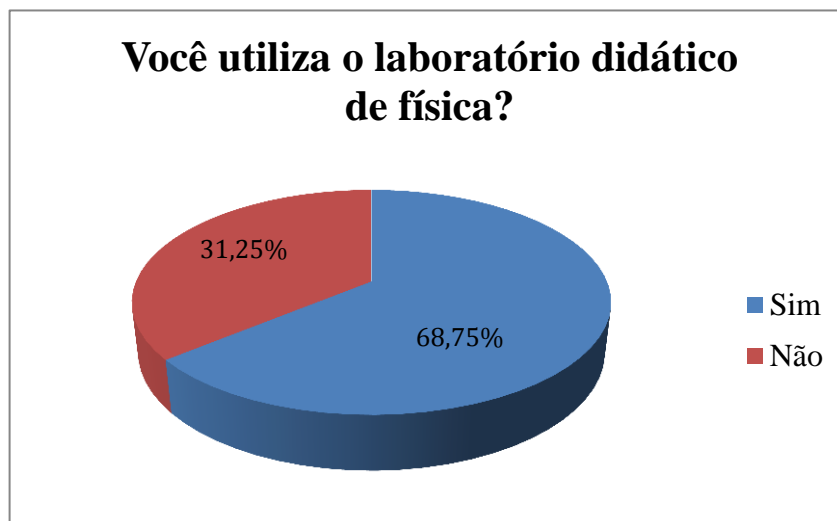
Gráfico 1 - Resposta dos professores para a questão 7 do questionário inicial



Fonte: O autor (2017)

Também, na aplicação do questionário inicial, os professores foram indagados acerca do laboratório de física e 31,25 % dos docentes disseram que não o utilizavam, conforme a análise do Gráfico 2.

Gráfico 2 - Resposta dos docentes para a questão 8 do questionário inicial

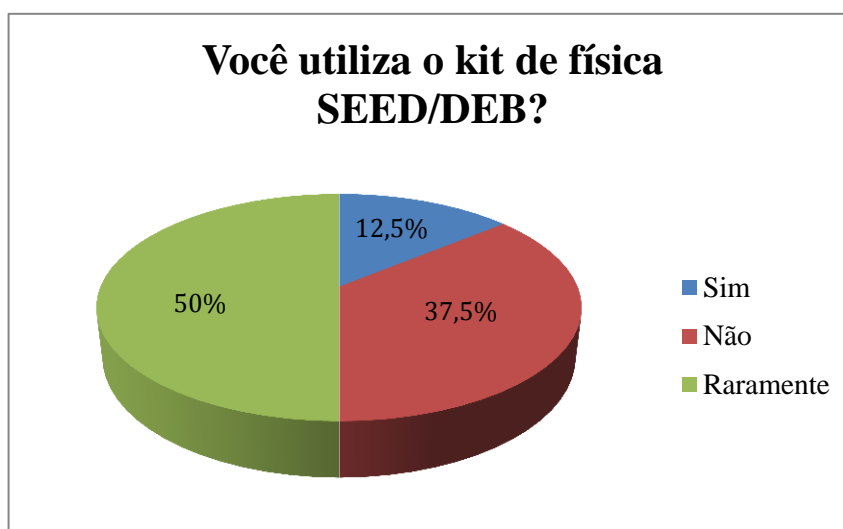


Fonte: O autor (2017)

Quanto ao recebimento do kit 1 SEED/DEB, 100 % dos professores responderam que suas escolas receberam o kit, até mesmo aquelas que não têm um espaço destinado para o laboratório de física, conforme o gráfico 1.

Em relação ao uso do kit, 12,5 % disseram que o utilizam, 37,5 % não o utilizam e 50 % afirmaram que raramente usam o kit de física, conforme análise presente no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Resposta dos educadores para a questão 10 do questionário inicial

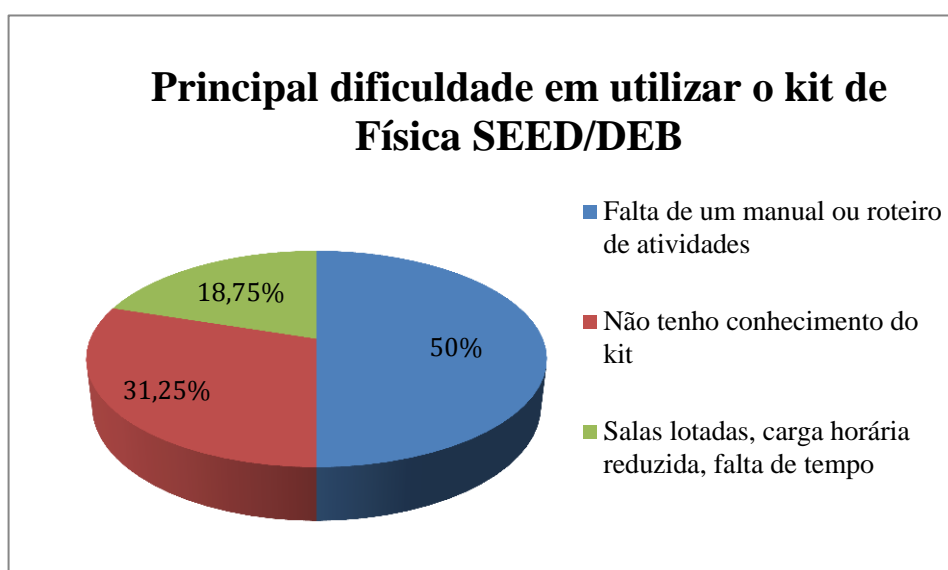


Fonte: O autor (2017)

Em relação às dificuldades dos professores na utilização do kit de física, 100 % dos docentes relataram que têm dificuldades em usá-lo, razão pela qual discutiremos a seguir essas dificuldades apresentadas pelo grupo de educadores.

Quanto à análise das principais dificuldades encontradas pelos docentes em utilizar o material, 81,25% disseram que a falta de um manual ou a falta de conhecimento do kit são as principais dificuldades em utilizá-lo, conforme o Gráfico 4.

Gráfico 4 - Resposta dos professores para a questão 12 do questionário inicial



Fonte: O autor (2017)

O Gráfico 4 mostra ainda, que 31,25% dos docentes não conheciam o kit de física, sabendo da existência deste material por meio do curso realizado para implementação desta proposta de ensino. Dentre os relatos, destaca-se:

“Nem tenho conhecimento do kit e de como trabalhar com ele” (professor 1).

“Fomos garimpando os materiais do kit nas gavetas e armários do laboratório. Provavelmente o kit chegou na escola, guardaram os materiais e jogaram a caixa fora, nem sabia da existência desse riquíssimo material” (professor 9).

Ainda com base no Gráfico 4, verifica-se que 18,75 % dos professores relataram que salas lotadas, carga horária reduzida e falta de tempo em preparar as atividades são as principais dificuldades em utilizar o kit. Estas respostas estão de acordo com as pesquisas de

Arruda e Laburú (1996), Borges (2002), Bueno e Kovaliczn (2008), Galiazzi et al (2001), Peruzzo (2013), Rosito (2011), Silva et al.(2011), sobre as principais dificuldades apresentadas pelos professores em utilizar as atividades experimentais, como também, essas dificuldades fazem parte da crítica oferecida por Pereira (2015) e Gaspar (2014), na qual orientam que os professores, de modo geral, tentam justificar a não utilização das atividades experimentais querendo se ausentar do problema, não havendo muita vontade em reverter essa situação a seu favor. E como esperado, 50 % dos docentes confirmaram que a falta de manual ou roteiro de atividades experimentais têm impedido a utilização do kit pelos docentes dos quais, conforme falas a seguir.

*“Não veio um manual com experimentos para facilitar a utilização do kit”
(professor 8).*

*“A falta de uma proposta experimental para uso do mesmo pelo professor”
(professor 3).*

“A falta de um roteiro com atividades planejadas para a utilização do kit e cursos com práticas de como utilizá-los” (professor 2).

Essas repostas estão de acordo com nossa proposta, ou seja, que a principal razão de não estarem sendo aproveitados, é devido à falta do apoio pedagógico que um caderno de atividades experimentais pode proporcionar. Dessa forma, conforme a orientação de Arruda e Laburú (1996), almejamos que a partir das atividades propostas no caderno e, à medida que eles fossem se familiarizando com o kit 1 SEED/DEB, o professor poderá realizar experimentos mais abertos como, por exemplo, as atividades de investigação que são frequentemente relatadas por inúmeras pesquisas, como a melhor forma de trabalhar com a experimentação. Ressaltamos também a importância da formação continuada do professor, conforme orienta Carvalho (2011), Cunha e Krasilchik (2000), pois os cursos de formação continuada têm o importante papel não só de garantir a atualização dos professores, como também de suprir possíveis deficiências dos cursos de formação.

Durante a aplicação da proposta de ensino, após cada prática executada, investigamos junto aos professores se os procedimentos e questionamentos utilizados nos experimentos estavam claros e objetivos, bem como, o que poderia ser alterado para sua melhoria ou aperfeiçoamento. As respostas dos professores indicam que em todos os experimentos executados tivemos resultados favoráveis, dentre as quais destacamos:

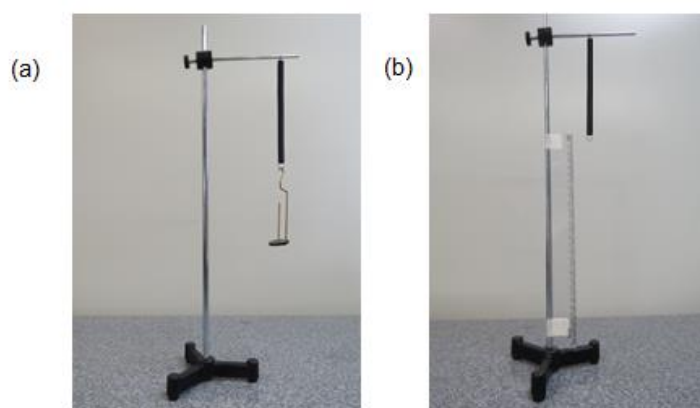
“Sim. Nenhuma sugestão, pois o experimento ficou perfeito” (professor 7).

“Sim. As orientações estão explícitas e fáceis de serem reproduzidas e realizadas posteriormente com os alunos”(professor 12).

“Sim. Seria interessante fixar uma régua da haste vertical, assim a leitura da deformação da mola pelos alunos seria bem mais fácil”(professor 3).

Atendemos a essa última sugestão proposta pelo professor 3 ao experimento sobre a lei de Hooke, e adaptamos também ao experimento do movimento harmônico simples, de modo a proporcionar aos alunos um referencial para que aplicassem uma amplitude (deformação) sob a mola, conforme o procedimento presente na prática. A Figura 2 apresenta as referidas alterações.

Figura 2 - Em (a) montagem inicial dos experimentos; em (b) adaptação sugerida pelos professores



Fonte: O autor (2017)

Também perguntamos aos professores se os experimentos que necessitariam de alguma adaptação ou adição de materiais de baixo custo e de fácil acesso, como por exemplo, os experimentos sobre o princípio de Arquimedes, determinação da capacidade térmica do calorímetro e determinação do calor específico de uma peça metálica, eram simples e fáceis de serem aplicadas. Em todos os experimentos citados acima, obtivemos novamente uma resposta favorável, entre as quais, destacamos:

“Sim, os materiais são fáceis de encontrar e adaptar”(professor 6).

“Sim, as adaptações facilitam o bom funcionamento do experimento”(professor 10).

Ao final do curso solicitamos aos professores para avaliarem o mesmo e 81,25 % dos educadores classificaram como ótimo e 18,75% como bom.

Em seguida, investigamos junto aos professores se por meio do curso realizado, foi possível estabelecer uma melhor compreensão e reconhecimento dos materiais presentes no kit 1, bem como, se os educadores utilizariam as práticas experimentais propostas em suas aulas experimentais. Nossos dados revelam 100 % de resposta favorável.

Ainda, com o objetivo de investigar junto ao grupo de profissionais da educação a existência de alguma dificuldade para trabalhar com o kit, perguntamos aos docentes: “Agora que você já tem conhecimentos dos materiais e de como utilizar o kit de física, você vê alguma dificuldade em utilizar o mesmo em suas aulas? Comente”. Em comparação com o início do curso em que 100 % dos professores apontaram dificuldades em utilizar o kit, agora 75 % dos professores revelaram que provavelmente não tinham mais dificuldades em utilizar o material, como destacamos:

“Não, pois as aulas foram bem dinâmicas e eu já faço uso do kit 1, mas o curso mostrou mais possibilidades do uso do kit” (professor 8).

“Não, o curso foi claro e ajudou bastante na prática do kit 1” (professor 2).

“Nenhuma dificuldade, quando chegar no conteúdo que envolva os experimentos com certeza serão utilizados” (professor 9).

Continuando nossa análise, 18,75 % dos professores apontaram para dificuldades estruturais em utilizar o kit, conforme transcrição:

“A única dificuldade é quanto à carga horária no mais tudo ok” (professor 10).

“Ainda encontramos alguns enfrentamentos, como a necessidade de um técnico de laboratório para nos auxiliar” (professor 7).

“A única dificuldade seria apenas pelo excesso de alunos por turma” (professor 5).

É relevante destacar que essas dificuldades indicadas pelos professores não são em relação ao uso kit em si, mas sim de trabalhar com aulas experimentais, como mencionado nas pesquisas de Arruda e Laburú (1996), Borges (2002), Bueno e Kovaliczn (2008), Galiazzi et al. (2001), Peruzzo (2013), Rosito (2011), Silva et al. (2011).

E apenas 6,25% dos professores disseram que ainda apresentam dificuldades em utilizar o kit, conforme informado pelo professor 6:

“Sim, ainda tenho dificuldade para trabalhar este kit” (professor 6).

Com base em nossos dados, verificaram-se indícios de que o curso aplicado aos docentes pôde capacitar e auxiliá-los na elaboração e execução dos experimentos e que as atividades propostas poderão ajudá-los em suas aulas experimentais, sendo considerado pelos profissionais da educação um fator motivador para a utilização do kit.

Após aplicarmos o caderno de atividades junto aos professores efetuando as melhorias apontadas por eles, utilizamos também a proposta de ensino com alunos do terceiro ano do Curso Técnico Integrado em Informática da UTFPR – CM. No entanto, aplicamos as cinco primeiras propostas experimentais do caderno, pois eram os conteúdos que seriam abordados pelo professor no presente semestre. Primeiramente, apresentamos aos alunos nossa proposta, as atividades que seriam desenvolvidas e explicamos sobre a importância da participação deles na realização das atividades.

No primeiro encontro, abordamos como prática experimental, a determinação da constante elástica de uma mola. Após a realização do experimento aplicamos um questionário, perguntando aos alunos: *“Por meio da prática experimental realizada, foi possível estabelecer uma melhor compreensão e entendimento do conteúdo envolvido? Justifique”*.

Analisando as respostas apresentadas pelos alunos, verificamos que 100% informaram que a compreensão do conteúdo foi melhor após a realização do experimento. Dentre as respostas, destacam-se:

“Sim, pois foi possível verificar o conteúdo já visto e entender melhor como funciona na prática” (aluno 3, grupo1).

“Sim, pois aplicamos o conteúdo visto em sala de aula e proporcionou um melhor entendimento”(aluno 2 , grupo 6).

“Sim, estudar a teoria não faz muito sentido sem os experimentos”(aluno 4, grupo 6).

Apesar de essas respostas revelarem uma concepção indutivista-verificacionista da experimentação conforme Arruda e Laburú (1996) e empirista-indutivista segundo Moraes (1998), nosso olhar volta-se para a categoria instrucional da experimentação proposta por Laburú (2005). Nesse tipo de categoria, as atividades experimentais são vistas como facilitadoras da explicação e apresentação de conceitos, leis e princípios físicos, procurando tornar o conteúdo abordado pelo professor mais realista e palpável para o aluno, podendo favorecer assim, a aprendizagem. Esse fato é constatado a seguir, por meio dos registros das impressões pessoais dos alunos em relação à atividade desenvolvida. São elas:

“Uma explicação prática e simples de ser entendida” (aluno 3, grupo 3).

“As aulas experimentais são ótimas” (aluno 3, grupo 5).

“Por favor, mais aulas práticas! (aluno 2, grupo 2).

“Aula top!” (aluno 1, grupo 6).

Essas respostas demonstram também, a motivação, o entusiasmo e o interesse dos alunos para a atividade desenvolvida, dessa forma, conforme Cavenaghi e Bzuneck (2009), pode-se criar um ambiente propício de ocorrência de aprendizagem.

No segundo encontro, abordamos como prática experimental, determinação do empuxo exercido por um líquido. Após a realização do experimento, realizamos o mesmo questionamento inicial aos estudantes: *“Por meio da prática experimental realizada, foi possível estabelecer uma melhor compreensão e entendimento do conteúdo envolvido? Justifique”*.

Novamente, analisando as respostas apresentadas pelos alunos verificamos que 100% informaram que a compreensão do conteúdo foi melhor após a realização do experimento. Dentre as respostas, destacamos:

“Sim, foi mais fácil e dinâmico associar o conteúdo aprendido em sala por meio desta prática”(aluno 4, grupo 1).

“Sim, por que conseguimos visualizar melhor o conteúdo, não ficou uma coisa chata somente na teoria”(aluno 2, grupo 5).

“Sim, pois tivemos a oportunidade de visualizar o efeito da força do empuxo, algo que não entendia na sala de aula”(aluno 4, grupo 5).

Pode-se depreender das respostas apresentadas pelos discentes em relação à prática executada, a importância da utilização das atividades experimentais para uma melhor compreensão acerca dos fenômenos físicos, como apontado por Paraná (2008), Fusinato (2014), Laburú (2005), Gaspar (2003), Peruzzo (2012), dentre outras inúmeras pesquisas em ensino de física.

Quanto ao registro das impressões pessoais dos alunos em relação à atividade desenvolvida, destacamos:

“Gostei muito do experimento, na minha opinião deveríamos fazer isso sempre”(aluno 2, grupo 4).

“Gosto de atividades deste tipo, pois acredito que assim temos mais interesse na matéria”(aluno 2, grupo 6).

“Faça sempre esse tipo de atividade, só assim aprendo física. Abraços...” (aluno 1, grupo 7).

Conforme as impressões pessoais dos alunos em relação à tarefa desenvolvida, fica evidente que a atividade experimental é componente indispensável no ensino de física conforme ressaltam Moreira e Levandowski (1983). Peruzzo (2012) adverte, destituir o conhecimento físico de seu contexto significa reduzir a disciplina de Física a um sistema abstrato de definições, leis e equações matemáticas, o que pode gerar a falta de interesse dos alunos em aprender Física.

Durante as demais atividades experimentais desenvolvidas, também verificamos os mesmos indícios de respostas favoráveis para uma melhor compreensão e entendimento acerca do conteúdo abordado. No terceiro encontro, foi trabalhado o experimento *empuxo e peso do volume de líquido deslocado (princípio de Arquimedes)*; no quarto encontro, a prática *determinação da capacidade térmica do calorímetro* e na quinta atividade experimental a *determinação do calor específico de uma amostra de alumínio*. Das práticas executadas destacamos as seguintes respostas:

“Sim, o experimento foi bem didático e pude perceber claramente o teorema de Arquimedes”(aluno 1, grupo 1).

“Sim, com certeza! Agora consigo visualizar as atividades quando eu estava apenas resolvendo os exercícios”(aluno 2, grupo 1).

“Sim, agora entendi o que é calor específico”(aluno 2, grupo 6).

“Por meio desta prática a compreensão sobre calor e trocas do mesmo ficou muito clara e mais abrangente e fácil de aprender os conhecimentos anteriormente vistos”(aluno 1, grupo 7).

“Sim, os experimentos além de serem práticos, aumentam o interesse do aluno pela física”(aluno 3, grupo 1).

Apesar de o caderno de experimentos apenas abordar atividades experimentais de verificação, constatamos indícios de que as atividades desenvolvidas possibilitaram uma melhor compreensão e entendimento do conteúdo abordado pelas práticas. Analisando as respostas dos alunos foi possível verificar a motivação, o engajamento e o entusiasmo dos mesmos na realização das propostas experimentais. Nesse sentido, os alunos tiveram a oportunidade de sair de um ambiente formal de aula expositiva em que estão inseridos, com a manipulação de materiais, discussão e reflexão da experiência realizada e, principalmente, a

troca de informações durante a aula, o que acreditamos ser importante para compreensão dos fenômenos físicos associados.

Apresentaremos a seguir as considerações finais a respeito dessa proposta de investigação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados obtidos por meio dessa investigação e tendo como proposta a pesquisa qualitativa, verificamos indícios que o caderno de atividades experimentais atingiu os objetivos propostos pela presente pesquisa, pois pôde capacitar e auxiliar os professores na elaboração e execução das atividades experimentais ajudando a superar a principal dificuldade descrita pelos docentes na utilização do kit 1 SEED/DEB, que é a falta do apoio pedagógico de um caderno com propostas experimentais. Também proporcionou um melhor entendimento dos materiais presentes no kit, sendo considerado pelos docentes um fator motivador para sua utilização.

Os alunos que participaram dessa investigação tiveram a oportunidade de sair de um ambiente formal de aula expositiva, o que pôde proporcionar aos estudantes um pouco mais de ação no processo de ensino e aprendizagem, permitindo a realização de uma atividade mais dinâmica, interessante e motivadora, com a manipulação de materiais, discussão e reflexão da experiência realizada e a troca de informações durante a aula.

Vale a pena mencionar que algumas das atividades experimentais do caderno foram aplicadas por alguns professores participantes do curso e eles nos relataram que as atividades despertaram o interesse, a motivação dos estudantes para os conteúdos desenvolvidos e aulas subsequentes.

Concluimos que o caderno de atividades experimentais tem potencial para auxiliar os professores em suas atividades experimentais, pois o referido kit apresenta materiais básicos presentes em qualquer laboratório de física e, por consequência, pode ser adaptado e reproduzido por qualquer professor e/ou professora de Física. Dessa maneira, a presente proposta de ensino, representa um importante recurso pedagógico para a disciplina, sendo elaborado com a finalidade de criar oportunidades para que o ensino teórico e experimental se efetue em concordância, propiciando um ensino mais significativo, dinâmico e consistente, o que acreditamos ser relevante para o ensino de física.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. R.; **A ficção científica na ficção escolar: potencialidades dos gêneros no ensino de física**, Maringá, 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; Maria Lúcia Vital dos Santos Abib. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física. Rev. Bras. Ens. Fis. vol.25 no.2 São Paulo Junho 2003.

ARRUDA, S. M & LABURÚ, C. E. **Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências**. In: Pesquisas em ensino de ciências e matemática. Série: Ciências & Educação, n. 3, Bauru, São Paulo, 1996. p.14-24.

BORGES, A.T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BATISTA, M. C.; **A experimentação no ensino de física: modelando um ambiente de aprendizagem**, 2009. 82 f. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

BATISTA, Michel Corci e BATISTA, Danilo Corci. **Física: Atividades experimentais**. 1. ed. Maringá, Unicesumar, 2016.

_____. **Um estudo sobre o ensino de astronomia na formação inicial de professores dos anos iniciais**, 2016. 183 f. Tese doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.

BUENO, Regina de Souza Marques; KOVALICZN, Rosilda Aparecida. **O ensino de ciências e as dificuldades das atividades experimentais**. Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE no Paraná, 2008.

CARVALHO, Anna M. Pessoa de; GIL-PEREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. – 10. Ed. – São Paulo: Cortez, 2011.

CAVENAGHI, Ana Raquel Abelha; BZUNECK, José Aloyseo. **A motivação de alunos adolescentes enquanto desafio na formação do professor**. IX Educere - Congresso Nacional de Educação e III Encontro sul brasileiro de psicopedagogia – PUCPR, outubro de 2009. Disponível em:< http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2009/1968_1189.pdf>. Acesso em: 25 out. 2017.

CUNHA, Ana Maria de Oliveira; KRASILCHIK, Myriam **A formação continuada de professores de ciências: percepções a partir de uma experiência** - 23ª Reunião anual da AMPEd, 2000. Disponível em:< <http://23reuniao.anped.org.br/textos/0812t.PDF> >. Acesso em: 05 nov. 2017.

FORÇA, A. C.; LABURÚ, L. C.; SILVA, O. H. M. **Atividades experimentais no ensino de Física: Teoria e Práticas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas, Anais... Campinas: ABRAPEC, 2011.

FUSINATO, Polônia Altoé. **Eletricidade básica: caderno de atividades experimentais**. Vários autores, Michel Corci Batista e Polônia Altoé Fusinato (org). Maringá, Pr, Editora: Massoni, 2014.

FRANCISCO Jr., W. **Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins**. Química Nova na Escola, n.29, p.20-23, 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/05-RSA-1008.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

GALIAZZI, Maria do Carmo et al. **Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências**. Ciência e Educação, Bauru, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/08.pdf>>. Acesso em 02 out. 2017.

GASPAR, A; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de vygotsky**. Investigações em Ensino de Ciências – V10(2), pp. 227-254, 2005

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de física: uma visão baseada na teoria de vigotski** - São Paulo: Editora da Física, 2014.

_____. **Experiências de Ciências para o Ensino fundamental**. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2003.

GIL, Carlos Antonio. **Como elaborar projetos de pesquisa** - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2012.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de Ciências**. Química nova na Escola, n.10, 1999.

GOLDBACH et al, (2009); **Atividades práticas em livros didáticos atuais de biologia: investigações e reflexões**. Revista Perspectivas da Ciência e Tecnologia v.1, n.1, jan-jun 2009.

GONÇALVES, Heitor Antônio. **Análise de sites da internet: possibilidades pedagógicas na formação de conceitos**. ESUD 2014 – IX Congresso brasileiro de Ensino Superior à distância. Florianópolis, SC, 2014. Obtido em: < <http://esud2014.nute.ufsc.br/anais-esud2014/files/pdf/128223.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

LABURÚ, C. E. **Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala dos professores**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 2, 2005.

_____. **Fundamentos para um experimento cativante**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.

MACEDO, Lino; PETTY, Ana Lúcia Sícoli; PASSOS, Norimar Christe. **Os jogos e o lúdico na aprendizagem escolar**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

MORAES, R. **O significado da experimentação numa abordagem construtivista: O caso do ensino de ciências.** In: BORGES, R. M. R.; MORAES, R. (Org.) Educação em Ciências nas séries iniciais. Porto Alegre: Sagra Luzzato. 1998. p. 29-45.

MOREIRA, M. A. & LEVANDOWSKI, C. A., **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório.** Editora da Universidade, Porto Alegre: 1983.

MOREIRA, Marco Antonio. **Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea.** Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, março de 2014.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente.** Revista Acta Scientiae, Canoas, v.12, n.01, p.139-153, jan./jun. 2010. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/laequi/wp-content/uploads/2015/03/contribui%C3%A7%C3%B5es-e-abordagens-de-atividades-experimentais.pdf>>. Acesso em: 07 Ago. 2017.

PARANÁ, **Diretrizes curriculares da Educação básica: Física.** Secretaria de Estado da Educação do Paraná, Curitiba, 2008.

PEREIRA, Vitor Marques. **Possibilidades e dificuldades de se pensar com atividades experimentais: O que pensam os professores de física.** 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

PERUZZO, Jucimar. **Experimentos de física básica: mecânica** - São Paulo: Editora: Livraria da física, 2012.

_____. **Experimentos de física básica: eletromagnetismo, física moderna e ciências espaciais** - São Paulo: Editora: Livraria da física, 2013.

PUGLISE, Laura Maria; FRANCO, Barbosa. **Análise de Conteúdo** – Brasília, 2ª edição: Liber Livro Editora, 2005. 79 p.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. **Discutindo as concepções epistemológicas a partir da metodologia utilizada no laboratório didático de Física.** Revista Ibero-americana de Educação, Madrid (Espanha), v. 6, n. 52, p. 1-11, 25 maio 2010. Quadrimestral. Disponível em: <<http://www.rioei.org/deloslectores/3234Werner.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

ROSITO, Álvares Berenice; **O ensino de ciências e a experimentação.** In: MORAES, R. Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas. 3ª ed, 1º reimpr. – Porto Alegre: Edipucrs, p. 151-161, 2011.

SALVADEGO, W. N. C. **Busca de informação: saber profissional, atividade experimental, leitura positiva, relação com o saber.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – UEL, Londrina, 2008.

SILVA, Roberto Ribeiro da; MACHADO, Patrícia Fernandes Lootens; TUNES, Elizabeth. **Experimentar sem medo de errar**. In: SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MALDANER, Otavio Aloisio. (organizadores). Ensino de Química em foco – Coleção educação em Química – Ed: Unijuí, 2011.

SOUZA, Maria Helena Soares; SPINELLI, Walter. **Guia prático para recursos de laboratório: do material à elaboração de relatórios**. Coleção: Ponto de apoio – São Paulo: Scipione, 1997.

WESENDONK, Fernanda Sauzem; PRADO, Letícia do. **Atividade didática baseada em experimento: discutindo a implementação de uma proposta investigativa para o Ensino de Física**. Experiências em Ensino de Ciências, Bauru, v. 10, n. 1, p. 54-80, abr. 2015. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID265/v10_n1_a2015.pdf>. Acesso em: 19 out. 2017.

ZAGURY, Tânia. **O professor refém** - para pais e professores entenderem porque fracassa a educação no Brasil. Rio de Janeiro: Record, 2006.

APÊNDICE

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

**CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: UM GUIA
PARA AUXILIAR O USO DO KIT 1 SEED/DEB**

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



Produto Educacional

**CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: UM GUIA PARA
AUXILIAR O USO DO KIT 1 SEED/DEB**

DOUGLAS ROBASKIEWICZ CONEGLIAN
ADRIANA DA SILVA FONTES
MICHEL CORCI BATISTA

Campo Mourão – PR
2018

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



DOUGLAS ROBASIEWICZ CONEGLIAN

Produto Educacional

**CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: UM GUIA PARA
AUXILIAR O USO DO KIT 1 SEED/DEB**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), câmpus Campo Mourão, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Adriana da Silva Fontes
Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Campo Mourão – PR
2018

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DO CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	49
A ESTRUTURA DOS EXPERIMENTOS PROPOSTOS.....	50
MECÂNICA.....	51
1 LEI DE HOOKE.....	52
1.1 PRÁTICA I: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DE UMA MOLA HELICOIDAL.....	53
2.1 PRÁTICA II: DETERMINAÇÃO DO EMPUXO EXERCIDO POR UM LÍQUIDO	58
2.2 PRÁTICA III: EMPUXO E PESO DO VOLUME DE LÍQUIDO DESLOCADO (PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES)	61
CALORIMETRIA.....	65
3 ESTUDOS DE CALORIMETRIA	66
3.1 CONHECENDO O CALORÍMETRO.....	69
3.1.1 Testando o Calorímetro	71
3.1.2 Sugestões e Adaptações ao Calorímetro do Kit Experimental 1, Para o Aprimoramento das Medidas de Capacidade Térmica e Calor Específico.....	71
3.2 PRÁTICA IV: DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE TÉRMICA DO CALORÍMETRO	73
3.3 PRÁTICA V: DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UMA AMOSTRA DE COBRE OU ALUMÍNIO.....	75
OSCILAÇÕES.....	78
4 MOVIMENTO OSCILATÓRIO	79
4.1 GRANDEZAS RELEVANTES NO MOVIMENTO OSCILATÓRIO.....	80
4.2 MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS).....	81
4.3 SISTEMA MASSA-MOLA	81
4.4 PERÍODO DO SISTEMA MASSA-MOLA	82
4.5 PRÁTICA VI: OSCILADOR HARMÔNICO SIMPLES (SISTEMA MASSA-MOLA)	84
5 PÊNDULO SIMPLES	89

5.1 LEIS DO PÊNDBULO SIMPLES.....	90
5.2 PRÁTICA VII: RELAÇÃO ENTRE PERÍODO DE OSCILAÇÃO E AMPLITUDE	91
5.3 PRÁTICA VIII: RELAÇÃO ENTRE PERÍODO DE OSCILAÇÃO E MASSA DO PÊNDBULO.....	94
5.4 PRÁTICA IX: RELAÇÃO ENTRE PERÍODO DE OSCILAÇÃO E COMPRIMENTO DO PÊNDBULO	97
5.5 PRÁTICA X: PÊNDBULO SIMPLES E A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL	101
6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CADERNO DE EXPERIMENTOS	105
REFERÊNCIAS	106

APRESENTAÇÃO DO CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

No ano de 2012, a Secretaria de Educação do Estado do Paraná / Departamento de Educação Básica (SEED/DEB) encaminhou para todas as escolas estaduais que ofertam o Ensino Médio dois tipos de kits didáticos de física. Por uma questão de nomenclatura denominados esses materiais de kit experimental 1 e kit experimental 2. Porém, esses equipamentos não apresentavam nenhum manual sobre sua utilização e também nenhuma proposta de atividade experimental, o que vinha dificultando a aplicação dos mesmos por parte do professor. Nesse contexto, o presente caderno de experimentos surgiu da solicitação de alguns professores das escolas estaduais de Campo Mourão e região, em relação à utilização do kit experimental 1.

Com base nos equipamentos que compõem esse kit, produzimos dez atividades experimentais organizadas em três tópicos:

- *Mecânica:*
 - Lei de Hooke;
 - Empuxo;
 - Princípio de Arquimedes;
- *Calorimetria:*
 - Medida da capacidade térmica do calorímetro;
 - Medida do calor específico de uma peça metálica utilizando o calorímetro;
- *Oscilações:*
 - Sistema massa-mola;
 - Relação entre período de oscilação e amplitude de um pêndulo simples;
 - Relação entre período de oscilação e massa do pêndulo;
 - Relação entre período de oscilação e comprimento do pêndulo;
 - Aceleração da gravidade local.

Almeja-se que esse caderno com propostas experimentais possa auxiliar os professores em suas atividades práticas e, que a partir das atividades de verificação sugeridas nele, os docentes possam ter uma referência para que seus alunos tenham contato com a experimentação de uma forma simples e prática e, à medida que eles forem se familiarizando com essa estratégia de ensino, o professor poderá realizar experimentos mais complexos como as atividades de investigação.

A ESTRUTURA DOS EXPERIMENTOS PROPOSTOS

Com base em Peruzzo (2012), todos os experimentos propostos neste caderno de atividades experimentais apresentam a seguinte estrutura:

- *Título*
- ✓ Evidencia o assunto a ser abordado e antecedido de uma introdução teórica sobre o tema;
- *Objetivo(s)*
- ✓ Indica o que se pretende atingir com a realização do experimento proposto;
- *Material utilizado*
- ✓ Informa os materiais e/ou equipamentos do kit 1 necessários para a realização do experimento;
- *Procedimentos*
- ✓ Orienta a montagem e a realização detalhada do experimento com fotos e/ou ilustrações;
- *Análise e discussão*
- ✓ Apresenta alguns informes relevantes na execução da prática experimental, propondo a substituição de alguns materiais por outros similares e/ou o acréscimo de outrem para a execução do experimento. Em seguida, são apresentados alguns questionamentos como forma de contextualizar a utilização do experimento, permitindo, assim, o confronto entre as concepções prévias dos estudantes e a concepção científica, facilitando dessa forma, a formação de conceitos científicos, oportunizando uma concordância entre o ensino experimental e teórico.

Mecânica

1 LEI DE HOOKE

As molas se caracterizam como estruturas que apresentam a propriedade de deformar-se sob a ação de esforços de tração ou compressão, exercendo por sua vez, forças de reação no sentido de recuperar as suas dimensões originais (PERUZZO, 2012a).

De fato, quando uma mola está sujeita a uma força \vec{F} de deformação ao longo de seu comprimento, ela passa a exercer uma força elástica \vec{F}_{el} de mesma intensidade e sentido oposto ao da força \vec{F} , assim:

$$\vec{F}_{el} = -\vec{F} \quad (1)$$

A força com que uma mola troca com objetos em contato com ela é diretamente proporcional à sua deformação, de modo que:

$$\vec{F}_x = k \cdot \vec{x} \quad (2)$$

Em que, k é uma constante de proporcionalidade característica do material que constitui a mola, denominada constante elástica. A equação (2) recebe o nome de **lei de Hooke** em homenagem ao físico inglês Robert Hooke (1635 - 1703) que investigou o comportamento de materiais elásticos.

Experimentalmente, podemos variar uma força aplicada a uma mola e perceber um aumento proporcional em sua deformação, ou seja, abaixo do limite de elasticidade a força (F) aplicada a um corpo elástico e a deformação (Δx) que ela causa são diretamente proporcionais. Dessa forma, a constante de Hooke (k) é dada a partir da equação (2):

$$k = \frac{F}{\Delta x} \quad (3)$$

“O limite de elasticidade é maior valor para o qual a força e deformação preservam a relação de proporcionalidade” (HALLIDAY, 2009, p. 13). Fazendo uma média aritmética dos valores encontrados para k , obtemos a constante elástica de uma mola.

Após essa breve revisão do conteúdo, apresentamos uma atividade prática visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem, como também de avaliar o alcance do mesmo.

1.1 PRÁTICA I: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DE UMA MOLA HELICOIDAL

Objetivo:

Verificar a lei de Hooke e determinar a constante elástica de uma mola helicoidal.

Materiais:

- 01 suporte universal;
- 01 haste vertical;
- 01 balança digital;
- 01 fixador metálico para pendurar a mola;
- 01 régua de 30 cm;
- 01 fita crepe;
- 01 tesoura sem ponta;
- 01 mola helicoidal A (mola com maior diâmetro do kit 1);
- 01 conjunto de massas aferidas com gancho suporte do kit 1.

Procedimentos:

1. Montar os materiais necessários para o experimento conforme a Figura 1. Utilizar a fita crepe para prender a régua de 30 cm na lateral da haste vertical;

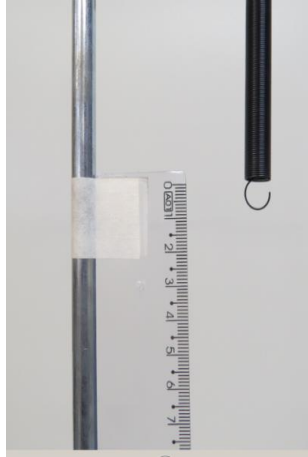
Figura 1 - Montagem inicial para determinação da constante elástica da mola A



Fonte: O autor (2016)

2. Posicionar a extremidade inferior na mola A em $L_0 = 0$ cm, conforme a Figura 2;

Figura 2 - Comprimento inicial da mola A, $L_0 = 0$ cm



Fonte: O autor (2016)

3. Medir a massa do conjunto (60 g + gancho suporte). $m_{conjunto} = \underline{\hspace{2cm}}$ kg;

4. Determinar o peso do conjunto, por meio da equação: $P = m \cdot g$, adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, anotando o valor obtido no Quadro 1 na coluna: P = F (N);

5. Prender o conjunto (60 g + gancho suporte) na extremidade da mola;

6. Verificar a deformação ΔL sofrida pela mola, anotando o valor obtido no Quadro 1 na coluna ΔL (m);

7. Retirar o conjunto massa + gancho suporte e verificar se a mola volta para a posição inicial $L_0 = 0$ cm.

8. Determinar a constante elástica k por meio da equação: $k = \frac{F}{\Delta L}$. Anote o valor obtido no Quadro 1;

9. Acrescentar novos conjuntos de (massa + gancho suporte) repetindo os passos 2 a 8 completando o Quadro 1:

Quadro 1 - Dados para determinação da constante elástica da mola A

	Massa + gancho suporte	P = F (N)	ΔL (m)	k (N/m)
1	60 g + gancho			
2	80 g + gancho			
3	100 g + gancho			
4	120 g + gancho			
5	140 g + gancho			
Média aritmética da constante elástica (k) da mola A				

Fonte: O autor (2016)

OBSERVAÇÃO: Para determinação da constante elástica da mola B (mola com menor diâmetro do kit 1) recomendamos a utilização de massas aferidas de 50g sem a utilização do gancho suporte. Apenas adicione as massas na extremidade da mola B e utilizando os passos 1 a 9 descritos anteriormente preenchendo o Quadro 2:

Quadro 2 - Dados para determinação da constante elástica da mola B

	Massa (g)	P = F (N)	ΔL (m)	k (N/m)
1	250			
2	300			
3	350			
4	400			
5	450			
Média aritmética da constante elástica (k) da mola B				

Fonte: O autor (2016)

Análise e discussão:

Recomendamos ao professor, como forma de contextualizar a utilização do experimento, os seguintes questionamentos:

a) O que aconteceu com os valores de ΔL , à medida que F aumentou?

b) Qual é a relação existente entre F e ΔL ?

c) Construa o gráfico de F em função de ΔL .



d) Determine o coeficiente angular da reta

e) Determine o coeficiente linear da reta.

f) Qual é o significado físico do coeficiente angular da reta?

g) A mola ultrapassou o limite de elasticidade? O que é esse limite de elasticidade?

h) Os resultados obtidos comprovam a lei de Hooke? Em caso afirmativo, enuncie a lei.

2 EMPUXO EXERCIDO POR UM LÍQUIDO

Quando mergulhamos um corpo em um líquido, total ou parcialmente, verificamos que este age sobre o corpo, exercendo uma força resultante dirigida para cima. Essa força recebe o nome de *empuxo* (\vec{E}), cuja intensidade é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo (HALLIDAY, 2009; PERUZZO, 2012 – a). Você já deve ter percebido o empuxo ao tentar mergulhar uma bola na água, por exemplo.

O empuxo pode ser determinado pela diferença entre o peso real (\vec{P}_R), peso do corpo fora do líquido e o peso aparente (\vec{P}_A), peso do corpo imerso em um líquido.

$$\vec{E} = \vec{P}_R - \vec{P}_A \quad (3)$$

Também podemos determinar o empuxo por meio do *princípio de Arquimedes*, no qual: “Todo corpo sólido mergulhado num líquido em equilíbrio, recebe deste uma força vertical de sentido de baixo para cima cuja intensidade é igual à do peso do líquido deslocado pelo corpo” (RAMALHO, 2009, p. 437). Matematicamente, podemos demonstrar por:

$$E = P_{LD}$$

$$E = m_{LD} \cdot g, \text{ temos que:}$$

$$m_{LD} = \rho \cdot V, \text{ logo:}$$

$$E = \rho \cdot V \cdot g \quad (4)$$

Em que ρ é a densidade do líquido, V o volume do corpo submerso na água e g a aceleração da gravidade.

Após essa breve revisão do conteúdo, apresentamos algumas atividades práticas visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem, como também de avaliar o alcance do mesmo.

2.1 PRÁTICA II: DETERMINAÇÃO DO EMPUXO EXERCIDO POR UM LÍQUIDO

Objetivo:

Verificar a existência da força de empuxo exercida por um líquido sobre um corpo quando nele mergulhado.

Materiais:

- 01 suporte universal;
- 01 haste vertical;
- 01 fixador metálico para pendurar o dinamômetro;
- 01 dinamômetro de 1 N;
- 01 massa aferida de 60 g do kit 01;
- 01 bécker de 250 ml;
- 200 ml de água;
- 200 ml de álcool;
- 20 cm de barbante;
- 01 tesoura sem ponta

Procedimentos:

1. Ajustar o "zero" do dinamômetro;
2. Com o auxílio do barbante, pendurar a massa aferida de 60 g conforme a Figura 3;

Figura 3 - Massa aferida de 60g presa na extremidade do dinamômetro de 1 N



3. Anotar o valor do peso real (P_R) indicado no dinamômetro. $P_R = \underline{\hspace{2cm}}$ N;
4. Com o auxílio do bécker contendo 200 ml de água, mergulhar a massa aferida de modo que essa fique completamente submersa, mas sem tocar o fundo ou a lateral do bécker, conforme a Figura 4;

Figura 4 - Massa de 60 g submersa



Fonte: O autor (2016)

5. Anote o valor do peso aparente (P_A) indicado no dinamômetro. $P_A = \underline{\hspace{2cm}}$ N;
6. Por meio da equação: $\vec{E} = \vec{P}_R - \vec{P}_A$ determine o valor do módulo do empuxo. $E = \underline{\hspace{2cm}}$ N;
7. Repetir os procedimentos (1 a 6) utilizando como líquido o álcool;

Análise e discussão:

O professor pode optar em utilizar apenas como líquido a água. O ideal seria utilizar dois líquidos com densidades diferentes de modo que os alunos compreendam que o empuxo depende da densidade do líquido. Na ausência de álcool, recomendamos a utilização de água com sal como segundo líquido a ser utilizado.

Sugere-se ao professor, como forma de contextualizar a utilização da atividade experimental, os seguintes questionamentos:

a) Justifique a aparente diminuição do peso do corpo ao ser submergido nos diferentes líquidos.

b) Quais são a direção e o sentido do empuxo \vec{E} ?

c) Qual é o valor do módulo do empuxo nos diferentes líquidos utilizados no experimento?

d) Qual dos módulos apresenta maior empuxo? Justifique.

e) O empuxo depende da densidade do líquido?

2.2 PRÁTICA III: EMPUXO E PESO DO VOLUME DE LÍQUIDO DESLOCADO (PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES)

Objetivo:

Verificar que a força de empuxo exercida pelo líquido sobre um corpo tem direção vertical, sentido de baixo para cima e intensidade igual à do peso do fluido deslocado pelo corpo.

Materiais:

- 01 suporte universal;
- 01 haste vertical;
- 01 fixador metálico para pendurar o dinamômetro;
- 01 dinamômetro de 1 N (de preferência de precisão de 0,01 N);
- 01 seringa 10 ml;
- 01 massa aferida de 60 g do kit 01;
- 01 bécker de 250 ml;
- 200 ml de água;
- 01 copo descartável 50 ml;
- 20 cm de barbante;
- 01 marcador para retroprojeter ou similar;
- 01 tesoura sem ponta.

Procedimentos:

1. Ajustar o “zero” do dinamômetro;
2. Colocar uma alça de barbante no copo descartável de 50 ml, conforme Figura 5;

Figura 5 - Copo com alça de barbante



Fonte: O autor (2016)

2. Com o auxílio do barbante, pendurar a massa aferida de 60 g conforme a Figura 6;

Figura 6 - Massa de 60 g presa na extremidade do dinamômetro



Fonte: O autor (2016)

3. Anotar o valor do peso real P_R indicado no dinamômetro. $P_R = \underline{\hspace{2cm}}$ N;

4. Com o auxílio do bécker contendo 200 ml de água, mergulhar a massa aferida de modo que esta fique completamente submersa, mas sem tocar o fundo ou a lateral do bécker conforme a Figura 7. Perceba que o nível de água no bécker aumentou;

Figura 7 - Massa de 60 g submersa



Fonte: O autor (2016)

5. Com auxílio do marcador para retroprojeter, indique no bécker o volume de líquido deslocado pelo corpo;

6. Anote o valor do peso aparente P_A indicado no dinamômetro. $P_A = \underline{\hspace{2cm}}$ N;

7. Por meio da equação: $\vec{E} = \vec{P}_R - \vec{P}_A$, determine o valor do módulo do empuxo. $E = \underline{\hspace{2cm}}$ N;

8. Com auxílio da seringa, retirar o volume de líquido deslocado pelo corpo indicado no bécker;
9. Retire a massa aferida submersa na água contida no bécker;
10. Pendure na extremidade no dinamômetro o copo plástico de 50 ml com alça de barbante, ajustando o "zero" no dinamômetro;
11. Deposite o volume de líquido deslocado contido na seringa no copo de 50 ml;
12. Anote o valor do peso do volume de líquido deslocado. $P_{LD} = \text{_____N}$.

Análise e discussão:

O dinamômetro de 1 N do kit 1 possui uma precisão de 0,05 N, o que pode dificultar a leitura do módulo do empuxo, além de não aferir o peso do copo com alça de barbante utilizado no experimento. Para uma melhor precisão e análise dos dados, sugerimos que o professor utilize um dinamômetro de 1 N com precisão de 0,01 N. Apesar de a massa do copo de 50 ml com alça de barbante ser praticamente desprezível, pode ocorrer uma diferença significativa na comparação do módulo do empuxo com o peso do líquido deslocado pelo corpo. Por esse motivo, é fundamental a utilização de um dinamômetro mais sensível para comparação do peso do líquido deslocado com o módulo do empuxo. Essas recomendações farão com que o experimento atinja o objetivo desejado. Caso o professor não consiga fazer uso do dinamômetro que recomendamos, sugerimos que ele discuta com seus alunos os possíveis erros decorrentes da precisão do equipamento nas medidas aferidas durante a prática.

Recomendamos ao professor como forma de contextualizar a utilização da atividade prática, os seguintes questionamentos:

a) Qual é o valor do módulo do empuxo \vec{E} ?

b) Qual é o valor do módulo do peso do volume de líquido deslocado pelo corpo?

c) Compare o peso do volume de líquido deslocado pelo corpo submerso com o valor do módulo do empuxo e escreva sua conclusão.

d) Enuncie o princípio de Arquimedes;

e) Partindo do conceito de massa específica ($m = \rho \cdot V$), demonstre a equação do empuxo por meio da igualdade: $E = P_{LD}$.



Calorimetria

3 ESTUDOS DE CALORIMETRIA

Antes de iniciarmos os estudos de Calorimetria, área da física que estuda o calor, suas medidas e seus processos de transferência, apresentamos os principais conceitos científicos abordados pelo tema, são eles:

Temperatura: É a grandeza física que indica a intensidade média de agitação das partículas que compõe um corpo (BARROS, 1999).

Calor: É a energia térmica em trânsito que se transfere espontaneamente devido a uma diferença de temperatura. Sendo o calor uma forma de energia, no SI a unidade de medida é o joule (J). Em homenagem ao físico James Prescott Joule (1818-1889), que demonstrou a equivalência entre a energia mecânica e a energia térmica (NEWTON, 2013).

OBSERVAÇÃO: Além do joule, podemos usar também a unidade caloria (cal) para determinar quantidades de calor. Assim temos que: $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$, no entanto, para facilitar os cálculos, é comum aparecer o valor de 4,2 joules para cada caloria (ARTUSO, 2013).

Equilíbrio térmico: É a situação na qual todos os corpos que compõem um sistema estão à mesma temperatura (BARROS, 1999).

Capacidade térmica: É a quantidade de calor Q necessária para que a temperatura de um corpo varie uma unidade, ou seja, “a capacidade térmica indica a quantidade de calor que o corpo deve receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade” (NEWTON, 2013, p. 37). Portanto, a capacidade térmica C , é o quociente entre a quantidade de calor Q trocado por um corpo e sua correspondente variação de temperatura ($\Delta\theta$).

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} \quad (4)$$

OBSERVAÇÃO: A unidade de medida mais usada na capacidade térmica de um corpo é $\text{cal}/^\circ\text{C}$. No SI, a unidade de capacidade térmica é J/K (ARTUSO, 2013).

Outro modo de definir a capacidade térmica é levar em consideração o calor específico (c) do material que o compõe o corpo, assim como, sua massa m . Dessa forma, também podemos definir a capacidade térmica como:

$$C = m \cdot c \quad (5)$$

Calor específico: O calor específico (c) é uma característica fundamental de qualquer material. Cada grama de certa substância sempre necessita absorver ou liberar determinada quantidade de calor para sofrer variação de um grau em sua temperatura (ARTUSO, 2013). Essa quantidade de calor característica da substância denomina-se calor específico. Matematicamente temos:

$$c = \frac{C}{m} \quad (6)$$

OBSERVAÇÃO: Vimos que a capacidade térmica por uma unidade de massa é denominada calor específico (c), dado usualmente pela unidade $cal/g \cdot ^\circ C$. No SI, o calor específico é medido em $J/kg \cdot K$ ou $J/kg \cdot ^\circ C$ (ARTUSO, 2013).

O Quadro 3 a seguir apresenta o calor específico de algumas substâncias.

Quadro 3 - Calor específico de algumas substâncias

Substância	Calor específico (em $cal/g \cdot ^\circ C$)
Água	1,000
Alumínio	0,219
Cobre	0,093
Ferro	0,550
Chumbo	0,031
Estanho	0,119
Bronze	0,090
Zinco	0,093

Fonte: Newton (2013, p. 38)

Calor sensível: “É o calor que, recebido ou cedido por um corpo, provoca nele uma variação de temperatura” (NEWTON, 2013, p. 38).

Para calcular a quantidade de calor sensível que um corpo recebe ou cede, usamos a definição de calor específico.

$c = \frac{C}{m}$ substituindo (4) em (6), temos:

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta} \rightarrow Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \quad (7)$$

OBSERVAÇÃO: A equação (7) é denominada de *equação fundamental da calorimetria*, em que, $\Delta\theta = \theta_{final} - \theta_{inicial}$. Dessa forma, se a temperatura aumenta, $\theta_f > \theta_i$ e $\Delta\theta > 0$ e nesse caso, a quantidade de calor Q é positiva. Se a temperatura diminui, $\theta_f < \theta_i$ e $\Delta\theta < 0$. E nesse caso Q é negativa (NEWTON, 2013).

3.1 CONHECENDO O CALORÍMETRO

O calorímetro é um instrumento utilizado para medir a capacidade térmica de um corpo, o calor específico de um material ou mesmo a quantidade de calor absorvida ou cedida por uma substância. Ele é constituído basicamente de um vaso de metal revestido por um isolante térmico e fechado por uma tampa isolante contendo um orifício central pelo qual se introduz o termômetro (Figura 8). Geralmente, a tampa pode conter um furo adicional para o emprego de um agitador utilizado para mexer a mistura e facilitar as trocas de calor entre as substâncias contidas no calorímetro (BONJORNO, 2013; NEWTON, 2013; STEFANOVITS, 2013).

Figura 8 - Calorímetro do kit experimental 1 encaminhado pela SEED/DEB



Fonte: O autor (2016)

O funcionamento de um calorímetro baseia-se na transferência de calor que ocorre quando se colocam em contato duas substâncias com temperaturas diferentes. “Conhecidas as propriedades de uma substância, consegue-se determinar a capacidade térmica ou o calor específico da outra, por meio da verificação das temperaturas inicial e final no interior do calorímetro” (STEFANOVITS, 2013, p. 36).

Uma vez que o calorímetro é termicamente isolado, a soma das quantidades de calor transferidas é nula. Assim, a quantidade de calor que um corpo ou uma substância ganha é igual à quantidade que o outro perde. Esse fato é justificado pelo princípio das trocas de calor:

Quando dois ou mais corpos trocam calor apenas entre si, a soma das quantidades de calor trocadas pelos corpos até atingir o equilíbrio térmico é igual a zero.

$$\sum Q_{Liberado} + \sum Q_{Absorvido} = 0 \quad (8)$$

Não podemos esquecer que o calorímetro, além de servir como recipiente, também participa das trocas de calor, cedendo calor para seu conteúdo ou recebendo calor dele.

A princípio, “um calorímetro é denominado ideal quando, além de impedir as trocas de calor entre seu conteúdo e o meio externo não troca calor com os corpos nele contidos” (NEWTON, 2013, p. 40). Esse tipo de calorímetro existe somente na teoria, aparecendo com frequência em enunciados de exercícios. Nesses casos, os enunciados referem-se ao calorímetro dizendo que o mesmo tem **capacidade térmica desprezível**.

Fique atento! Para obter erros experimentais abaixo de 10 %, o calorímetro não pode permitir perdas significativas de calor para o meio externo.

3.1.1 Testando O Calorímetro

Inicialmente, testamos o calorímetro do kit 1 para determinação do calor específico de uma amostra de cobre e alumínio, admitindo que sua capacidade térmica era desprezível. Também não realizamos nenhuma adaptação ou modificação ao equipamento. Com base em nossos testes, percebemos que a estrutura do calorímetro se aquecia consideravelmente. Esse fato nos levou à constatação de que o calorímetro não era um bom isolante térmico, pois obtivemos erros experimentais elevadíssimos para o calor específico dos metais citados. Dessa forma, entendemos que o equipamento em sua forma original (Figura 9), não constitui um sistema termicamente isolado. Para minimizar os erros e deixar as medidas com mais confiabilidade apresentaremos a seguir algumas adaptações em sua estrutura.

Figura 9 - Calorímetro presente no kit experimental 1 sem modificações



Fonte: O autor (2016)

3.1.2 Sugestões E Adaptações Ao Calorímetro Do Kit Experimental 1, Para O Aprimoramento Das Medidas De Capacidade Térmica E Calor Específico

As mudanças que se fizeram necessárias para o bom funcionamento do calorímetro foram: O fundo do copo plástico na cor azul foi isolado com um E.V.A branco e a tampa com orifício central para introdução do termômetro recebeu a mesma orientação. O copo interno de alumínio de 220 ml envolvido em isopor foi revestido por uma folha de papel A4, dobrada ao meio na posição retrato. Essas adaptações são apresentadas na Figura 10 abaixo.

Figura 10 - Adaptações sugeridas pelo autor ao calorímetro do kit experimental 1



Fonte: O autor (2016)

Sugerimos ao professor que ao trabalhar com o calorímetro do kit experimental 1, faça as devidas adaptações mencionadas e leve em consideração no cálculo do calor específico a capacidade térmica deste equipamento, pois as adaptações são simples e fáceis de serem aplicadas ao equipamento e que podem garantir o nível de confiabilidade, facilitando, assim, o trabalho do professor e a aprendizagem do aluno. Em nossos testes, com esse procedimento, obtivemos o valor de $7,8 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ para sua capacidade térmica.

Após essa breve revisão do conteúdo, de conhecer as adaptações e sugestões empregadas ao calorímetro apresentamos algumas atividades práticas relacionadas ao conteúdo e equipamento, visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem, como também de avaliar seu alcance.

3.2 PRÁTICA IV: DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE TÉRMICA DO CALORÍMETRO

Objetivo:

Determinar a capacidade térmica do calorímetro do kit experimental 1;

Materiais:

- 01 calorímetro;
- 01 balança digital;
- 01 bécker de vidro de 250 ml;
- 01 resistência para aquecer o bécker contendo água;
- 01 termômetro de álcool ou mercúrio (-10 a 110 °C);
- 200 ml de água.

Procedimentos:

1. Meça 50 g de água, em temperatura ambiente, e coloque no calorímetro, anotando a temperatura do sistema após o equilíbrio térmico. $m_{\text{água fria}} = \text{_____ g}$; $T_i = \text{_____}^\circ\text{C}$;
2. Meça 100g de água e coloque para aquecer. $m_{\text{água quente}} = \text{_____ g}$;
3. Retire a água do aquecedor após a temperatura ultrapassar 80°C;
4. Com o auxílio do termômetro, mexa a água para uma maior homogeneidade e meça a temperatura de equilíbrio da água quente, mas não demore muito para que a temperatura da água não baixe muito;
5. Rapidamente abra o calorímetro, coloque a água quente, e feche-o;
6. Meça a temperatura final de equilíbrio térmico $T_F = \text{_____}^\circ\text{C}$;
7. Com os dados obtidos, usando o calor específico da água igual a 1,0 cal/g.°C, determine a capacidade térmica do calorímetro utilizando a equação (9):

$$m.c.(T_F - T_i)_{\text{Água fria}} + m.c.(T_F - T_i)_{\text{Água quente}} + C(T_F - T_i)_{\text{Calorímetro}} \quad (9)$$

Análise e discussão:

Repita os procedimentos (1 a 7), por no mínimo três vezes, e faça uma média aritmética dos valores de capacidade térmica obtidos. Esse processo fará com que o valor da capacidade térmica obtida fique mais preciso. Recomenda-se que após a primeira utilização do calorímetro, devem-se secar as partes úmidas com o auxílio de um pano ou papel toalha seco. Caso a folha de papel A4 esteja úmida, substitua-a imediatamente por outra seca e limpa. Essas recomendações evitarão que possíveis trocas de calor indesejadas influenciem nas medidas de capacidade térmica obtidas.

Sugere-se ao professor, como forma de contextualizar a utilização do conteúdo e equipamento, os seguintes questionamentos:

a) Qual foi o valor encontrado para a capacidade térmica do calorímetro?

b) O que diz o princípio das trocas de calor?

c) O que é a capacidade térmica de um corpo?

d) O que significa um calorímetro ser denominado ideal?

e) Agora que você realizou o experimento, explique com suas palavras o princípio de funcionamento de um calorímetro.

f) Faça um levantamento sobre as possíveis fontes de erros experimentais, para a medida da capacidade térmica do calorímetro.

3.3 PRÁTICA V: DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UMA AMOSTRA DE COBRE OU ALUMÍNIO

Objetivo:

Determinar a calor específico de uma amostra de cobre ou alumínio;

Materiais:

- 01 calorímetro;
- 01 amostra de cobre;
- 01 amostra de alumínio;
- 01 balança digital;
- 01 bécker de vidro de 250 ml;
- 01 resistência para aquecer o bécker contendo água;
- 01 termômetro de álcool ou mercúrio (-10 a 110 °C);
- 200 ml de água.

Procedimentos:

1. Coloque no calorímetro uma peça metálica, cuja massa deve ser aferida. $m_{peça\ metálica} =$ _____ g;
2. Meça 50 g de água, em temperatura ambiente, e coloque no calorímetro, anotando a temperatura do sistema após o equilíbrio térmico. $m_{água\ fria} =$ _____ g; $T_i =$ _____ °C;
3. Meça 100g de água e coloque para aquecer. $m_{água\ quente} =$ _____ g;
4. Retire a água do aquecedor após a temperatura ultrapassar 80°C;
5. Com o auxílio do termômetro, mexa a água para uma maior homogeneidade e meça a temperatura de equilíbrio da água quente, mas não demore muito para que a temperatura da água não baixe muito;
6. Rapidamente abra o calorímetro, coloque a água quente, e feche-o;
7. Meça a temperatura final de equilíbrio térmico. $T_F =$ _____ °C;

8. Com os dados obtidos, usando o calor específico da água igual a $1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$, determine o calor específico da peça metálica utilizando a equação (10):

$$m.c.(T_F - T_I)_{\text{Água fria}} + m.c.(T_F - T_I)_{\text{Água quente}} + m.c.(T_F - T_I)_{\text{Peça metálica}} + C(T_F - T_I)_{\text{Calorímetro}} \quad (10)$$

9. Consulte a literatura e determine o erro experimental para o calor específico do cobre e do alumínio, utilizando a equação (11).

$$\Delta\% = \frac{|Valor_{\text{Teórico}} - Valor_{\text{Experimental}}|}{Valor_{\text{Teórico}}} \cdot 100 \quad (11)$$

OBSERVAÇÃO: Se o desvio percentual entre o valor teórico e o valor experimental ficar abaixo de 10 %, suas medidas encontram - se dentro do tolerável, portanto, são confiáveis.

Análise e discussão:

É recomendável que se leve em consideração no cálculo do calor específico a capacidade térmica do calorímetro. Além disso, após a primeira utilização do calorímetro, devem-se secar as partes úmidas com o auxílio de um pano ou papel toalha secos. Caso a folha de papel A4 esteja úmida, substitua-a imediatamente por outra seca e limpa. Essas recomendações evitarão que possíveis trocas de calor indesejáveis influenciem nas medidas de calor específico.

Sugere-se ao professor como forma de contextualizar a utilização da prática experimental os seguintes questionamentos:

a) As medidas obtidas para o calor específico do cobre ou alumínio são confiáveis? Justifique.

b) Por que é importante levar em consideração no experimento a capacidade térmica do calorímetro?

c) Faça um levantamento sobre as possíveis fontes de erros experimentais.

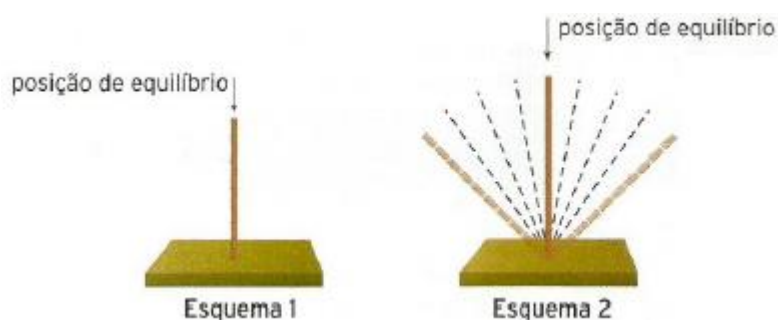
d) Agora que você realizou o experimento, escreva sua conclusão sobre o que é o calor específico de uma substância?

Oscilações

4 MOVIMENTO OSCILATÓRIO

Em princípio, “um movimento é oscilatório quando ocorre periodicamente em torno de uma posição central, conhecida como posição de equilíbrio” (STEFANOVITS, 2013, p. 135). Para exemplificar o que é um movimento oscilatório, imagine uma lamina flexível ou uma régua presa perpendicularmente a um suporte como mostra a Figura 11 a seguir. Todos os pontos que constituem a régua estão em posição de equilíbrio (esquema 1). Se inclinarmos a extremidade dessa e soltarmos, todos os pontos passam a realizar um movimento oscilatório em torno da mesma posição central de equilíbrio (esquema 2).

Figura 11 - Representação dos esquemas do movimento da régua



Fonte: STEFANOVITS (2013, p. 135)

Dessa forma, “as oscilações correspondem a vibrações localizadas enquanto que as ondas estão associadas à propagação” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 39). Na natureza, encontramos uma infinidade de movimentos oscilatórios como, por exemplo, os movimentos do pêndulo de um relógio, de uma criança que brinca num balanço ou o batimento das asas de um beija-flor. A nossa fala, audição e visão, também são frutos de fenômenos oscilatórios.

Dois exemplos de movimento oscilatório merecem destaque na Física, são eles: o movimento oscilatório de um corpo suspenso por um fio, conhecido como *pêndulo simples* e as oscilações de um corpo preso a uma mola, conhecido como *sistema massa-mola*.

4.1 GRANDEZAS RELEVANTES NO MOVIMENTO OSCILATÓRIO

De um modo geral, as oscilações são caracterizadas pelo movimento de vaivém de um ponto em relação a uma posição de equilíbrio, ou seja, algo oscila para cima e para baixo, para frente e para trás, ou ainda, para direita e para esquerda (PERUZZO, 2012b). Por se tratar de um movimento repetitivo, a análise das oscilações pode ser realizada pelos conceitos de período, frequência e amplitude. Assim, temos que:

O período (T) do movimento oscilatório é o intervalo de tempo necessário para o corpo realizar uma oscilação completa (movimento de ida e volta).

A frequência (f) do movimento oscilatório é o número de oscilações completas realizadas pelo corpo em certo intervalo de tempo.

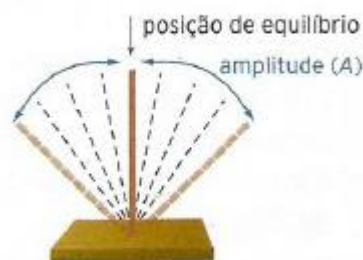
A relação entre período e frequência é dada por:

$$T = \frac{1}{f} \quad (12)$$

Em que, o período é medido em segundos (s) e a frequência é medida em (Hz).

Por fim, a amplitude é outra grandeza importantíssima no movimento oscilatório. Ela corresponde a medida de maior distância em relação à posição de equilíbrio, conforme a Figura 12.

Figura 12 - A amplitude de um movimento oscilatório



Fonte: STEFANOVITS (2013, p. 135)

De acordo a Figura 12, o comprimento da trajetória do movimento oscilatório é sempre o dobro de sua amplitude.

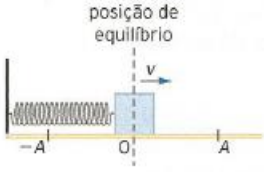
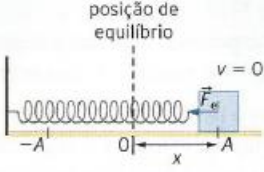

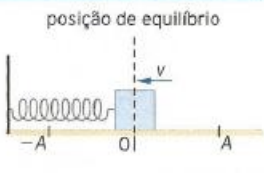
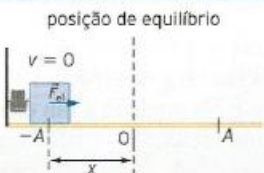
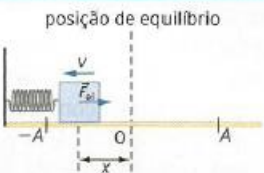
4.2 MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)

O movimento harmônico simples (MHS) é um movimento periódico em que um corpo realiza sucessivas oscilações em torno de uma posição de equilíbrio no qual está submetido a uma força restauradora. A aceleração desse tipo de movimento é dirigida para a posição de equilíbrio e sua intensidade é proporcional à distância em relação à posição de equilíbrio (HALLIDAY, 2009; MACHADO, 2000; NUSSENZVEIG, 2002; PERUZZO, 2012b; STEFANOVITS, 2013).

4.3 SISTEMA MASSA-MOLA

Um caso típico de MHS é o sistema massa-mola, formado por um corpo preso a uma mola que oscila periodicamente em torno de uma posição de equilíbrio (NUSSENZVEIG, 2002; PERUZZO, 2012b; STEFANOVITS, 2013). Para deslocar um corpo de sua posição de equilíbrio, em se tratando de um sistema massa-mola, é preciso esticar ou comprimir a mola presa ao corpo, que ao ser liberado, tende a voltar à posição de equilíbrio. Esse tipo de movimento se dá no sentido contrário ao do deslocamento inicial que ocasionou a deformação da mola. Dessa forma, a força elástica \vec{F}_{el} atua como a força restauradora, responsável pelo fato de o corpo oscilar em torno da posição de equilíbrio. A Figura 13 apresenta os esquemas de seis momentos distintos de um sistema massa-mola, considerando um plano horizontal sem atrito.

Figura 13 – Representação dos distintos momentos presentes no sistema massa-mola

Posição de equilíbrio $x = 0$	Distensão máxima $x = A$	Retorno à posição de equilíbrio $0 < x < +A$
 <ul style="list-style-type: none"> ▪ A mola está na posição de equilíbrio. ▪ A força elástica é nula, pois a mola está relaxada; porém o corpo tem velocidade, o que acarreta a distensão da mola. 	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ A mola apresenta distensão máxima. ▪ A força elástica é máxima, e a velocidade é nula. 	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ A mola está voltando à posição de equilíbrio. ▪ O corpo tem velocidade no mesmo sentido da força elástica.
Posição de equilíbrio $x = 0$	Compressão $-A < x < 0$	Compressão máxima $x = -A$
 <ul style="list-style-type: none"> ▪ A mola está na posição de equilíbrio. ▪ A força elástica é nula, porém o corpo ainda tem velocidade. ▪ Por inércia, ocorre a compressão da mola. 	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ A mola está sendo comprimida. ▪ A força elástica volta a atuar, mas no sentido contrário ao da velocidade. 	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ A mola sofre compressão máxima. ▪ A força elástica é máxima e a velocidade é nula.

Fonte: STEFANOVITS (2013, p.137)

4.4 PERÍODO DO SISTEMA MASSA-MOLA

Uma das variáveis mais marcantes no MHS é o período, devido sua regularidade ser muito útil nas medições de tempo, determinação de massa e constante elástica de uma mola (PERUZZO, 2012b; STEFANOVITS, 2013). O período (T) de um oscilador massa-mola é dado por:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (13)$$

Em que, a massa m e a constante elástica da mola k , são expressos em unidades no SI. Como o período só depende de m e k , a oscilação de um sistema massa-mola ideal apresenta o mesmo período tanto na horizontal quanto na vertical.

Sendo o período o inverso da frequência, temos:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (14)$$

Sendo k uma constante, a qual depende da mola, a partir de (14) percebe-se que, aumentando-se a massa m suspensa, a frequência de oscilação diminui ou o período de oscilação aumenta.

Outra constatação importante do período de um sistema massa-mola é que ele não depende da amplitude e nem da gravidade local. Assim, o movimento do referido sistema terá o mesmo período na Terra ou em qualquer outro planeta. Essa comprovação é importantíssima para medir a massa de um astronauta a bordo de uma espaçonave. Como não é possível usar uma balança, devido ao estado de imponderabilidade, usa-se uma cadeira que acoplada a molas funciona como um sistema massa-mola. O mesmo está atrelado a um cronômetro que afere o período que o sistema levou para realizar uma oscilação. Conhecendo-se o período e a constante elástica da mola e substituindo na equação do período, obtém-se a massa do astronauta. A Figura 14 apresenta o sistema descrito.

Figura 14 - Astronauta se posicionado na cadeira para determinação se sua massa



Fonte: <http://www.zerognews.com>. Acesso em: 20 dez. 2016

Após essa breve revisão do conteúdo, apresentamos uma atividade prática visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem, como também de avaliar o alcance do mesmo.

4.5 PRÁTICA VI: OSCILADOR HARMÔNICO SIMPLES (SISTEMA MASSA-MOLA)

Objetivos:

Estudar e compreender o movimento harmônico simples presente no sistema massa-mola observando que um corpo elástico obedece à lei de Hooke;

Materiais:

- 01 suporte universal;
- 01 haste vertical;
- 01 fixador metálico para pendurar a mola;
- 01 mola helicoidal A (mola com maior diâmetro do kit 1);
- 01 conjunto de massas aferidas do kit 01;
- 01 cronômetro do kit 1;
- 01 fita crepe;
- 01 tesoura sem ponta;
- 01 calculadora;
- 01 balança digital.

Procedimentos:

1. Montar os materiais necessários para o experimento conforme a Figura 15. Utilize a fita crepe para prender a régua de 30 cm na lateral da haste vertical, de modo que, o seu zero fique alinhado com a extremidade inferior da mola A;

Figura 15 - Montagem inicial da prática do sistema massa-mola



Fonte: O autor (2016)

2. Medir a massa do conjunto (60 g + gancho suporte). $m_{\text{conjunto}} = \underline{\hspace{2cm}}$ kg. Utilizar todas as casas após a vírgula. Anotar o valor obtido no Quadro 4 na coluna (massa oscilante pendurada).
3. Pendurar no fixador metálico a mola A. Em seguida, acrescente o conjunto (60 g + gancho suporte) em sua extremidade, estabelecendo o repouso do conjunto massa-mola conforme a Figura 15 acima;
4. Afastar o conjunto (60 g + gancho suporte) cerca de 3 cm da posição de equilíbrio (3 cm é a amplitude), e liberá-lo cuidadosamente para que o conjunto massa-mola inicie um movimento oscilatório na vertical;
5. Com o cronômetro do kit 1, medir o tempo de 10 oscilações completas. Repetir esse procedimento três vezes e anotar os valores no Quadro 4 na coluna (tempo 10 oscilações);
6. Determinar o tempo médio \bar{t} das 10 oscilações. Anotar o valor no Quadro 4, na coluna (tempo médio \bar{t});
7. Determinar o período T , isto é, o tempo gasto para realizar uma oscilação completa. Com três casas após a vírgula. Utilize a equação: $T = \frac{\bar{t}}{n}$. Anote o valor no Quadro 4 na coluna (período T) utilize três casas após a vírgula;
8. Determine a frequência do período T , utilizando a equação: $f = \frac{1}{T}$. Anote o valor no Quadro 4;
9. Repetir os procedimentos acima, preenchendo o Quadro 4:

Quadro 4 - Registro de dados do oscilador harmônico simples (sistema massa- mola)

	Massa + gancho suporte	Massa oscilante pendurada (kg)	Tempo 10 oscilações (s)	Tempo Médio \bar{t} (s)	Período T (s)	Frequência (Hz)
1	60 g + gancho suporte					
2	90 g + gancho suporte					
3	120 g + gancho suporte					
4	150 g + gancho suporte					

Fonte: O autor (2016)

Análise e discussão

Sugere-se ao professor para que oriente os alunos que forem marcar o tempo de 10 oscilações utilizando o cronômetro que liberem também a massa oscilante. A amplitude utilizada é cerca de 3 cm abaixo da posição de equilíbrio do conjunto massa-mola. É importante acionar o cronômetro quando se libera a massa oscilante, tomando o cuidado para que ela realize um movimento oscilatório na vertical. Esses procedimentos evitarão possíveis erros nas medidas dos tempos das oscilações e, conseqüentemente, no período T . Em nossos testes obtivemos um valor de 8,5 N/m para a constante elástica k da mola A.

Aconselha-se ao professor como forma de contextualizar a utilização do experimento os seguintes questionamentos:

a) Qual é a força restauradora, responsável pelo fato do corpo oscilar em torno da posição de equilíbrio?

b) O que podemos perceber com o período T e a frequência f , quando aumentamos a massa m suspensa? Qual é a relação entre essas duas grandezas?

c) O período T do oscilador harmônico simples (sistema massa-mola) depende de quais variáveis?

d) Por que no cálculo do período T , desprezamos a massa da mola?

e) Determine a constante elástica k da mola para o conjunto (90 g + gancho suporte) por meio da equação: $k = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 m$. Utilize como m a massa oscilante pendurada e o período T do Quadro 4. Use $\pi = 3,14$. $k = \underline{\hspace{2cm}}$ N/m.

f) Determine o valor do período teórico por meio da equação: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$; Use $\pi = 3,14$.

$$T_{\text{Teórico}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s};$$

g) Compare o valor do período teórico acima com o valor do período experimental no Quadro 4 e escreva a sua conclusão.

$$T_{\text{Teórico.}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s} \qquad T_{\text{Exp.}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s}$$

h) Determine o valor da frequência teórica para o conjunto (90 g + gancho suporte), dada pela equação: $f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$; Compare com o valor da frequência experimental do conjunto no Quadro 4, com o valor teórico da frequência obtida e escreva a sua conclusão. Use o k obtido no procedimento letra (e) e a massa oscilante pendurada do conjunto no quadro 3. Use $\pi = 3,14$.

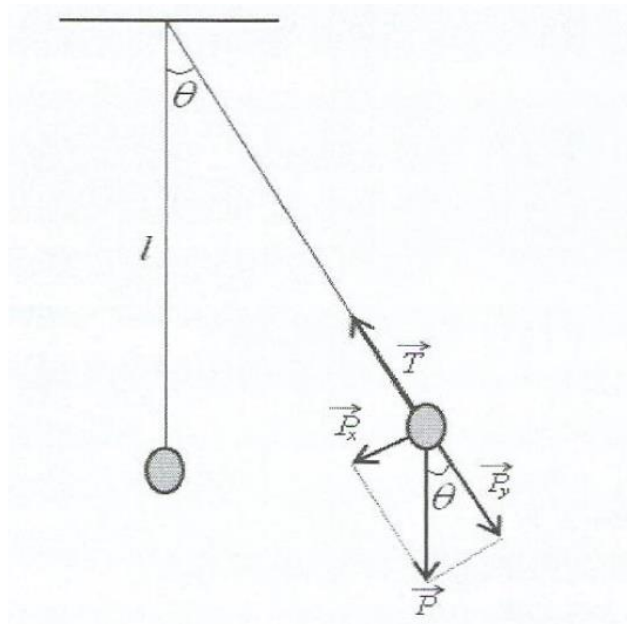
$$f_{\text{Teórica}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Hz} \qquad f_{\text{Exp.}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Hz}$$

h) Imagine a seguinte situação: Você é um astronauta que está na estação espacial há duas semanas e precisa medir a sua massa. Uma balança convencional seria inútil, devido ao estado de imponderabilidade ao qual está submetido. Baseado nos conhecimentos adquiridos neste tópico, argumente qual sistema seria o ideal para a determinação de sua massa corporal.

5 PÊNULO SIMPLES

O pêndulo simples consiste numa massa m suspensa por um fio de comprimento l que oscila em torno de uma posição de equilíbrio como, por exemplo, o pêndulo de um relógio. Quando afastado de sua posição de equilíbrio e abandonado, o pêndulo se movimenta em um plano vertical sob ação da gravidade. Esse movimento é oscilatório e periódico para pequenas amplitudes (NUSSENZVEIG, 2002; PERUZZO, 2012b; STEFANOVITS, 2013). Na Figura 16 abaixo, estão representadas as forças que atuam sobre o corpo suspenso do pêndulo simples, desprezando-se a resistência do ar e a massa do fio.

Figura 16 - Esquema das forças atuantes na massa m do pêndulo simples



Fonte: PERUZZO (2012b, p. 147)

As forças que atuam na massa pendular são a tração (\vec{T}) exercida pelo fio, e o peso (\vec{P}) da massa. A força peso está sendo decomposta segundo as direções da reta tangente e da reta normal à trajetória da massa m . A componente tangencial do peso \vec{P}_x é a força restauradora do movimento oscilatório do pêndulo. Se as oscilações ocorrerem em ângulos pequenos ($\theta_{max} \leq 10^\circ$), tem-se que o $\text{sen } \theta \cong \theta$ (NUSSENZVEIG, 2002; PERUZZO, 2012b). Dessa forma, o movimento passa a ser harmônico e o período T do pêndulo simples pode ser calculado por:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (15)$$

Em que g é aceleração da gravidade, l o comprimento do fio.

A frequência de oscilação do pêndulo simples é dada por:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (16)$$

Em que g é aceleração da gravidade, l o comprimento do fio.

Analisando a equação 15 e a equação 16 conclui-se que T e f independem da massa m pendular e da amplitude de oscilação. Assim, dependem apenas do comprimento do pêndulo l e da aceleração da gravidade g .

5.1 LEIS DO PÊNDULO SIMPLES

Primeira lei do pêndulo simples (lei do isocronismo): As oscilações de pequenas amplitudes num pêndulo simples são isócronas, ou seja, apresentam a mesma duração;

Segunda lei do pêndulo simples (lei das massas e das substâncias): O período de um pêndulo simples é independente da massa e da substância de que é constituído o corpo oscilante;

Terceira lei do pêndulo simples (lei dos comprimentos): O período do pêndulo simples é diretamente proporcional à raiz quadrada do comprimento do pêndulo.

Após essa breve revisão do conteúdo, apresentamos algumas atividades experimentais visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem e também de avaliar o alcance do mesmo.

5.2 PRÁTICA VII: RELAÇÃO ENTRE PERÍODO DE OSCILAÇÃO E AMPLITUDE

Objetivo:

Compreender que para pequenas amplitudes o período de oscilação não se altera.

Materiais:

- 01 suporte universal;
- 01 haste vertical;
- 01 fixador metálico;
- 01 massa aferida de 30 g do kit 01;
- 01 trena de 5m do kit 2;
- 01 cronômetro do kit 1;
- 01 calculadora;
- 01 m de barbante;
- 01 tesoura sem ponta.

Procedimentos:

1. Montar o equipamento conforme a Figura 17, prendendo a massa aferida de 30 g na extremidade do fio, de modo que, o furo central fique na posição horizontal. O comprimento do fio deve ser de 0,40 m, distância aferida do fixador metálico até o centro da massa de 30 g.

Figura 17 - Montagem inicial da prática VII



Fonte: O autor (2016)

2. Afastar 5 cm de sua posição de equilíbrio (5 cm é o valor da amplitude). Soltar a massa e deixar oscilar livremente.
3. Medir o tempo de 10 oscilações e determinar o período de oscilação, ou seja, o tempo de uma oscilação, utilizando três casas após a vírgula. Transcrever o resultado no Quadro 5.
4. Repetir os procedimentos acima para as amplitudes de 10 cm, 15 cm e 20 cm. Preenchendo o Quadro 5.

Quadro 5 - Registros dos períodos das amplitudes de 5 a 20 cm

Amplitude	Tempo de 10 oscilações	Período $T(s)$
5 cm		
10 cm		
15 cm		
20 cm		

Fonte: O autor (2016)

Análise e discussão

Sugere-se ao professor que oriente os alunos que forem marcar o tempo de oscilação utilizando o cronômetro que também liberem a massa na extremidade do pêndulo. Esse procedimento evitará possíveis erros nas medidas dos períodos. É importante frisar que o comprimento do pêndulo é a distância entre o suporte ao centro da massa suspensa.

Aconselha-se ao professor, como forma de contextualizar a utilização do experimento, os seguintes questionamentos:

a) Observando os valores do quadro 5, podemos notar que os valores do período variam ou não variam muito para as diversas variações de amplitude utilizadas? Justifique.

b) Esse fato nos permite concluir que para pequenas amplitudes, o período de um pêndulo simples depende ou não depende da amplitude de oscilação?

c) Usando a mesma massa de 30 g, repetir os procedimentos 1,2 e 3 para uma amplitude de 30 cm. Anote o valor do período obtido com três casas após a vírgula. $T =$ _____ s.

d) O valor do período obtido no item anterior foi maior, menor ou igual aos valores presentes no quadro 5?

e) Acabamos de verificar experimentalmente a lei do isocronismo num pêndulo simples. Com base nos conhecimentos adquiridos nesta prática, enuncie a lei do isocronismo.

f) A análise entre período de oscilação e amplitude num pêndulo simples, nos mostrou que para pequenas amplitudes de oscilação, um pêndulo simples descreve que tipo de movimento?

5.3 PRÁTICA VIII: RELAÇÃO ENTRE PERÍODO DE OSCILAÇÃO E MASSA DO PÊNDULO

Objetivo:

Compreender o período de oscilação não depende da massa do pêndulo.

Materiais:

- 01 suporte universal;
- 01 haste vertical;
- 01 fixador metálico;
- 01 conjunto de massas aferidas do kit 01;
- 01 trena de 5m do kit 2;
- 01 cronômetro do kit 1;
- 01 calculadora;
- 01 m de barbante;
- 01 tesoura sem ponta;
- 01 fita quepe ou adesiva estreita.

Procedimentos:

1. Montar o equipamento conforme a Figura 18, prendendo a massa aferida de 30 g na extremidade do fio na posição vertical. O comprimento do fio deve ser de 0,40 m, distância aferida do fixador metálico até o centro da massa de 30 g.

Figura 18 - Montagem inicial da prática VIII



Fonte: O autor (2016)

2. Afastar 10 cm de sua posição de equilíbrio (10 cm é o valor da amplitude). Soltar a massa e deixar oscilar livremente.
3. Medir o tempo de 10 oscilações e determinar o período de oscilação, ou seja, o tempo de uma oscilação, utilizando três casas após a vírgula. Transcrever o resultado no Quadro 6.
4. Repetir os procedimentos acima para as massas de 60 g, 90 g e 120g. Utilizando a fita crepe para unir as massas, caso seja necessário. Preencher o Quadro 6.

Quadro 6 - Registros dos períodos das diferentes massas pendulares

Massa pendular	Tempo de 10 oscilações	Período $T(s)$
30 g		
60 g		
90 g		
120 g		

Fonte: O autor (2016)

Análise e discussão

No conjunto de massas aferidas do kit 1, não existem as massas de 90 g e 120 g. Para obter tais massas respectivamente, sugerimos ao professor utilizar as massas de (60g + 30 g) e (100 g + 20 g). Recomendamos que o professor utilize a fita crepe para unir as massas de modo a impedir a interferência da resistência do ar na execução do experimento.

Recomenda-se ao professor, como forma de contextualizar a utilização da atividade experimental, os seguintes questionamentos:

a) Observando o quadro 6, podemos notar que os valores dos períodos variam ou não variam muito, para as diversas variações de massas utilizadas?

b) Esse fato nos permite concluir que o período de oscilação depende ou não depende da massa do pêndulo?

c) Para uma mesma amplitude, se aumentarmos a massa do pêndulo o período aumenta, diminui, não se altera?

d) O que podemos concluir em relação ao período de oscilação e a massa do pêndulo?

e) Acabamos de verificar experimentalmente a lei das massas num pêndulo simples, com base nos conhecimentos adquiridos nesta prática, enuncie a lei das massas.

5.4 PRÁTICA IX: RELAÇÃO ENTRE PERÍODO DE OSCILAÇÃO E COMPRIMENTO DO PÊNDULO

Objetivo:

Compreender a relação existente entre o período de oscilação e o comprimento do pêndulo.

Materiais:

- 01 suporte universal;
- 01 haste vertical;
- 01 fixador metálico;
- 01 massas aferida de 60 g do kit 01;
- 01 trena de 5m do kit 2;
- 01 cronômetro do kit 1;
- 01 transferidor didático (180°);
- 01 calculadora;
- 01 m de barbante;
- 01 tesoura sem ponta;

Procedimentos:

1. Montar o equipamento conforme a Figura 19, prendendo a massa aferida de 60 g na extremidade do fio na posição vertical. O comprimento do fio deve ser de 0,40 m, distância aferida do fixador metálico até o centro da massa de 60 g.

Figura 19 - Montagem inicial prática IX



Fonte: O autor (2016)

2. Afastar 10° de sua posição de equilíbrio (10° é o valor da amplitude). Soltar a massa e deixar oscilar livremente.
3. Medir o tempo de 10 oscilações e determinar o período de oscilação, ou seja, o tempo de uma oscilação, utilizando três casas após a vírgula. Transcrever o resultado no Quadro 7.
4. Utilizando a equação $T = \frac{1}{f}$ calcule a frequência para o correspondente comprimento de pêndulo anotando no Quadro 7.
5. Diminuir o comprimento do fio em 10 cm, repetindo os procedimentos preenchendo o Quadro 7 abaixo.

Quadro 7 - Registros dos períodos para os diferentes comprimentos do pêndulo

Comprimento	Tempo de 10 oscilações	Período T (s)	Frequência f (Hz)
40 cm			
30 cm			
20 cm			
10 cm			

Fonte: O autor (2016)

Análise e discussão

Sugere-se ao professor que, ao diminuir o comprimento do fio de 10 em 10 cm durante o experimento, enrole o mesmo ao suporte. Esse procedimento fará com que se economize o barbante na realização da prática experimental. É importante frisar que o comprimento do pêndulo é a medida aferida entre o fixador metálico até o centro da massa suspensa.

Recomenda-se ao professor, como forma de contextualizar a utilização do equipamento, os seguintes questionamentos:

a) O período e a frequência dependem do comprimento do pêndulo?

b) O que ocorre com o período quando diminuimos o comprimento do pêndulo?

c) O que ocorre com a frequência quando diminuimos o comprimento do pêndulo?

d) Qual a relação entre período e frequência?

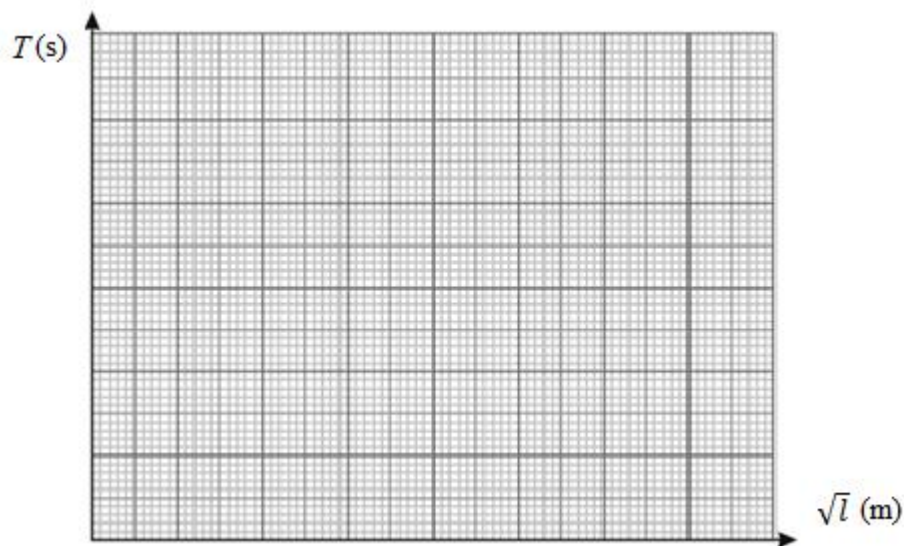
e) O que você espera que aconteça com a frequência, ao aumentarmos o comprimento do pêndulo?

f) O que você espera que aconteça com o período, ao aumentarmos o comprimento do pêndulo?

g) O que você conclui a respeito do período e da frequência de um pêndulo com comprimento fixo, se variarmos apenas a massa pendular?

h) O que você conclui a respeito do período e da frequência de um pêndulo com comprimento fixo, se variarmos apenas a amplitude?

i) Construa o gráfico do período (T) em função da raiz quadrada do comprimento do pêndulo (\sqrt{l}) do pêndulo simples. Qual é o aspecto do gráfico?



j) Com base no gráfico, qual a relação entre período (T) e raiz quadrada do comprimento do pêndulo (\sqrt{l}) de um pêndulo simples?

k) Verificamos experimentalmente a lei dos comprimentos num pêndulo simples, com base nos conhecimentos adquiridos nesta prática, enuncie a lei dos comprimentos num pêndulo simples.

5.5 PRÁTICA X: PÊNDULO SIMPLES E A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL

Objetivo:

Determinar o valor da aceleração da gravidade local por meio do movimento de um pêndulo simples.

Materiais:

- 01 suporte universal;
- 01 haste vertical;
- 01 fixador metálico;
- 01 massas aferida de 60 g do kit 01;
- 01 trena de 5m do kit 2;
- 01 cronômetro do kit 1;
- 01 transferidor didático (180°);
- 01 calculadora;
- 01 m de barbante;
- 01 tesoura sem ponta;

Procedimentos:

1. Montar o equipamento conforme a Figura 20 a seguir, prendendo a massa aferida de 60 g na extremidade do fio na posição vertical. O comprimento do fio deve ser de 0,40 m, distância aferida do fixador metálico até o centro da massa de 60 g.

Figura 20 - Montagem inicial da prática X



2. Afastar 10° de sua posição de equilíbrio (10° é o valor da amplitude). Soltar a massa e deixar oscilar livremente.
3. Medir o tempo de 10 oscilações e determinar o período de oscilação, ou seja, o tempo de uma oscilação, utilizando três casas após a vírgula. Transcrever o resultado no Quadro 8.
4. Repetir os procedimentos acima preenchendo o Quadro 8 abaixo.

Quadro 8 - Registros dos períodos das oscilações

N° repetições	Tempo de 10 oscilações	Período $T(s)$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Média dos períodos T (s)		

Fonte: O autor (2016)

5. A análise de um pêndulo simples nos mostrou que, para pequenas oscilações, um pêndulo simples descreve um MHS, portanto, seu período de oscilação pode ser descrito por:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Isolando g na equação do período, temos: $g = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot l$ (17)

6. Utilizando a média dos períodos do pêndulo no quadro 7, e a equação (17) para o cálculo de g acima, determine o valor de g local.

$$g = \text{_____ } m/s^2.$$

Análise e discussão

Caso os alunos tiverem dificuldades em isolar g na equação do período do pêndulo simples, o professor terá uma ótima oportunidade para demonstrar como se obtém g a partir da referida equação. Como dissemos anteriormente, recomendamos ao professor que oriente os alunos que forem marcar o tempo de oscilação utilizando o cronômetro que liberem também a massa na extremidade do pêndulo evitando assim, possíveis erros nas medidas dos períodos.

Recomenda-se ao professor, como forma de contextualizar a utilização da prática experimental, os seguintes questionamentos:

a) Sabendo que o valor teórico de g é de $9,81 \text{ m/s}^2$, determine o erro percentual para g experimental, utilizando a equação:

$$\Delta\% = \frac{|Valor_{Teórico} - Valor_{Experimental}|}{Valor_{Teórico}} \cdot 100$$

b) Os valores teórico e experimental de g são iguais? A que se devem as diferenças observadas entre estes dois valores?

c) O comprimento do pêndulo influencia no valor da aceleração da gravidade?

d) O que aconteceria com o período de um pêndulo simples se o mesmo fosse levado à Lua e lá colocado a oscilar?

Apresentaremos a seguir as considerações a respeito da presente proposta de ensino *caderno de atividades experimentais*.

6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CADERNO DE EXPERIMENTOS

A produção desse caderno de atividades experimentais realizou-se a partir da solicitação de alguns professores das escolas estaduais de Campo Mourão e região, em relação às dificuldades de utilização do kit experimental 1. O presente trabalho buscou apresentar um recurso pedagógico capaz de auxiliar os professores na utilização do kit, na elaboração e execução de suas aulas experimentais e teve a finalidade de criar oportunidades para que o ensino teórico e experimental se efetuasse em concordância.

Apesar de conter apenas atividades experimentais de simples verificação e dentro do limite que esse tipo de abordagem experimental pode proporcionar, a aplicação desse produto educacional com professores da rede pública estadual e alunos do 3º ano do curso Técnico em Informática da UTFPR – CM, possibilitou uma melhor compreensão e entendimento acerca dos conteúdos abordados. Os relatos, tanto dos professores quanto dos estudantes, revelaram indícios de motivação, engajamento e entusiasmo, sendo avaliado por eles como uma atividade prazerosa, o que entendemos ser importante para o ensino de Física.

Acreditamos que essa proposta de ensino pode ser um importante instrumento para a compreensão de conceitos, princípios e leis da física, tornando o ensino dessa disciplina mais significativo, dinâmico e consistente. Deste modo, espera-se que o presente produto educacional possa auxiliar tanto os professores da rede estadual de educação do Paraná quanto os professores das redes particular e pública de todo o país, pois o kit experimental 1 apresenta materiais básicos presentes em qualquer laboratório de física e, por consequência, pode ser adaptado e reproduzido por qualquer professor e/ou professora da área.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física. Rev. Bras. Ens. Fis. vol.25 no.2 São Paulo Junho 2003.

ARTUSO, Alysson Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. **Física, v.2**. Ensino Médio – Editora: Positivo, 2013.

BARROS, Carlos; PAULINO, Wilson Roberto. **Física e Química**. Ensino Fundamental – 46. Ed. São Paulo: Ática, 1999.

BATISTA, Michel Corci e BATISTA, Danilo Corci. **Física: Atividades experimentais**. 1. ed. Maringá, Unicesumar, 2016.

BONJORNO, José Roberto; BONJORNO, Regina de Fátima Souza Azenha; BONJORNO, Valter; RAMOS, Clinton Marcico; PRADO, Eduardo de Pinho; CASEMIRO, Renato. **Física: termodinâmica, óptica, ondulatória**. 2. Ed. São Paulo: FTD, 2013.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental**. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2003.

GRAF, Grupo de reelaboração do ensino de física. **Física 1: Mecânica**. 7ª. Ed. São Paulo, Edusp, 2012.

_____. **Física 2: física térmica e óptica**. 7ª. Ed. São Paulo, Edusp, 2012.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, Volume 2: Gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

NEWTON, Villas boas; HELOU, Ricardo Doca; GUALTER José Biscuola. **Física 2: Termologia, ondulatório e óptica**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

MACHADO, Kleber Daum. **Equações diferenciais aplicadas à física**. 2.ed. Ponta Grossa: UEGP, 2000.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica 2: Fluidos - oscilações e ondas - calor**. 4ª Edição rev. São Paulo – Editora: Edgard Blücher, 2002.

PARANÁ, **Diretrizes curriculares da Educação Básica: Física**. Secretaria de Estado da Educação do Paraná, Curitiba, 2008.

PERUZZO, Jucimar. **Experimentos de física básica: Mecânica**. Editora: LF - São Paulo, 2012a.

_____. **Experimentos de física básica: termodinâmica, ondulatória e óptica**. Editora: LF - São Paulo, 2012b.

RAMALHO, Francisco Júnior; NICOLAU, Gilberto Ferraro; TOLEDO, Paulo Antônio de Soares. **Os fundamentos da Física: Mecânica**, 9. Ed. rev. Ampl. São Paulo: Moderna, 2007.

SOUZA, Maria Helena Soares; SPINELLI, Walter. **Guia prático para recursos de laboratório: do material à elaboração de relatórios**. Coleção: Ponto de apoio – São Paulo: Scipione, 1997.

STEFANOVITS, Ângelo. **Ser protagonista: Física v.2**. Ensino Médio. Editora: SM, São Paulo - SP, 2013.

VALADARES, Eduardo de Campos. **Física mais que divertida - inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo**. 3. Ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.

YOUNG, Hugh D. & FREDMAN, Roger A. **Física I: Mecânica**; Tradução Sônia Midori Yamamoto; Revisão técnica Adir Moysés Luiz – 12. Ed. - São Paulo: Addison Wesley, 2008.

_____. **Física II: Termodinâmica e ondas**; Tradução Cláudia Santana Martins; Revisão técnica Adir Moysés Luiz – 12. Ed. - São Paulo: Addison Wesley, 2008.