



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

THIAGO QUEIROZ COSTA

**UM ESTUDO SOBRE A APLICAÇÃO DE UMA CONCEPÇÃO
ADAPTATIVA DO LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE
FÍSICA COM ALUNOS MONITORES DO ENSINO MÉDIO**

Londrina

2015

THIAGO QUEIROZ COSTA

**UM ESTUDO SOBRE A APLICAÇÃO DE UMA CONCEPÇÃO
ADAPTATIVA DO LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE
FÍSICA COM ALUNOS MONITORES DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre em ensino de Física.

Orientador: Prof.Dr. Sergio de Mello Arruda

Londrina

2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C837e Costa, Thiago Queiroz.
Um estudo sobre a aplicação de uma concepção adaptativa do laboratório didático no ensino de Física com alunos monitores do ensino médio. / Thiago Queiroz Costa. – Londrina, 2015.
101 f. : il.

Orientador: Sergio de Mello Arruda.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Física – Estudo e ensino – Teses. 2. Física – Experiências – Teses. 3. Linguagem científica – Teses. 4. Laboratórios de física – Teses. 5. Sistema monitorial de educação – Teses. 6. Kuhn, Thomas S., \d 1922-1996 – Teses. I. Arruda, Sergio de Mello. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDU 3:37.02

THIAGO QUEIROZ COSTA

**ESTUDO SOBRE A APLICAÇÃO DE UMA CONCEPÇÃO
ADAPTATIVA DO LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA
COM ALUNOS MONITORES DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre em ensino de Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Sergio de Mello Arruda
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Osmar Henrique Moura da Silva
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Marcelo Alves de Carvalho
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. João Paulo Camargo de Lima
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR – Londrina

Londrina, 21 de dezembro de 2015.

*Dedico este trabalho a meu pai, minha
esposa e filha, sem os quais eu não
chegaria até aqui*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Valdemar e Alcina, pelo amor incondicional e apoio para continuação e dedicação aos estudos.

À Adriana, esposa companheira, compreensiva e incentivadora, mesmo quando eu não retribui de maneira igual.

À Maysa Sayuri, filha especial, por sua vontade de viver e aprender, motivo de todo meu esforço.

Ao professor Sergio Arruda, por ter me aceitado como orientando, mesmo com toda a quantidade de trabalho que possui. Agradeço ainda por ser um exemplo de profissional empenhado, dedicado, possuidor de um conhecimento vasto e ao mesmo tempo pelo exemplo de humildade e atenção dedicado aos estudantes e companheiros de trabalho.

Ao professor Marcelo Alves de Carvalho (Mineiro) pelas contribuições ao trabalho com dicas e fornecimento de material de pesquisa.

Ao professor João Paulo, pelas contribuições ao trabalho e por ter aceitado participar da banca examinadora, mesmo em meio a tantos compromissos.

Ao Osmar Henrique, pelas ideias sobre experimentos, contribuições ao trabalho e incentivador da escrita de artigos.

Ao professor Edson Laureto, pela oportunidade oferecida a mim da primeira publicação de um capítulo de livro e pelo exemplo de profissional.

Ao professor Mario Goto, por ter tido a coragem de iniciar esse curso de mestrado, fato muito importante para motivação desse trabalho e da continuidade da minha vida acadêmica.

Aos demais professores do mestrado, pela disponibilização de seu tempo e trabalho para um curso que se iniciou no meio do semestre, atrapalhando o funcionamento normal de suas disciplinas. Em especial aos professores Laburu e Irinéa, que, com suas disciplinas, puderam proporcionar discussões atuais sobre ensino e aprendizagem de Física, auxiliando na conclusão desse trabalho e abrindo a mente para novas abordagens na profissão de professor.

Ao amigo Paulinho, pelo exemplo de honestidade, de seriedade, de homem público e pai de família. Agradeço ainda a paciência comigo e também as orientações e conversas que me auxiliaram muito.

Aos amigos Humberto e Márcio, pelas conversas, brincadeiras, incentivo, auxílio ao longo do curso e oportunidades profissionais.

Aos professores do Colégio Souza Naves, os quais foram exemplos para minha formação profissional e ao mesmo tempo oportunizaram que tal projeto fosse desenvolvido.

Aos alunos que atuaram como monitores, em especial ao José Alexandre, pelo esforço e dedicação em me auxiliar e aos demais estudantes que participaram do meu trabalho.

“Sempre tentei. Sempre falhei. Não tem importância. Tente de novo. Falhe de novo. Falhe Melhor”.

Samuel Beckett

COSTA, Thiago Q. **Um estudo sobre a aplicação de uma concepção adaptativa do laboratório didático no ensino de Física com alunos monitores do ensino médio.** 2015. 101 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2015.

RESUMO

Esta pesquisa de natureza qualitativa teve o objetivo de investigar a experimentação no ensino de Física básica, tendo como enfoque a concepção adaptativa do laboratório didático. Esta se inspira na visão de Thomas Kuhn sobre a experimentação na Física e defende que existe uma relação dialógica entre professor e aluno, no sentido de adaptação entre teoria e experimento na apropriação de uma linguagem científica, pelos últimos. Para tal investigação, a proposta foi executada com um grupo de monitores do Ensino Médio de um colégio estadual do interior do Paraná. O desenvolvimento se deu com a aplicação de duas atividades experimentais em sala de aula, com auxílio dos monitores. Sendo a primeira, a lei de Hooke que estabelece a relação entre força e, a segunda, que trata da deformação em molas e o movimento de um corpo com atrito. As etapas foram as seguintes: (i) execução prévia dos experimentos pelos monitores; (ii) planejamento da aula experimental; (iii) execução do experimento em sala de aula e (iv) discussões pós-sala de aula. A constituição dos dados foi conduzida mediante a gravação de todos os passos da execução, com enfoque nas discussões entre os participantes do trabalho e fundamentada nos procedimentos da análise textual discursiva (ATD). A análise dos dados se deu com a utilização das funções do experimento no ensino de Física, tendo como base o estabelecimento de sete funções principais: (i) fenomenológica; (ii) aparato experimental; (iii) ajuste de fatos; (iv) determinação de constantes físicas; (v) identificação de leis empíricas; (vi) medições e (vii) detecção e reconhecimento de anomalias. Foi possível observar a presença das sete funções experimentais após realização de todas as etapas do trabalho, com destaque para a (iii) ajuste de fatos e (vi) medições. Com isso, foi possível concluir que durante o processo dialógico de construção de conceitos e linguagem científica, as interações resultantes focaram a produção de fatos experimentais que articulassem os dados com as teorias físicas correspondentes, contribuindo com o ensino de Física.

Palavras-chave: Função do experimento. Concepção adaptativa do laboratório didático. Thomas Kuhn.

COSTA, Thiago Q. **A study on the application of an adaptive conception of the didactic laboratory in teaching Physics with monitors students of high school.** 2015. 101 p. Dissertation (National Professional Masters in Physics Teaching) – Londrina State University, Londrina-PR, 2015

ABSTRACT

This qualitative research aimed to investigate the experiment in Basic Physical education, focusing the adaptive conception of the didactic laboratory. This work is inspired by Thomas Kuhn's view on experimentation in Physics and argues that there is a dialogical relationship between teacher and student, which adapts theory and experiment in the appropriation of a scientific language for the students. For this investigation, the proposal was carried on with a group of high school monitors from a state school in the interior of the State of Paraná. The development took place with the application of two experimental activities in the classroom with the help of monitors. The first activity was about the Hooke's law, which establishes the relationship between force and the second talks about the spring's deformation and the movement of a body with friction. The steps were as follow: (i) prior execution of experiments by monitors; (ii) planning of the experimental class; (iii) execution of the experiment in the classroom; and (iv) discussions after the class. The constitution of the data was conducted by recording every step of implementation, focusing on discussions among the participants and justified in the procedures of discursive textual analysis (DTA). The data analysis was conducted using the experimental functions in the teaching of Physics, with the establishment of seven major functions: (i) phenomenological; (ii) experimental apparatus; (iii) adjustment of the facts; (iv) determination of physical constants; (v) identification of empirical laws; (vi) measurements; and (vii) detection and recognition of anomalies. It was possible to observe the presence of seven experimental functions after the completion of all stages of the work, especially the (iii) adjustment of facts and (vi) measurements. So, we concluded that during the dialogic process of building concepts and scientific language, the resulting interactions focused on the production of experimental facts that articulate the data with the corresponding physical theories, contributing to the teaching of Physics.

Keywords: Function of the experiment. Adaptive conception of the didactic laboratory. Thomas Kuhn.

LISTA DE GRÁFICOS E ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Frequência das categorias de análise para experimento sobre lei de Hooke	53
Gráfico 2 - Frequência das categorias de análise para experimento 2	70
Gráfico 3 - Comparação entre os dois experimentos na fase de realização prévia	72
Gráfico 4 - Comparação entre os dois experimentos na fase de planejamento da aula prática	73
Gráfico 5 - Comparação entre os dois experimentos na fase de execução em sala de aula	73
Gráfico 6 - Comparação entre os dois experimentos na fase de avaliação pós sala de aula	74
Figura 1 - Esquema experimental para estudo da Lei de Hooke	30
Figura 2 - Esquema experimental para estudo do movimento da arruela	31
Figura 3 - Ilustração das espirais de encadernação usadas como mola e massas aferidas	34
Figura 4 - Ilustração do aparato experimental usado no primeiro experimento	35
Figura 5 - Ilustração do aparato experimental usado no segundo experimento	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Apresentação das funções do experimento como categorias de análise.....	32
Quadro 2 - Organização das frequências das categorias para o experimento sobre a lei de Hooke.....	52
Quadro 3 - Organização das frequências das categorias para o experimento 2	69
Quadro 4 - Comparação quantitativa entre os dois experimentos.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATD	Análise Textual Discursiva
LHC	Grande Coletor de Hádrions
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
SBF	Sociedade Brasileira de Física
S.I.	Sistema Internacional de Unidades
UEL	Universidade Estadual de Londrina

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
1.1 BREVE VISÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	16
1.2 BREVE DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA POR THOMAS KUHN	17
1.3 O PAPEL DO EXPERIMENTO NO DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA SEGUNDO KUHN.	20
1.4 PROPOSTA DE CONCEPÇÃO ADAPTATIVA DO LABORATÓRIO DIDÁTICO A PARTIR DAS IDEIAS DE KUHN.	25
CAPÍTULO 2 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
2.1 A METODOLOGIA USADA NA PESQUISA	27
2.2.1 ESCOLA	29
2.2.2 TURMAS PARTICIPANTES E MONITORES	29
2.2.3 ESCOLHA E APLICAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	29
CAPÍTULO 3 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	32
3.1 AS FUNÇÕES DO EXPERIMENTO COMO CATEGORIAS DE ANÁLISE	32
3.2 EXPERIMENTO 1: LEI DE HOOKE	34
3.2.1 PRIMEIRO ENCONTRO: REALIZAÇÃO PRÉVIA DO EXPERIMENTO 1 PELOS MONITORES	34
3.2.2 SEGUNDO ENCONTRO: PLANEJAMENTO DA AULA EXPERIMENTAL SOBRE LEI DE HOOKE	42
3.2.3 TERCEIRO ENCONTRO- EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO 1 EM SALA DE AULA	45
3.2.4 QUARTO ENCONTRO: AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO 1 PÓS SALA DE AULA	48
3.2.5 COMENTÁRIOS SOBRE EXPERIMENTO 1: LEI DE HOOKE	51
3.3 EXPERIMENTO 2: EXPERIMENTO DA ARRUELA E PARAFUSO EM BARRA	56
3.3.1 QUINTO ENCONTRO: REALIZAÇÃO PRÉVIA DO EXPERIMENTO 2 PELOS MONITORES	56
3.3.2 SEXTO ENCONTRO COM MONITORES: PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO 2	61
3.3.3 SÉTIMO ENCONTRO COM MONITORES: APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 2 EM SALA	63
3.3.4 OITAVO ENCONTRO COM MONITORES: DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO 2 PÓS SALA	66
3.3.5 COMENTÁRIOS SOBRE EXPERIMENTO 2: ARRUELA E PARAFUSO EM BARRA	68
3.4 ANÁLISES COMPARATIVAS ENTRE OS EXPERIMENTOS EMPREGADOS	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICES	79

INTRODUÇÃO

Apesar de os inúmeros estudos sobre o ensino de Física discutirem e defenderem sob vários aspectos a importância do uso de atividades experimentais como facilitadora das relações de ensino e aprendizagem, cabe um questionamento inerente ao tema: para que serve o experimento no ensino de Física?

Essa pesquisa busca responder tal questão de forma específica e se baseia no trabalho de Arruda, Silva e Laburu (2001) que desenvolveram uma proposta para o ensino de Física, denominada *concepção adaptativa do laboratório didático*, segundo a qual o experimento apresentaria quatro funções básicas: i) fenomenológica; ii) ajuste de fatos; iii) identificação de leis empíricas/medições/determinação de constantes e iv) detecção de anomalias.

Nesse trabalho, como contribuição a essa *concepção adaptativa*, apresentamos sete funções da experimentação, após análise prévia dos dados coletados nos diálogos com os participantes do trabalho.

Portanto, essa pesquisa busca identificar e, se possível, evidenciar a presença das funções experimentais. Essa visão, inspirada nas ideias de Kuhn, tem como base os seguintes pressupostos: i) a Física é constituída por paradigmas, que são estruturas gerais nas quais a parte teórica (teoria) vem junto com a parte experimental (os dados); ii) o mestre tem de ensinar as duas partes; iii) para ensinar a parte teórica, o professor expõe a teoria, e depois resolve os problemas; iv) para ensinar a parte experimental, o docente deve ter em mente que os dados não são independentes da teoria, mas parte dela, devendo demonstrar essa articulação entre a teoria e os dados.

Diante disso, a educação científica no nível básico também pode ser considerada como uma analogia à preparação de cientista, como nos apresenta a teoria de Kuhn:

O estudo dos paradigmas (teorias) é o que prepara basicamente o estudante para ser membro da comunidade científica determinada na qual atuará mais tarde. Uma vez que ali o estudante reúne-se a homens que aprenderam as bases de seu campo de estudo a partir dos mesmos modelos concretos [...] (KUHN, 2011, p. 30).

Nesse sentido, o professor seria análogo ao cientista mais experiente e, o aluno, corresponderia ao cientista em formação.

Com a definição dos pressupostos específicos desse trabalho, valemo-nos de gravações dos diálogos entre professor e monitores¹, destes entre si e entre monitores e alunos² ao longo de duas atividades experimentais propostas pelo professor ao longo de um trimestre letivo.

A fim de organizar e analisar os dados, foram empregados os procedimentos da Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES, 2003), no qual cada função da experimentação foi considerada uma categoria de análise e sua identificação foi realizada por meio de frases e palavras presentes em diálogos entre os participantes.

Com relação a seus capítulos, esta dissertação está estruturada da seguinte maneira: no primeiro capítulo apresentamos uma breve contextualização do ensino de Física no Brasil, seguida de uma síntese do desenvolvimento da ciência, proposta por Thomas Kuhn, com a especificação das funções do experimento apresentada pelo mesmo autor. Na sequência, é discutida a analogia proposta por Arruda, Silva e Laburu (2001) sobre a *concepção adaptativa do laboratório didático*.

O segundo capítulo trata dos procedimentos de coleta e organização dos dados e uma breve discussão dos referenciais teóricos utilizados na análise e na interpretação, com as considerações a respeito da ATD (MORAES, 2003), objetivando sistematizar as análises.

No terceiro capítulo serão apresentadas as funções da experimentação em sete categorias de análise, obtidas através dos diálogos presentes nos encontros entre professor e monitores ao longo da preparação e execução de duas atividades experimentais.

Por fim, apresentamos as considerações finais baseadas nas interpretações dos dados coletados e analisados no sentido de identificar e, se possível, evidenciar a presença das funções do experimento no ensino básico de Física, a partir de ideias inspiradas num referencial kuhniano.

1 Monitores: Grupo composto por onze alunos que foram convidados pelo professor para realizarem as atividades experimentais previamente. Estes foram o foco desse trabalho.

2 Alunos se referem àqueles que não realizaram as atividades experimentais previamente e foram auxiliados pelos monitores.

CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 BREVE VISÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

Quem quer ser um professor de Física? Essa pergunta é uma paráfrase de um filme que no Brasil ficou conhecido pelo título “Quem quer ser um milionário?”.

Seguramente, muitos brasileiros gostariam de se tornar milionários, mas já professor, especificamente de Física, é uma opção profissional para poucas pessoas em nossa nação.

Esse fato, aliado a outros problemas, já provocam há algumas décadas uma crise no ensino científico, especificamente o de Física, como já menciona o estudo de Mathews (1995, p.165):

Considerando-se a largamente documentada crise do ensino contemporâneo de ciências, evidenciada pela evasão de alunos e de professores das salas de aula bem como pelos índices assustadoramente elevados de analfabetismo em ciências.

Com o problema posto, a pergunta principal é: qual seria a solução para essa realidade específica ao ensino e também à aprendizagem em ciências em nosso país?

A partir da leitura de trabalhos acadêmicos e discussões sobre o tema, tem-se o consenso de que são necessárias diversas frentes de trabalho que ataquem o problema sob diferentes enfoques (político, econômico, metodológico).

Nesse sentido, na busca por alternativas viáveis e que possam melhorar a qualidade do ensino de Física, um dos aspectos com grande discussão e também um número de trabalhos publicados pela comunidade científica é sobre o uso de atividades experimentais no ensino de Física, como mencionam Laburu e Silva (2011, p.733),

[...] Nas últimas duas décadas e meia, aproximadamente, que se encontra na literatura de educação científica, uma crescente e sistemática produção, investigando o assunto nos seus mais diversos pontos de vista, e que perpassa por todos os níveis de ensino.

Aliado às inúmeras publicações sobre o tema das atividades experimentais, já não é de hoje que existe uma preocupação e visão dos próprios professores de Física sobre a necessidade e importância do uso de atividades experimentais em sua prática, como exposto em Maciel; Kruse, (1987, p.61-63):

Os professores, quando se encontram em congressos de Física, acentuam a necessidade de trabalhos experimentais em laboratórios de Física. Há concordância de que as experiências são fundamentais aos processos de aprendizagem [...]. Concluímos a partir da experiência de ensino, que exercitar Física no laboratório é viável, é possível, apresenta níveis mais satisfatórios de aprendizagem que os das tradicionais aulas teóricas, principalmente para os alunos, apresentam a componente psicológica de aumentar o grau de satisfação para assistir as aulas e para participar delas, aprendendo e retendo os assuntos durante elas tratados.

Embora os docentes tenham consciência da questão das atividades experimentais, é de conhecimento da prática pedagógica em Física que tal disciplina é baseada na apresentação de fórmulas matemáticas com a consequente resolução de exercícios por parte dos estudantes.

Nesse sentido, dentro da especificidade desse tema, uma proposta de experimentação com inspiração epistemológica pode contribuir com o ensino de Física.

1.2 BREVE DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA POR THOMAS KUHN#

Dentro do estudo de Thomas Kuhn, a sua obra mais importante foi a Estrutura das Revoluções Científicas, na qual defende várias ideias sobre o desenvolvimento da Ciência em termos gerais como fruto essencial do intelecto humano e não apenas pela acumulação linear e sequencial de fatos retirados empiricamente da natureza. (KUHN, 2011a, p.19).

Nesse aspecto, ao longo de sua intensa produção a esse respeito, o ponto chave de sua teoria é a definição de *paradigma*, que pode ser entendido como uma teoria ou realizações científicas universalmente reconhecidas, praticado e compartilhado por um grupo específico de pessoas, denominado cientistas daquela área e que fundamentam as bases para a prática científica. (KUHN, 2011a, p.13).

Contudo, a fim de refinar tal definição, é possível entender o conceito de paradigma como:

[...] Realizações científicas reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior [...] A *Física* de Aristóteles, o *Almagesto* de Ptolomeu, os *Principia* e a *Óptica* de Newton, a *Eletricidade* de Franklin, a *Química* de Lavoisier e *Geologia* de Lyell – esses e muitos outros trabalhos serviram, por algum tempo, para definir implicitamente os problemas e métodos legítimos de um campo de pesquisa para as gerações posteriores. Puderam fazer isso porque partilham de duas características essenciais. Suas realizações foram suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de partidários [...]. Simultaneamente, suas realizações eram suficientemente abertas para deixar toda a espécie de problemas para serem resolvidos pelo grupo redefinido de praticantes da ciência. Daqui por diante deverei referir-me às realizações que partilham essas duas características como “paradigmas”. (KUHN, 2011, p. 30).

Kuhn (2011a) propõe uma separação de tal desenvolvimento científico em três estágios; *pré-paradigmático (ciência imatura)*, em seguida seria a fase da *ciência normal* seguido por eventos que levariam à *ciência extraordinária ou ciência em crise*.

O primeiro estágio é então caracterizado pela competição entre diversas teorias, que podem compartilhar de um mesmo conjunto experimental, mas que discordam quanto às causas e consequências do fenômeno natural em estudo:

Na ausência de um paradigma ou de algum candidato a paradigma, todos os fatos que possivelmente pertencem ao desenvolvimento de determinada ciência têm a probabilidade de parecerem igualmente relevantes. Como consequência disso, as primeiras coletas de fatos se aproximam muito mais de uma atividade ao acaso do que daquelas que o desenvolvimento subsequente da ciência torna familiar. (KUHN, 2011, p.35).

Na sua obra *Estrutura das Revoluções Científicas*, Thomas Kuhn enfatiza dois exemplares históricos que podem ilustrar tal estágio *pré-paradigmático*, sendo um os estudos sobre óptica, na qual, um grupo acreditava que a luz era composta por partículas que emanavam dos olhos, outros como modificação do meio e outro ainda como mistura de tais emanções com as modificações do meio.

Nesse ponto, cada grupo não se embasava em trabalhos anteriores para explicar os fenômenos, mas construíram suas explicações desde o início, levando em conta inspirações metafísicas próprias.

Mas, foi somente com os trabalhos de Newton que surgiu o primeiro paradigma para tal área, como menciona o autor:

Contudo, qualquer um que examine uma amostra da óptica Física anterior a Newton poderá perfeitamente concluir que, embora os estudiosos dessa área fossem cientistas, o resultado líquido de suas atividades foi algo menos que ciência. Por não ser obrigado a assumir um corpo qualquer de crenças comuns, cada autor de óptica Física sentia-se forçado a construir novamente seu campo de estudos desde os fundamentos. (Kuhn, 2011 p.33)

Tal competição cessa quando um indivíduo ou grupo consegue através de suas constatações e teorias atrair a maioria dos praticantes daquela área, de modo que esse conjunto de cientistas compartilha de um paradigma único, no qual se comprometem com as mesmas regras e padrões para a prática científica.

Esse estágio é então denominado *ciência normal*, caracterizando-se como o momento no qual os cientistas se dedicam à resolução de um número cada vez maior de problemas relacionados e concretos. Isto, até que tal área do conhecimento esteja bem estabelecida, reconhecida e compartilhada não apenas por uma comunidade científica, mas que também tenha algumas consequências e aplicações posteriores a serem compartilhadas pela comunidade como um todo.

Contudo, como menciona Kuhn, o *paradigma* posto é uma promessa de sucesso maior do que outros na resolução de tais problemas considerados graves e emergentes pelos praticantes da ciência,

A ciência normal consiste na atualização dessa promessa, atualização que se obtém ampliando-se o conhecimento daqueles fatos que o paradigma apresenta como particularmente relevantes, aumentando-se a correlação entre esses fatos e as previsões do paradigma e articulando-se ainda mais o próprio paradigma. (KUHN, 2011, p. 44).

Como exemplo de *ciência normal*, podemos citar as Física Clássicas, cujas teorias foram desenvolvidas ao longo de vários séculos em que inúmeros problemas

foram resolvidos e, ainda, diversas aplicações e conquistas tecnológicas foram alcançadas graças a suas bases teóricas e também epistemológicas.

Contudo, em alguns momentos, existem alguns fatos e fenômenos observados que não conseguem ser explicados de forma correta pelos procedimentos da ciência normal. Os cientistas podem revisar os seus procedimentos e realizar novos experimentos a fim de se encaixar o novo fenômeno dentro das teorias vigentes. Porém, persistindo tal incoerência, o desenvolvimento científico passa por uma crise na qual são revistas às bases teóricas e também as epistemológicas daquele campo do saber, como menciona Kuhn (2011, p. 77):

A ciência normal [...] é um empreendimento altamente cumulativo, extremamente bem-sucedido no que toca ao seu objetivo, [...]. Contudo, falta aqui um produto comum do empreendimento científico. A ciência normal não se propõe descobrir novidades no terreno dos fatos ou da teoria; quando é bem-sucedida, não os encontra. Entretanto, fenômenos novos e insuspeitados são periodicamente descobertos pela pesquisa científica; cientistas têm constantemente inventado teorias radicalmente novas.

Sendo tais eventos extraordinários suficientemente coerentes, define Kuhn (2011a, p.34), a comunidade passa a estudá-lo e a compartilhá-lo, seguindo as novas regras estabelecidas, ou seja, há uma mudança para um novo paradigma. Tais episódios foram então denominados de *revoluções científicas*.

Dentro da Física, talvez o momento mais emblemático seja os trabalhos de Einstein sobre a natureza da luz e também sobre a teoria da relatividade que causa uma profunda crise nas bases bem estabelecidas da teoria clássica da Física, no final do século XIX e início do século XX.

1.3 O PAPEL DO EXPERIMENTO NO DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA SEGUNDO KUHN.#

Em termos do papel do experimento no desenvolvimento da Ciência, é possível observar a presença da atividade experimental na teoria kuhniana tanto durante o estágio da ciência normal, quanto nos momentos de crise, totalizando quatro, as funções do experimento.

Já, dentro do funcionamento da ciência normal, Arruda, Silva e Laburu, (2001, apud KUHN, 2011a, 2011b) mencionam três funções dos experimentos:

- (i) A determinação de fatos que vão conduzir a um aumento na acuidade e extensão do conhecimento experimental, envolvendo inclusive a construção de equipamentos especiais;
- (ii) A produção de fatos que podem ser comparados diretamente com o paradigma, visando estabelecer acordos cada vez melhores entre a natureza e a teoria;
- (iii) A articulação da teoria envolve, dentre outras atividades, a determinação de constantes Físicas e a descoberta de leis empíricas.

Exemplos dessa primeira função se encontram na Física das partículas elementares com a construção do grande colisor de hádrons (LHC) num consórcio internacional com a finalidade de expandir a acuidade experimental a fim de poder encontrar o famoso bóson de Higgs, partícula fundamental para comprovação e reforço do modelo padrão, que é a teoria que explica os fenômenos dessa área de estudo.

Outro exemplar atual, no mesmo modelo de consórcios internacionais, são a construção e manutenção de telescópios e radiotelescópios para exploração de fenômenos cosmológicos dentro da teoria aceita para a evolução do universo.

Pode-se, ainda, dentro da história da Física, relatar as melhorias executadas por Galileu nos instrumentos ópticos da época, como sua luneta, a fim de melhorar as suas observações astronômicas.

Aqui, em relação à segunda função, como exposto em Arruda, Silva e Laburu (2001, p.101) “[...] usualmente, a produção de comparações desse tipo são difíceis de serem realizadas e em muitos dos casos em que ela foi possível, os investigadores tiveram de fazer uso de diversas aproximações”, o que Kuhn (2011b, p.309) chama de “concordância razoável”.

Exemplo disso está relatado no trecho a seguir:

[...] Quando a teoria de Newton foi enunciada no fim do século XVII, apenas sua terceira lei (a igualdade entre ação e reação) podia ser diretamente investigada por experimentação, e os experimentos relevantes aplicavam-se somente a casos muito específicos. As primeiras demonstrações diretas e inequívocas da segunda lei tiveram de aguardar o desenvolvimento da máquina de Atwood, uma peça do aparato laboratorial sutilmente concebida, inventada quase um século depois do aparecimento dos Principia. (KUHN, 2011b, p. 306).

Esses trechos revelam que os experimentos não são em si fundamentais para comprovação ou refutação teórica, possuindo, contudo, importância fundamental no

desenvolvimento científico. Todavia, mesmo antes do início das chamadas ciências baconianas, Kuhn, (2011b, p. 61) reafirma que as ciências clássicas, “[...] sejam empíricas e não apriorísticas, seu desenvolvimento na antiguidade não precisou de muitas observações refinadas ou, menos ainda, de experimentação.”.

Mesmo frente à discussão da questão de como é necessário primeiramente a teoria antes da necessidade confirmativa experimental, Kuhn (2011b, p. 314) menciona que alguns exemplos de descoberta de regularidades foram obtidos a partir da medição, exemplificando assim a terceira função no âmbito da *ciência normal*.

Entre elas estão a lei de Boyle, que relaciona a pressão de um gás com seu volume; a lei de Hooke, que trata da relação entre a deformação da mola com a força aplicada e, ainda, o efeito Joule, que estabelece a relação entre o calor gerado com a corrente elétrica e a resistência elétrica em um resistor. Como afirma Kuhn, tais eventos, entretanto, são raros,

[...] Porque são tão excepcionais, em parte porque nunca ocorrem até que o cientista experimental já conheça tudo, salvo a forma específica do resultado quantitativo que pretende obter, essas exceções mostram apenas quão improváveis são as descobertas quantitativas pelas medições quantitativas. (KUHNS, 2011b, p. 314).

No âmbito da ciência normal, as funções experimentais são essas, segundo o próprio Kuhn (2011a, p.55): “[...] Essas três classes de problemas - determinação do fato significativo, harmonização dos fatos com a teoria e articulação da teoria - esgotam creio, a literatura da ciência normal, tanto teórica como empírica”. As palavras chave dentro da ciência normal na relação entre teoria e fatos empíricos são articulação e ajuste.

Na fase da revolução científica estaria presente a quarta função do experimento, de maneira que cabem aos fatos provocar o reconhecimento de anomalias, levando a novos modelos experimentais para sua explicação, como mencionado em Arruda, Silva e Laburu (2001, apud (KUHNS, 2011a, p. 78) “[...] com o reconhecimento que, de alguma maneira, a natureza violou as expectativas paradigmáticas que governam a ciência normal”.

Para que isso aconteça é necessário entendimento que as anomalias precisam ser reconhecidas como tal e, não apenas como alguma falha específica no aparato experimental ou experimentador, mas que realmente tal fato está em

desacordo com as categorias e procedimentos paradigmáticos vigentes na comunidade científica.

No estágio da ciência extraordinária ou ainda da revolução científica, um exemplo histórico notável foram os experimentos que geraram discussões e trabalhos que deram início ao desenvolvimento da chamada Física Quântica. Isso ocorreu exatamente em um contexto histórico no qual os físicos acreditavam que a Física havia atingido um grau de perfeição como ciência, uma vez que como menciona Wolney Filho (2003, p.19):

[...] A teoria eletromagnética de Maxwell descrevia com perfeição os fenômenos elétricos e magnéticos. O desenvolvimento alcançado na termodinâmica e mecânica estatística através de trabalhos realizados por Joule, Carnot, Gibbs, Maxwell e Boltzmann, somados aos elegantes e sofisticados tratamentos matemáticos apresentados por Lagrange e Hamilton para o desenvolvimento da mecânica newtoniana, constituíam os fundamentos de uma teoria que hoje é conhecida como *teoria clássica da Física*.

No sentido de completude, apenas duas nuvens pairavam sobre a Física, ou seja, acreditava-se que havia apenas dois problemas em aberto para resolução.

Uma dessas “nuvens” tratava da falta de explicação correta dos resultados experimentais obtidos para o espectro de distribuição de radiação do corpo negro. “Por definição, um corpo negro é aquele capaz de absorver toda a radiação que sobre ele incide” (WOLNEY FILHO, 2003, p. 31). É uma cavidade fechada idealizada e o mais próximo exemplar real que tem se são os fornos. (REYNAUD, 2007, p.7)

A então teoria clássica não conseguiu formular uma solução teórica que respondesse completamente aos resultados experimentais observados, conseguindo duas aproximações nos limites extremos com as leis de Wien e de Rayleigh- Jeans.

Mas, foi somente com os trabalhos de Max Planck que foi possível reproduzir teoricamente os dados experimentais, no qual, segundo exposto em Reynaud (2007, p. 7):

Nos termos atuais, e não nos de Planck, um número inteiro de quanta está associado a qualquer modo do campo eletromagnético – um modo é uma solução estacionária das equações de Maxwell. A lei de Planck considera que a média dessa solução é função da temperatura e da frequência.

O ponto chave aqui é o fato de o experimento ter funcionado para destacar e fazer emergir uma anomalia no contexto científico da época, sendo necessário, como destacado nas citações acima, um novo olhar teórico para o entendimento do fenômeno em questão, num momento do nascimento de uma teoria quântica e futuramente de uma dualidade no entendimento da natureza da luz.

Nesse sentido, outro experimento que se prestou para a mesma função dentro do desenvolvimento da ciência foi a emissão de partículas carregadas (elétrons) por superfícies metálicas iluminadas, no fenômeno conhecido atualmente como efeito fotoelétrico.

Os primeiros experimentos foram realizados por Heinrich Hertz entre 1886 e 1887, quando esse, paradoxalmente, trabalhava em experimentos que confirmavam a existência de ondas eletromagnéticas.

Hertz descobriu que metais notadamente os alcalinos, quando submetidos à ação da luz, podiam emitir elétrons e, que, em dado arranjo experimental, tais elétrons produziam uma corrente elétrica. (WOLNEY FILHO, 2003, p. 33)

Einstein propôs que Planck tinha concebido uma maneira original de calcular as configurações para solução do espectro do corpo negro e, que, a mesma hipótese poderia ser empregada para explicação do efeito fotoelétrico (REYNAUD, 2007, p.7), de modo que a absorção da luz, com uma determinada frequência ν , pelos elétrons do metal, acontece de forma discreta, em quanta (pacotes) de energia iguais a $h\nu$, ou ainda, que a natureza da luz devia ser corpuscular, constituída de grãos – os quanta – que carregam uma quantidade finita de energia. (WOLNEY FILHO, 2003, p. 33)

Tal explicação levou o cientista a formular a lei teórica correspondente àquilo que foi observado inicialmente por Hertz e depois reformulado experimentalmente por outros cientistas de forma mais precisa, especialmente no que tange à observação da energia cinética dos elétrons emitidos pelos metais em estudo.

A hipótese proposta por Einstein foi recebida com relutância pela comunidade científica da época – como era de se esperar – uma vez que violava o paradigma aceito até então sobre a natureza ondulatória da luz, principalmente pelos cientistas que aceitarem os trabalhos experimentais sobre interferência proposto por Thomas Young no início do século 19. (DAVIDOVICH, 2015, p.18)

Até mesmo o próprio Einstein, embora tenha defendido a natureza corpuscular para a luz, apresentava dificuldades de aceitação de tal conjectura: “[...]”

Insisto no caráter provisório desse conceito que não parece ser reconciliável com as consequências experimentalmente verificadas da teoria ondulatória” (DAVIDOVICH, 2015, v.54, p.18).

Com isso, é possível exemplificar a função do experimento como fator de elucidação das anomalias que, persistindo, levam ao desenvolvimento de novas teorias que substituam as anteriores ou as complemente.

1.4 PROPOSTA DE CONCEPÇÃO ADAPTATIVA DO LABORATÓRIO DIDÁTICO A PARTIR DAS IDEIAS DE KUHN.#

Em termos de implicações didáticas da visão kuhniana sobre a relação experimento/teoria, Arruda, Silva e Laburu (2001, p. 105), propõem uma *concepção adaptativa do laboratório didático* na qual consideram o aprendizado científico como aquisição de um vocabulário ou de uma linguagem por meio da exposição do estudante às situações experimentais e suas soluções. Nesse sentido, tal concepção de laboratório entende que as atividades que serão desenvolvidas constituem um esforço em dar unidade ao discurso teórico experimental.

Então, em analogia ao que Kuhn designa ser a função do experimento no desenvolvimento da ciência, Arruda, Silva e Laburu (2001, p. 105-106), apresentam também quatro funções do experimento no laboratório didático, sendo as três primeiras as seguintes:

- (i) A exploração da parte fenomenológica do paradigma, o que poderia envolver a construção de equipamentos;
- (ii) A produção de fatos que se ajustem com precisão a determinadas consequências do paradigma;
- (iii) A articulação da teoria através da determinação de constantes Físicas características, a descoberta de leis empíricas e medições em geral.

Essas três funções, em analogia ao exposto para o desenvolvimento da ciência, estariam ligadas à prática normal do professor de Física, sendo este o responsável pela produção de fatos experimentais que se ajustem aos paradigmas das teorias ensinadas. Cabe também ao docente propor discussões dos fenômenos físicos, especialmente sobre a relação entre as grandezas Físicas manipuladas pelos estudantes ao longo de uma atividade experimental.

A quarta função do experimento, dentro da *concepção adaptativa de laboratório*, seria a seguinte:

(iv) Resolução de uma anomalia, ou seja, de uma situação em que os conhecimentos prévios do estudante não estão funcionando, o que exigiria a construção de novos óculos teóricos para permitir enxergar o experimento de outra maneira.

A quarta função apresentada pode servir como mola propulsora da aprendizagem científica por parte dos estudantes, especificamente nos momentos em que esses se deparam com situações que fogem ao seu conhecimento atual.

Nesse contexto, as anomalias apresentadas pelos estudantes dentro da aplicação de uma concepção adaptativa do laboratório didático podem auxiliar o processo dialógico entre professor e aluno no sentido da apropriação de conceitos e, mais importante, de uma linguagem científica integrada a partir do ajuste teórico e experimental.

Arruda, Silva e Laburu (2001, p.105), propõem tal visão de laboratório didático, uma vez que observam, a partir de trabalhos científicos da área, que o que está em jogo é a aprendizagem de uma linguagem científica, com suas especificidades dentro de um ajuste teórico/experimental em contraponto a uma visão comumente empregada das atividades experimentais como comprovação de fórmulas matemáticas previamente abordadas em aula.

Nesse aspecto, tendo como foco a busca pela identificação dessas funções experimentais, tal concepção adaptativa foi aplicada com um grupo de monitores do ensino médio.

CAPÍTULO 2 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 A METODOLOGIA USADA NA PESQUISA#

Após contextualizarmos o trabalho, partimos para o enfoque qualitativo que foi empregado durante as atividades, procurando observar os elementos que pudessem compartilhar do referencial kuhniano quanto ao uso de uma *concepção adaptativa do laboratório de Física*, especificamente no ensino médio de uma escola pública.

A fim de caracterizar o trabalho, foi utilizada a chamada pesquisa qualitativa, descrita por (LÜDKE; ANDRÉ, 1986) como: “o contato direto do pesquisador com o contexto estudado”, aqui descrito pelos monitores e alunos que participaram das atividades experimentais propostas.

Os dados foram em sua maioria descritivos, incluindo a transcrição de todas as falas e situações vividas entre professor, monitores e alunos ao longo das atividades, com preocupações no processo e também no produto.

Foi um desenvolvimento do “tipo funil”, em que inicialmente se partiu de um contexto mais amplo e, com o decorrer das atividades, o objetivo foi direcionado para a busca de elementos do processo dialógico entre os participantes, para evidenciar as funções do experimento no ensino de Física.

Os dados foram coletados durante um trimestre letivo de 2014, através da aplicação de dois experimentos relacionados aos conteúdos de mecânica clássica. A forma de aplicação da proposta seguiu quatro fases: realização prévia do experimento pelos monitores; planejamento da aula prática; execução do experimento em sala de aula e discussão depois da sala de aula.

Para coleta dos dados foi utilizada a gravação em vídeo com câmera digital durante as interações entre os participantes (professor, monitores e alunos).

O estudo dos dados foi feito com base na análise textual discursiva (ATD). Para Moraes (2003, p. 191), esta abordagem de análise segue alguns passos e se divide em quatro focos, sendo os três primeiros destacados como principais:

1. *Desmontagem dos textos*: também denominado de processo de *unitarização* implica examinar os materiais em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados.

2. *Estabelecimento de relações*: processo denominado de categorização, implicando construir relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as no sentido de compreender como esses elementos unitários podem ser reunidos na formação de conjuntos mais complexos, as categorias.

3. *Captando o novo emergente*: a intensa impregnação nos materiais de análise [...] possibilita a emergência de uma compreensão renovada do todo. O investimento na comunicação dessa nova compreensão, assim como de sua crítica e validação constituem o último elemento do ciclo de análise proposto [...].

4. *Um processo auto-organizado*: o ciclo de análise descrito, ainda que composto de elementos racionalizados em certa medida planejados, em seu todo constitui um processo auto-organizado do qual emergem novas compreensões. Os resultados finais, criativos e originais, não podem ser previstos. Mesmo assim é essencial o esforço de preparação e impregnação para que a emergência do novo possa concretizar-se. (MORAES, 3003, p. 191-193).

Para composição e análise, com base nos procedimentos da ATD, realizamos os seguintes passos:

- i) Transcrição das gravações realizadas dos diálogos em todos os momentos de interação;
- ii) Separação das gravações de dois experimentos selecionados em quatro momentos (execução prévia pelos monitores, planejamento da aula, execução da aula e discussão pós aula);
- iii) Fragmentação e desconstrução dos diálogos;
- iv) Atribuição de codificação aos trechos desconstruídos;
- v) Categorização dos dados segundo as sete funções do experimento tendo como base referencial kuhniano;
- vi) Identificação de frases, palavras e interações que nos remetiam as funções do experimento;
- vii) Estabelecimento de relações e elaboração de novas categorias derivadas das categorias estabelecidas previamente;
- viii) Análise dos dados a partir do estabelecimento de relações;
- ix) Análise quantitativa dos dados construídos após análise.

Após cada momento das atividades mencionadas, todos os diálogos foram transcritos com ajuste de ortografia e complementação do sentido desejado. Depois das transcrições, foram realizadas leituras com a finalidade de selecionar os diálogos que pudessem apresentar elementos de análise contendo uma ou mais das sete funções do experimento no ensino de Física baseada na concepção adaptativa do laboratório didático. Isso foi realizado com o intuito de “perceber os sentidos dos textos em seus pormenores, ainda que compreendendo que um limite final e absoluto nunca é atingido” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p.195).

Em seguida, foi atribuída uma codificação para cada um dos monitores e também para os alunos das salas em que foram empregadas as atividades experimentais a fim de preservar a identidade dos mesmos.

2.2.1 ESCOLA#

O colégio escolhido para a realização da pesquisa é público e se localiza no interior do Paraná. A instituição atende atualmente alunos do 6º ano do ensino fundamental ao 3º ano do ensino médio. Vale dizer que há uma boa infraestrutura com laboratórios de química e informática bem equipados. Conta ainda com uma biblioteca atualizada e com boas condições de uso. Atende em torno de 2100 alunos em três turnos de funcionamento, sendo de grande porte e muito procurado pela população, por ser avaliado como escola de boa qualidade.

2.2.2 TURMAS PARTICIPANTES E MONITORES

Para participação desse trabalho, foram selecionadas cinco turmas do primeiro ano do ensino médio diurno, compostas por aproximadamente 35 alunos cada.

Para a pesquisa, inicialmente foram convidados 14 monitores para realização de encontros extraclasse com o professor, tendo a finalidade de auxiliar o docente em aulas práticas de Física junto de seus colegas de classe ao longo do ano. Estes não foram previamente instruídos a cerca das funções do experimento dentro da *concepção adaptativa do laboratório didático*.

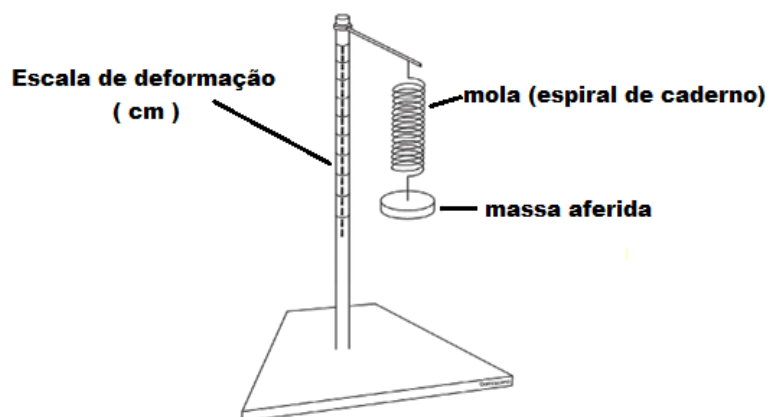
Ao longo das atividades, três desistiram, de modo que os diálogos analisados nesse trabalho se referem aos 11 monitores que participaram de todas as etapas dessa pesquisa.

2.2.3 ESCOLHA E APLICAÇÃO DOS EXPERIMENTOS#

A primeira atividade experimental proposta possuía o objetivo de estudar experimentalmente a Lei de Hooke.

A figura 1 abaixo ilustra o arranjo experimental que trata da Lei de Hooke. O mesmo era composto por espirais de caderno como molas, massas aferidas (5g, 10g, 20g, 30g, 60g e 100g), réguas plásticas e metálicas e um suporte para deixar a mola na vertical.

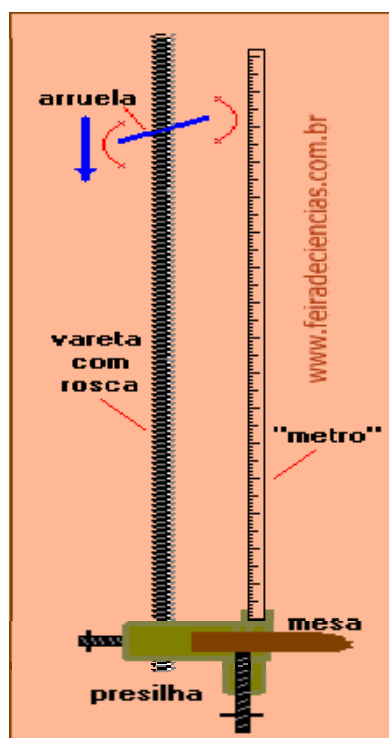
Figura 1 - Arranjo experimental para estudo da Lei de Hooke



O procedimento de coleta de dados consistiu em medir a deformação da mola provocada pelas massas aferidas suspensas em sua extremidade inferior. Os registros dos dados coletados foram feitos em uma tabela experimental previamente fornecida pelo professor.

O segundo experimento se propôs a estudar o movimento de queda de uma arruela por um parafuso em barra ilustrado na figura 2.

Figura 2 - Esquema experimental para estudo do movimento de uma arruela por parafuso em barra



Fonte: <www.feiradeciencias.com.br>, acessado em Setembro de 2014.

Para a realização dessa atividade experimental, o parafuso em barra foi mantido na vertical e, na sequência, uma arruela era liberada da extremidade superior do parafuso. Em seguida, os intervalos de tempo foram coletados para cada posição previamente marcada no parafuso em barra.

A forma de aplicação da proposta para os dois experimentos selecionados seguiu quatro fases: realização prévia do experimento pelos monitores, planejamento da aula prática, execução do experimento em sala de aula e discussão pós sala de aula. →

CAPÍTULO 3 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

3.1 AS FUNÇÕES DO EXPERIMENTO COMO CATEGORIAS DE ANÁLISE#

Para análise dos diálogos, inicialmente foi empregada a *concepção adaptativa do laboratório didático*. Contudo, ao longo dos procedimentos da ATD empregadas na coleta e registro dos dados dessa pesquisa, foi possível especificar a proposta de (Arruda, Silva, Laburu, 2001), em sete funções da experimentação no ensino de Física.

Nesse sentido, chegou-se ao quadro 1 no qual cada função do experimento foi considerada como categoria de análise dos diálogos, destacando-se também a derivação dessa especificação em relação às quatro funções do experimento na *concepção adaptativa*.

Quadro 1 – Apresentação das funções do experimento como categorias de análise

Funções do experimento em Arruda et al, 2001	Funções do experimento especificadas nesse trabalho
1. A exploração da parte fenomenológica do paradigma, o que poderia envolver a construção de equipamentos;	1 Exploração da parte fenomenológica;
	2 Discussão sobre a construção de equipamentos e experimentos
2. A produção de fatos que se ajustem com precisão à determinadas consequências do paradigma;	3 Produção de fatos experimentais que se ajustem com precisão à determinadas consequências do paradigma;
3. A articulação da teoria através da determinação de constantes físicas características, a descoberta de leis empíricas e medições em geral;	4 A articulação da teoria através da determinação de constantes físicas características;
	5 A descoberta de leis empíricas;
	6 Discussões sobre medições em geral;
4. Resolução de uma anomalia, ou seja, de uma situação em que os conhecimentos prévios do estudante não estão funcionando, o que exigiria a construção de novos óculos teóricos para permitir enxergar o experimento de outra maneira.	7 Reconhecimento e discussão de anomalias: consiste na identificação de uma situação em que os conhecimentos prévios do estudante não são capazes de explicar um fenômeno ou resultado experimental observado.

A sequência numérica apresentada no quadro 1 acima, não se configura como metodologia a ser adotada por professores de Física. Nesse sentido, a função 1 (fenomenológica) como categoria de análise está relacionada com a discussão dos fenômenos físicos envolvidos nas atividades experimentais.

A categoria ou função 2 (Aparato) foi destacada quando as discussões se relacionavam especificamente com aspectos da construção e montagem dos aparatos experimentais, tais como propriedades e escolha dos materiais envolvidos para tal finalidade.

A função 3 (Ajuste de fatos) foi destacada todas as vezes que se percebia uma tentativa do professor e, posteriormente, dos monitores em ajustar os dados experimentais coletados de forma a apresentarem concordância com o que era previsto pela teoria relacionada.

Já a função 4 (determinação de constantes físicas), foi aquela percebida quando as discussões estavam focadas na determinação e entendimento de características das constantes físicas em estudo (constante elástica, aceleração da gravidade) e conexões dessas com a teoria vigente.

Por sua vez, a função 5 (Descoberta de leis empíricas), foi percebida quando os envolvidos (alunos monitores, alunos das salas de aula) observavam (mediante alguma indicação prévia pelo professor) ao longo da prática experimental uma relação de proporcionalidade entre as grandezas físicas relacionadas.

Aqui cabe ressaltar que os monitores e alunos só perceberam as regularidades, pois essas já haviam sido mencionadas anteriormente pelo professor, pois como apontam Arruda, Laburu e Silva (2001) “(...) *atividades experimentais como a observação de regularidades ou de relações entre variáveis podem representar um problema fora do alcance dos estudantes (...)*”.

A categoria ou função 6 (Discussões sobre medições) foi destacada toda vez que nos diálogos havia discussões sobre a manipulação e tratamento dos dados experimentais coletados.

A função 7 (Anomalia) foi observada toda vez que um fato experimental parecia contradizer de alguma forma os conhecimentos prévios dos alunos ou monitores, gerando em consequência questionamentos destes.

3.2 EXPERIMENTO 1: LEI DE HOOKE#

3.2.1 PRIMEIRO ENCONTRO COM MONITORES: REALIZAÇÃO PRÉVIA DO EXPERIMENTO 1 PELOS MONITORES

Nessa primeira atividade experimental, o objetivo era a realização do experimento sobre a lei de Hooke, de modo que inicialmente o professor, identificado por (Prof.º) nos diálogos explica o funcionamento dos encontros e a forma de auxílio que os monitores irão realizar.

Em seguida, o docente especifica aos monitores o aparato experimental e os procedimentos a serem seguidos pelos mesmos. Na sequência, a realização dos procedimentos é iniciada, gerando questionamentos e discussões entre os participantes desse trabalho.

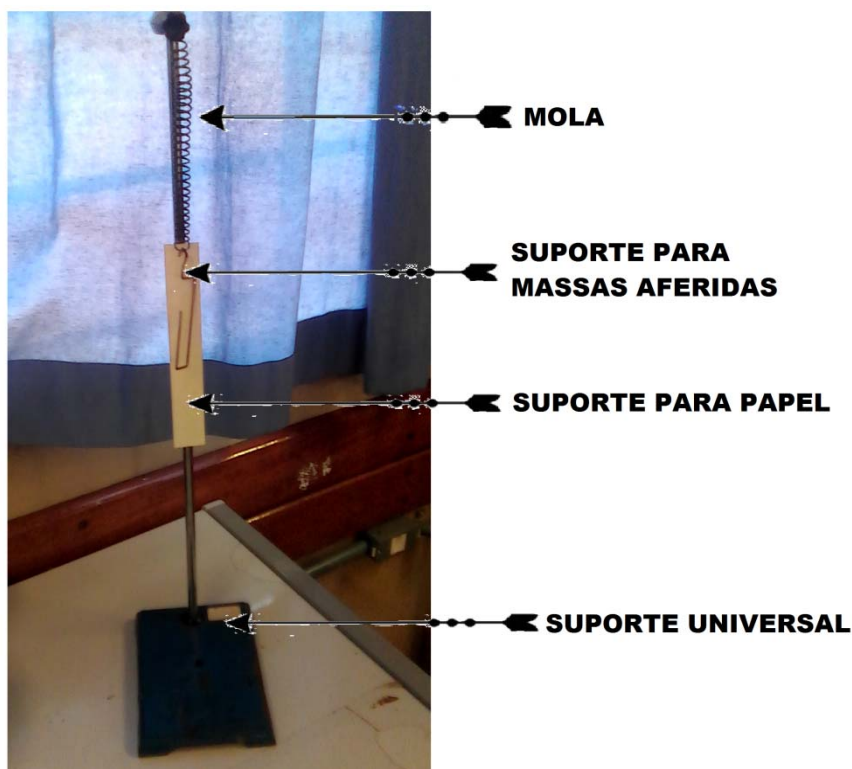
Profº: Bem pessoal (monitores), a ideia então desse primeiro experimento é nós verificarmos como força se relaciona com deformação nessa mola que é usada geralmente como espiral de caderno, (figura 3) tá certo? E também vamos verificar uma propriedade da mola, chamada constante elástica. E os “pesos” que vamos usar que na realidade o correto é chamar de massas aferidas, são de metal e vêm em um conjunto comercial recebido pela escola com os seguintes valores: 5g, 10g, 20g, 30g e 60g.

Figura 3 - Ilustração das espirais de encadernação usadas como mola e massas aferidas.



Profº: O aparato consiste de um suporte universal, ao qual foi fixado um papel para realizar marcações e a mola, que, especificamente nessa montagem, será utilizada uma mola confeccionada com espiral de caderno, fixada a um suporte lateral preso ao suporte universal.

Figura 4 - Ilustração do aparato experimental usado no primeiro experimento



Monitor J: O que é aferida (massa) Profº?

Profº.: Significa que elas (massas) já foram medidas com uso de uma balança.

Monitora R: E dá pra confiar nessas medidas (inscritas nas massas aferidas) ou precisamos medir novamente na balança?

Profº.: Então, eu antes de trazer aqui (as massas), eu fiz novas medições na balança do laboratório da escola que possui uma confiança razoável (semi-analítica) nas medidas e para nosso objetivo vamos considerar os valores que estão marcados nessas massas que vamos usar.

No primeiro momento dialógico acima separado, há discussões interessantes entre dois monitores e o professor, iniciada com a dúvida de um deles sobre o significado de massas aferidas. Na sequência, a monitora R questiona a confiabilidade da aferição dos equipamentos (**função 2 e função 6**) a serem utilizados na prática experimental, com a consequente resposta do professor.

Profº: Olha como vai funcionar o procedimento de hoje:

- 1º passo: vocês irão deixar essa marca vermelha do suporte das molas alinhada com o início do papel fixado no suporte universal.
- 2º e 3º passos: vocês devem fazer nesse papel com caneta ou lápis um risco que será o “zero” ou o ponto inicial da mola. Em seguida, vamos “pendurar” (suspender) as massas aferidas de 10 em 10 gramas na mola e medir quanto a mola esticou (deformou) em relação ao ponto inicial.

Monitor F: Vou aproveitar e fazer as marcas. Pode fazer profº?

Profº: Não! Não precisa fazer marca ainda não, nós vamos medir com a régua só depois de colocarmos as massas, não tem como sabermos qual a marcação antes de pendurá-las na mola.

Monitor F: Qual o procedimento?

Monitor B: Adicionar a massa de 10 em 10 gramas até o máximo de 100g e fazer uma marca no papel para a deformação observada na mola.

No segundo momento dialógico, o professor explica os procedimentos (função 6) a serem executados pelos monitores, seguido de questionamentos destes que demonstram uma falta de atenção à explicação do professor, fato demonstrado pela fala do Monitor F acima. Isso aponta, dentro da prática pedagógica experimental, a necessidade de repetição das instruções procedimentais aos alunos.

Após os dois momentos dialógicos anteriores, a partir dos próximos diálogos, tiveram início a realização da atividade experimental pelos monitores. Os alunos foram separados em grupos de até quatro estudantes, de maneira que cada grupo possui um conjunto de massas aferidas e uma mola presa ao suporte como descrito acima.

Monitor F: Tem que por até qual (massa aferida)?

Monitor G: Até o 100! Profº, até a de 100 (gramas)?

Profº: Até o 100, até 100 gramas;

Monitor J: Esse aqui é 90g, né Profº? Essa (massa aferida) maior?

Profº: Essa é 100g, tá marcado nela, mas é 100g a maior (massa aferida)!

Monitora A: Mas como nós vamos colocar 20 g?

Monitora T: Como vou colocar aqui?(aponta para a mola suspensa) O “pesinho” de 20g, como faço aqui?

Monitor J: Tira o “peso” de 10g, tira o de 10g e deixa só o de 20g;

Profº: De 10 em 10 gramas. Isso! tira o de 10g e coloca o de 20g, isso!

Profº: Pessoal (Monitores), lembra que nesse experimento vamos usar os conceitos de força (peso) e de massa, cuidado para não confundir hein, vamos acostumar a falar certo: massa aferida e não peso, como discutimos na aula em sala, lembram?

Monitora T: Verdade, é que a gente acostuma a falar peso toda hora.

Nesses diálogos, destacam-se as discussões relacionadas com a execução correta dos procedimentos experimentais indicados pelo professor (**função 6**). Outro ponto de destaque é a correção que o professor realiza após confusão entre as grandezas massa aferida e peso por parte dos monitores. (**função 1**).

Profº: Abaixa mais o suporte da mola, **Monitor B**, abaixa mais um “pouquinho”, está fora do papel, sem esticar a mola, deixa-a no estado natural, vire-a e marca a posição inicial, isso, isso.

Monitor F: Sobe mais um pouco, sobe mais um pouco (aumentar a altura do suporte da mola).

Monitor G: De 10 em 10 gramas não é! Mas é em cima da marca vermelha, no meio da marca vermelha ou em baixo da marca vermelha que faço o risco no papel com a caneta?

Monitor F: Acho que é no meio da marca vermelha!

Profº: Pessoal, a dúvida aqui do **Monitor G** é importante, como a marca vermelha do suporte das molas tem certa grossura (espessura) vamos tentar pegar a marcação no meio dela e todos (monitores) mantêm assim (meio da marca vermelha do suporte) e depois discutiremos um pouco sobre os erros experimentais.

Novamente, nos diálogos seguintes analisados, as discussões passam pela correta maneira de se ajustar o aparato experimental para obtenção de dados experimentais confiáveis (**funções 3 e 6**), principalmente referente a fala do Monitor G, fato que leva o professor a discorrer sobre o tema “erros experimentais”, sem, no entanto, entrar em detalhes nesse momento.

Monitor G: Você marcou (deformação da mola) “três quilômetros” para cima (acima da marcação considerada correta)!

Monitor F: Eu marquei certo.

Monitor G: Não marcou não, você deixou a régua torta.

Nesse pequeno momento dialógico acima, há, entre os dois monitores, um foco nas discussões relativas ao procedimental (**função 6**).

Profº: Fizeram? (Terminaram as medições?). Agora vocês vão medir com a régua a distância do zero (ponto inicial) até a marca feita para cada valor da massa aferida usada na prática. Por exemplo, do zero para a marca feita com a massa de 10 gramas, depois do zero até 20g, entenderam? Vocês vão observar que vai aumentado de forma proporcional.

Monitora T: Agora do 10g ao 20g, né? (deformação da mola)

Profº: *Do zero ao 20g!*

Observando o diálogo, observa-se a continuidade da atividade experimental num instante em que o professor instrui os monitores sobre a maneira correta de realizar a medição da deformação da mola. **(funções 3 e 6)**

Monitor L: *Isso não faz sentido nenhum! (valores experimentais obtidos).*

Monitor L: *O nosso está tudo errado.*

Profº: *O que não faz sentido monitor L?*

Monitor L: *Olha o espaço desse aqui (deformação), desse aqui, desse aqui, não está uniforme (relação entre peso e deformação), Eu Eu estou vendo dos outros grupos que está dando uniforme, o nosso está errado! Tem que dar uniforme as distâncias!*

Aqui, o momento dialógico acima é destacado principalmente pela fala do monitor L que, ao observar os dados experimentais obtidos para as grandezas peso e deformação de outros grupos de monitores, percebe que os valores de seu grupo não estão próximos entre si. **(funções 3, 5, 6 e 7).**

Monitor B: *Esses aqui (medição da deformação da mola) estão perfeitos, só o primeiro que deu errado!*

Monitor L: *Uma hora você fazia assim, na outra de outro jeito; (Monitor B, não seguia um padrão ao realizar as medições).*

Monitor B: *foi erro meu, vamos fazer de novo!*

Monitor B: *Não está uniforme?*

Monitor L: *De novo?! Ah, está bom! Você coloca o peso agora.*

Monitor B: *Agora vai começar a dar certo porque eu aprendi a fazer o procedimento.*

Monitor B: *Olha (Monitor F), está alinhado agora (marcação na mola com papel para anotação).*

Profº: *E agora, está dando linear (relação entre peso e deformação na mola) aí Monitor B?*

Monitor B: *Oi?*

Profº: *está observando uma proporção entre as coisas (grandezas Físicas) agora?*

Monitor B: *Agora estou!*

Na sequência dos diálogos anteriores, há uma busca e questionamento do monitor L em relação ao Monitor B, pois o primeiro identifica uma mudança na maneira de realizar as medidas **(função 6)** do último, fato que poderia ter ocasionado a grande diferença nos valores experimentais obtidos entre o seu grupo e os demais.

Após ajuste na maneira de se proceder com o experimento por parte dos monitores, o professor questiona se foi obtida a proporção entre as grandezas (deformação e peso). Tal questionamento é confirmado pelo Monitor B. **(funções 3, 5 e 6).**

Monitora R: *A mola volta certinho (para posição inicial quando retirada as massas aferidas)*

Profº.: *Essas molas de caderno são boas para fazer experimento de baixo custo.*

Monitor G: *Qual o máximo (Peso) que isso aqui (mola) suporta (sem deformar de maneira permanente), Profº?*

Profº.: *Ah, uns 250 gramas (2,50 N) eu acredito.*

No trecho acima, o diálogo entre os dois monitores está permeado das características do aparato experimental de baixo custo usado como mola. **(funções 1, 2 e 6).**

Profº.: *Tudo certo aí Monitor G?*

Monitor G: *Então, o deles (outro grupo de monitores) deu meio diferente, então nós estamos esperando eles terminarem as medições para confirmarmos os nossos valores!*

Monitor G: *Deixa-me ver se está parecido com o nosso (Monitor G confere os resultados com outro grupo de monitores) Nossa, está próximo (valores obtidos para as deformações)*

Monitor F: *O nosso deu certo (valores experimentais estão próximos do esperado previamente)*

Monitor G: *No último (último está se referindo ao final das medidas experimentais) nós começaremos a pensar direito, não é?!*

Monitor F: *É! No último nós começaremos a pensar (esse pensar se refere à maneira correta de realizar as medições).*

Na sequência dos diálogos selecionados, é possível perceber novamente a comparação entre resultados obtidos pelos grupos no sentido de se obter valores corretos e já esperados previamente para uma relação de linearidade entre peso e deformação nas molas utilizadas **(função 3).**

Profº: *Pessoal, depois de realizar as medidas, tem-se que preencher a tabela, olha aqui (professor indica quadro negro) na tabela vocês vão colocar (preencher) a deformação em cm (centímetros), depois o valor equivalente da massa em gramas na próxima coluna. Na sequência, vamos converter a massa em kg (quilograma) e calcular o peso, ok? Nós vamos fazer parte por parte.*

Monitor G: *Na tabela faz o que? Deformação em cm? (centímetros)*

Profº.: *Isso, deformação é na unidade centímetros (cm).*

Profº.: *Pessoal, vamos calcular o peso, pois a relação que nós queremos é força (no caso a força Peso) com a deformação e*

esperamos uma proporção entre essas duas grandezas. Então o peso é a massa na unidade quilograma (kg) multiplicada pela aceleração da gravidade, certo?

Monitor F: Não posso usar a massa em gramas?

Profº: Não, sempre em quilo, pois para encontrarmos o valor da força Peso, usando as unidades do sistema internacional de unidades, a unidade da massa é o quilograma (kg).

Com a continuidade da análise dos diálogos, após os monitores realizarem as medições dos valores da deformação, o professor os orienta no preenchimento correto da tabela experimental fornecida a eles. Após as instruções, há uma explanação sobre a relação a ser usada para obtenção da força Peso. **(função 1)**. Ainda nesse mesmo trecho é ressaltado o que se espera das medidas (*uma proporção entre essas duas grandezas*) de acordo com o paradigma vigente em estudo. **(função 3)**. O momento dialógico em destaque é “finalizado” com questionamentos e explicações sobre as unidades de medida. **(função 6)**.

Monitor F: *g (aceleração da gravidade) é sempre 10 (m/s²)?*

Profº: *g (aceleração da gravidade) igual a 10 (m/s²), gravidade sempre igual a 10 (m/s²), no nosso caso.*

Monitor G: *Na verdade, 9,8 (m/s²) não é?*

Profº: *Na verdade, 9,83(m/s²), mas nós em geral aproximamos para 10 (m/s²), devido à precisão que procuramos nesse experimento e em geral nos problemas não ser tão rigorosa.*

Monitor J: *Profº., se o valor da gravidade fosse outro, o peso seria outro também não é?*

Profº: *Sim, iria ser outro, pois pela relação aqui (professor indica o quadro), o peso depende da massa, mas também da aceleração da gravidade do local em que o corpo se encontra.*

Acima, os diálogos estão focados nas dúvidas relativas ao fato de a gravidade (aceleração) ser um valor constante **(função 6)**. Isso é seguido de um questionamento interessante do Monitor G sobre o valor mais preciso de tal grandeza Física, pois, antes dessa atividade experimental, a leitura de algum material de Física lhe trouxe o valor de 9,8 m/s² e não 10 m/s² como indicava o professor **(função 1 e função 7)**.

A função 1, é destacada novamente com a fala do Monitor J sobre a relação entre a força Peso e a aceleração gravitacional, fato que motiva o professor a explicar a relação para cálculo dessa força.

Monitora A: Na primeira (coluna) coloca 10g, 20g, 30g?

Monitor J: Coloca 10, 20, 30 que é em gramas, depois você vai dividir por 100 não, pra dá em kg?

Profº: Para passar pra kg pessoal, e preencher essa coluna da tabela (professor indica a tabela no quadro negro), nós vamos pegar o valor em gramas (de cada massa aferida usada) e dividir por 1000 na verdade, pois 1kg tem 1000 gramas;

Monitor G: Não é multiplicar (por mil)?

Profº.: Dividir, pois olha aqui no quadro (professor monta a relação de unidades no quadro), você faz a “regra de três” e chega à divisão por 1000.

Através dos diálogos é possível observar que ao longo da execução da atividade experimental, questionamentos que pareciam terem sido superados por alguns monitores, retornam em momentos posteriores nas dúvidas de outros. Nesse momento dialógico, a conversa inicialmente passa pela maneira correta de preenchimento da tabela (**função 6**). Assim, o que se destaca nos diálogos é a dúvida quanto às transformações de unidades de medida levantada pelo Monitor G. (**função 7**).

Monitor J: Depois (de preencher a tabela) nós vamos fazer um gráfico no plano cartesiano?

Profº: Nós vamos fazer um gráfico que é um plano cartesiano, nesse caso (aula) com os valores obtidos no nosso experimento.

Monitor M: Como faz o gráfico?

Profº: Para quem acabou a tabela, o gráfico vai ser assim: vocês vão colocar aqui (professor indica o eixo vertical de um gráfico desenhado no quadro negro), o valor da força, no nosso caso, a força é o peso. No eixo de baixo (horizontal ou das abscissas), vocês colocam a deformação e podem deixá-la (valores) em cm(centímetros) mesmo.

Monitor G: Então, no primeiro (valor do peso e da deformação) deu 0,1N para um centímetro?

Monitor J: Então, vai fazer de um em um centímetro (a escala)?

Profº: Isso, coloca, por exemplo, 0,1N para 1cm. (refere-se a escala do gráfico experimental)

Percebe-se aqui que o diálogo se desenvolvem a “construção” do gráfico experimental, relacionado com o experimento da lei de Hooke (**função 6**).

Monitor L: Profº, pode marcar 0,9cm ou aproximado para 1 cm no gráfico? (valores da deformação a serem anotadas no gráfico)

Profº: Como eu fiz uma escala em que cada intervalo equivale a 0,1 cm no eixo x, pode anotar 0,9 cm mesmo.

Monitora Y: Profº, onde eu coloco 6,9 cm (deformação) no gráfico?

Profº: Um pouco antes do 7, no “risquinho” antes do 7cm.

Monitora A: Profº, no gráfico, faz pontilhadinho assim? (pontilhadinho se refere a marcação dos pontos experimentais)

Profº: Faz pontilhadinho assim mesmo e marca o ponto no gráfico.

Na sequência, os diálogos estão novamente em torno do correto posicionamento dos valores nos eixos do gráfico (**função 6**). Destaca-se dentro da função 6, o primeiro diálogo entre o monitor L e o professor sobre aproximações de valores experimentais.

Monitor F: Profº deu certo, eu acho! (aluno acredita ter encontrado uma linearidade entre as grandezas força e deformação)

Profº: Deu? Vamos ver!

Profº: Está bem proporcional aí? Não está? (o gráfico apresentado por aluno está linear)

Monitor F: está! Deu uma linha como você (profº) tinha falado.

A partir das categorias de análise usadas para levantamento das funções do experimento, esse pequeno diálogo acima é proveitoso, pois o estudante fica satisfeito ao “construir” seu gráfico e obter uma linearidade entre as grandezas força e deformação (**função 5**). Pois, em vários momentos da atividade experimental sobre a lei de Hooke, o professor expõe que se espera tal linearidade ou proporcionalidade entre as duas grandezas. (**função 1 e função 3**).

3.2.2 SEGUNDO ENCONTRO COM MONITORES: PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO 1

Ao final do primeiro encontro, os monitores executaram os procedimentos experimentais, com obtenção de dados da deformação, cálculo da força peso, preenchimento de tabela e, também, confecção de gráfico referente à lei de Hooke.

No segundo encontro, foram discutidas questões referentes à obtenção da constante elástica para as molas usadas no experimento (“espiral de caderno”) e também formas pelas quais tal atividade experimental poderia ser empregada com os alunos das salas de aula nas quais o professor atuava.

Monitor J: O gráfico está meio deformado! (se refere à linearidade não ser perfeita, com alguns pontos experimentais fora da linha em comparação ao gráfico feito pelo Professor).

Profº: *Você faz uma linha média (Professor desenha a linha no gráfico do aluno) do começo ao final, passando do começo (primeiro ponto experimental) até o final (último ponto experimental).*

Monitor J: *Beleza!*

Nesse primeiro momento em análise do segundo encontro, as conversações seguem uma continuidade em relação ao final do último encontro entre professor e monitor em que alguns grupos conseguiram terminar de confeccionar o gráfico e outros estão em finalização.

Especificamente nesse caso, o Monitor J percebe que sua relação linear não é igual ao que observou no desenho (do gráfico) feito pelo professor no quadro-negro (**funções 5 e 7**), com uma linha experimental “perfeita” entre as grandezas.

Então, na sequência, o Prof.º explica sobre o modo de proceder com valores experimentais (**função 3 e função 6**), contudo, sem se aprofundar nos conceitos relacionados com construção de curvas experimentais.

Monitora R: *Para calcular a constante elástica (referente à mola usada no experimento), faz peso pela (dividido) deformação?*

Profº: *Isso, peso dividido pela deformação!*

Monitor M: *E aquele terceiro número depois da vírgula? (Dúvida se deveria anotar ou não)*

Monitor J: *Aproxima para duas casas depois da vírgula.*

Monitor M: *Coloca tudo 0,10 N/cm Profº? (valores calculados para constante elástica)*

Monitor J: *Aqui você coloca 0,11 N/cm (Monitor J apontando para tabela experimental do Monitor M), 0,10 N/cm, só o primeiro (valor calculado para a constante elástica).*

Monitor J: *Profº., como que é mesmo, quando o último número (depois da vírgula) é maior que 5, aumenta 1? (questionamento sobre arredondamento de valores experimentais)*

Profº: *Isso mesmo, por isso que aqui (Prof.º aponta para tabela do Monitor M), era 0,106 N/cm, você (Monitor M), aproxima para duas casas depois da vírgula como 0,11 N/cm.*

No 2º momento dialógico as falas estão centradas na maneira correta de se calcular a constante elástica da mola utilizada na atividade (**função 4 e função 6**).

Há, ainda, nesses diálogos, o fato de uma interação mais direta entre dois monitores, em que um auxilia o outro a solucionar uma dúvida apresentada pelo outro, papel este até aquele momento desempenhado quase que exclusivamente pelo professor. A discussão envolvida se referia ao “arredondamento” da constante

elástica obtida no experimento, na qual, o professor atua explicando essa questão. **(função 3 e função 6).**

Monitor M: O valor correto (da constante elástica) então deveria ser 0,10N/cm?

Profº: Não, cada mola tem a sua (constante elástica), mas para a maioria dessas molas que usamos, os valores da constante estão próximos de 0,10 N/cm.

Monitor J: A constante (elástica) depende do peso?

Monitora R: Claro, igual a nós fizemos aí!

Profº: A constante é uma relação entre a força (peso) e deformação na mola, conforme o peso aumenta a deformação também aumenta com a mesma proporção. Mas, a constante sempre apresentou um valor que consideramos constante em nosso experimento.

A função 6 é identificada em várias falas anteriores e sua presença é reforçada também nos diálogos acima pela pergunta do Monitor M (O valor correto (da constante elástica) então deveria ser 0,10N/cm?), pois é esperado dentro das discussões e explanações propostas pelo professor um valor fixo para a grandeza constante elástica. A sequência das falas se dá em torno da explicação conceitual sobre o significado de tal constante pelo professor. **(função 1 e função 4).**

Monitor J: O seu deu certo (**Monitor J** observa valores de outro monitor), olha Profº, olha aqui o deles, deu certinho! (valores da constante elástica se mantém constante mesmo variando peso e deformação).

Profº: Deixa-me ver?! É, dentro do esperado, os valores (constante elástica) ficaram bem constantes depois dos arredondamentos.

Nesse momento dialógico, um dos monitores percebe que os valores experimentais da constante elástica estão corretos de acordo com o esperado, fato confirmado pela explicação do professor. **(função 3, 4 e 6)**

Profº: Observa para mim a ordem da tabela. (disposição das grandezas nas colunas experimentais) O que vocês acham?

Monitor J: Eu acho que coloca a massa em gramas (1ª coluna), massa em kg (2ª coluna), peso do lado (3ª coluna) e deformação por último (4ª coluna) para ficar mais fácil de eles preencherem a tabela.

Profº: Deixa o valor do Peso já calculado ou eles (alunos das salas) calculam?

Monitor J: *Eles calculam, eles conseguem calcular sim, daí eles vão acompanhando os valores. Eles vão entender de onde veio (cada grandeza Física estudada). (“Eles” refere-se aos alunos das salas de aula).*

Monitora Y: *Eles (alunos) vão poder usar a calculadora ou vão ter que “calcular na mão”?*

Profº: *Eles (alunos) poderão usar a calculadora.*

Profº: *Quais dificuldades que vocês (monitores) acham que irá surgir na hora de fazer na sala de aula? (dificuldades apresentadas pelos alunos da sala de aula)*

Monitora Y: *Os risquinhos! (Anotações das deformações da mola).*

Nesse diálogo, em específico, o professor propõe que os monitores o auxiliem quanto a melhor maneira de apresentar a tabela, com a finalidade de melhorar o entendimento da atividade experimental e também das grandezas Físicas envolvidas por parte dos alunos da sala de aula. **(funções1, 3 e 6)**

3.2.3 TERCEIRO ENCONTRO COM MONITORES: APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 1 EM SALA DE AULA

Nessa fase do trabalho, após os monitores executarem a atividade e planejarem a aula experimental, esses monitores auxiliam os alunos da sua respectiva turma a executarem o experimento sobre a lei de Hooke.

Monitor J: *[para grupo de alunos]: Deixa a mesa de frente aqui (deixar a mesa na posição horizontal sem trepidar) para fazer a medição.*

Monitor M *[para grupo de alunos]: Oh, presta atenção! Isso aqui está errado, não está pegando no papel! (**Monitor M** chama atenção de grupo de alunos para posicionar a mola corretamente).*

Profº: **Monitor M** *abaixa (mola) desrosqueando (ajuste do suporte móvel da mola) **Monitor M** até chegar ao papel*

Nesse primeiro momento dialógico da fase de aplicação do experimento em sala de aula, é possível observar as discussões, principalmente àquelas relacionadas aos ajustes no aparato experimental para que os valores estejam de acordo com o esperado e, também, próximos daqueles que os monitores obtiveram na fase anterior à sala. **(função 3 e função 6)**

Monitor M *[para grupo de alunos]: Vocês vão ter que pegar com a régua, deixar a régua alinhada aqui (mola na mesma posição*

*horizontal do início do papel para anotações) e marcar no papel o ponto vermelho que vai ser o ponto inicial. Em seguida vai colocar 10 g (massa aferida indicada pelo **Monitor M**) e medir a deformação, tira (a massa de 10g) e coloca 20g, fazendo o risco no papel.*

As sequências de diálogos nas salas de aula referem-se às instruções que os monitores passam aos alunos e na correção por parte desses dos eventuais equívocos ou procedimentos experimentais inadequados, executados pelos alunos. **(função 3 e função 6).**

Monitor M [para grupo de alunas]: *Coloca até 100 (gramas) de 10 em 10 gramas, risca, daí terminou. Tira o papel e mede com a régua para colocar na tabela, certo?*

Grupo de alunas: *(Após algum tempo passa desde a explicação da Monitor M) Profº. nós estamos fazendo assim, coloca de um em um (aluna coloca massas de forma aleatória) e mede (deformação), está certo?*

Monitora R [para grupo]: *Vocês (alunas) não irão colocar de um em um (de forma aleatória), vocês devem colocar 10 g, depois 20g, olha as massas aqui (monitora aponta massas aferidas) e depois 30g até 100g. Faz favor gente.*

No trecho em questão é interessante notar a atuação da Monitora R no compartilhamento da responsabilidade de Professor dentro de uma atividade experimental quanto à instrução dos procedimentos corretos a serem seguidos, com a respectiva chamada de atenção aos alunos. Em termos da proposta de análise desse trabalho, as funções 3 e 6 são destacadas nos diálogos.

Monitor J [para grupo de alunos]: *Olha (monitor pede atenção dos alunos), vocês vão pegar o ponto inicial e marcar (no papel), vai marcando o valor da deformação, nesse aqui ó, deu 1cm (deformação), vocês virão aqui no caderno e marcarão na coluna da deformação, 1cm.*

Aluna: *Por quê?*

Monitor J: *Por que é o tanto (deformação) que a mola desceu com 10 gramas, entendeu, na hora que você colocou 10 gramas, ela desceu 1 cm, pra 20, deu 2cm, pra trinta, deu 3 cm, aqui ó já deu 3,9 cm (massa aferida de 40 g), vocês vão marcando entendeu, depois você (aluna) me chama.*

Aluna: *E aqui?*

Monitor J: *Aqui, eu já te explico. Você vai transformar a massa em 10g pra kg (quilograma) e depois nessa outra, vai calcular o peso para calcular a constante elástica.*

Nessa discussão, é possível observar novamente a atuação do monitor na explicação do procedimento experimental e também na tentativa de mostrar aos alunos do grupo em questão a regularidade que deveria ser obtida do experimento. **(funções 3 e 6)**

Monitor J: Prof^o, as distâncias (deformação da mola) marcam na deformação não é? (coluna da deformação da tabela experimental fornecida).

Prof^o: Isso, na coluna “deformação” da tabela.

Monitor M: Prof^o, pode tirar a folha de papel para eles medirem as deformações?

Prof^o: Pode. Cuidado para não rasgar (papel).

Monitor J Para o grupo: Pessoal, o peso não pode ficar encostado aqui (monitor indica suporte universal), se não dará errado (mola não ficaria totalmente na vertical).

É interessante ressaltar a importância do papel do Professor no acompanhamento das atividades experimentais, pois, o **Monitor J**, assim como os demais, embora tenham realizado previamente o experimento e feito diversos questionamentos, necessita da confirmação do Professor, ressaltando a dialogicidade contínua entre o aluno e o docente. Na sequência, o mesmo monitor observa uma falha no aparato experimental que pode gerar medidas imprecisas nas grandezas estudadas. **(função 3 e 6)**

Monitora L: Então, vamos medir (deformação da mola), aqui (**Monitora L** aponta régua) deu 2,0 (centímetros);

Aluna: Eu acho que deu 1,8 (centímetros).

Outra aluna do mesmo grupo: Prof.^o marca 2,0 cm ou 1,8 cm?

Prof.^o: Quanto você (aluna do grupo) acha que deu (valor da deformação em discussão)?

Aluna: Eu acho que deu 1,8 cm, mas a monitora falou que deu 2,0cm!

Prof. ^o Marca quanto você (Aluna) acha que deu (valor deformação).

Monitora L Deixe-as marcarem quanto acharam que deu. (valor da deformação). Porque depois, com as aproximações, o resultado da constante (elástica) estará dentro do esperado.

Monitora L: Está bom Professor.

Nesse penúltimo momento dialógico da fase de execução dos experimentos em sala de aula, a discussão entre a **Monitora L** com uma das alunas é interessante dentro da proposta de análise desse trabalho, pois revela inicialmente falas ligadas com a **função 6 (discussões sobre medições)**, mas também uma tentativa real da

monitora em obter resultados experimentais corretos ou próximos daqueles que coletaram anteriormente para a constante elástica. **(função 3 e 4).**

***Monitor J** [para o grupo]: Aqui na Terra, a gravidade sempre vai ser 10m/s^2 . Então, se a gente fosse para outro planeta, a Lua, por exemplo, a gravidade seria de $1,6\text{m/s}^2$. Assim, o peso iria ficar bem menor. Aqui (monitor indica tabela) você vai fazer assim: empresta a caneta, vai colocar o peso que é igual à massa vezes a gravidade, que sempre aqui na terra vale 10m/s^2 , vai ser esse (massa em kg) vezes 10m/s^2 . Vai colocando aqui (coluna experimental) até descobrir tudo (valores do peso de cada massa aferida), para você usá-lo depois para descobrir a constante elástica.*

No trecho destacado, é nítido o intuito do **Monitor J** em fazer com que os demais alunos do grupo em específico se apropriarem do paradigma em estudo **(função 3)**, explicando na sequência para os alunos os fenômenos físicos relacionados **(função 1)**. Ainda, na sua fala, aparecem trechos relacionados às constantes Físicas **(função 4)**.

3.2.4 QUARTO ENCONTRO COM MONITORES: DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO 1, PÓS SALA DE AULA#

Após as duas primeiras fases do trabalho, nos momentos dialógicos a seguir, as discussões em sua maioria iniciadas pelo professor estão direcionadas para a avaliação após a execução do experimento da lei de Hooke nas salas de aula dos respectivos monitores.

***Prof.º:** O que vocês acharam do experimento e de vocês na sala de aula como monitores?*

***Monitora R:** O experimento na nossa sala foi bom, tinha bastante monitor e o valor assim em sala de aula, mesmo com os erros maiores, deu próximo, não deu?*

***Monitor J:** Deu bom sim, os alunos acabaram fazendo certinho e os resultados ficaram bem perto um do outro. Só um grupo que, por não estarem muito a fim e ficaram brincando, deu a constante errada.*

***Prof.º:** Na próxima aula eu vejo e eles vão corrigindo.*

A conversa após a aplicação do experimento em sala de aula revela a discussão sobre medidas e erros experimentais **(função 6)** e, principalmente, na preocupação dos estudantes monitores de orientar e auxiliar seus colegas de sala a

realizarem a atividade experimental com seriedade na tomada de dados. O intuito parece ser o de que esses se ajustem da melhor maneira possível à Lei de Hooke em questão. **(funções 3, 4 e 5).**

***Prof.º:** O que vocês (monitores) acharam do experimento e de vocês na sala de aula como monitores?(atuando como monitores)*

***Monitor F:** Deu certa dificuldade na hora de fazer o gráfico no papel milimetrado.*

***Prof.º:** Eu percebi. No próximo experimento vamos fazer em sala até o ponto de os alunos preencherem a tabela experimental. Faremos o gráfico em outra aula.*

Na sequência, ressalta-se a percepção do Monitor F no sentido da confecção de gráfico em papel milimetrado na mesma aula da execução do experimento. **(função 6)**

***Prof.º:** E da montagem experimental?*

***Monitor G:** Eu achei que esse suporte que usamos ficou difícil de fazer as marcações certas, porque a mola ficava balançando um pouco, gerando muitos erros experimentais.*

Nesse trecho, há uma discussão sobre a melhor forma de se realizarem as medidas **(função 6)** com o objetivo de se obterem valores condizentes com o que era esperado **(função 3)**.

***Monitora R:** Quais outros tipos de molas poderíamos usar no experimento?*

***Monitor J:** Eu acho que qualquer tipo. Há apenas algumas mais duras e outras mais moles.*

***Monitora R:** E os “pesos” (massas aferidas), qualquer um serve?*

***Prof.º:** Quanto às molas, poderiam ser aquelas de metal que a gente compra em depósito ou casa de ferragem, como o **Monitor J** falou, dependendo da mola, temos que ver os pesos (massas aferidas) que possam deformá-la. Já em relação a essas daqui (massas aferidas), são de um kit experimental que já vêm aferidas, mas poderiam ser outras. Teríamos que ajustar como prendê-las na mola e aferir com uma balança o valor dessas massas.*

Aqui, a conversação teve vários focos, iniciando com as características dos materiais usados na atividade experimental proposta **(função 2)**, ligadas diretamente com conceitos físicos **(função 1)** e, também, questões dos procedimentos experimentais **(função 6)**.

Prof.º: *O que vocês acharam do experimento e de vocês na sala de aula como monitores?*

Monitor A: Na nossa sala, só tinha dois monitores no dia (execução do experimento), por isso, fica corrido atender todos os grupos de alunos.

Prof.º: Na sua sala (**Monitor A**) e, na maioria das outras que fizemos o experimento, eu auxiliei vários grupos junto com vocês. Ressalto que apenas na sala do **Monitor J** eu pude observar mais, porque tínhamos seis monitores auxiliando os grupos.

Analisando os diálogos acima, observa-se que com maior número de monitores auxiliando uma atividade prática possibilita ao Professor outras práticas pedagógicas, como observação e até mesmo uma avaliação formativa, pois ele (professor) não precisa auxiliar os alunos o tempo todo.

Prof.º: *O que vocês acharam do experimento, e de vocês na sala de aula como monitores?*

Monitora A: *Na minha sala fiquei surpresa que eles colaboraram e não quebraram as coisas e nem ficaram “zuando” muito. (comportamentos considerados inadequados como não realizar os procedimentos indicados, ser desrespeitoso com Professor e monitores).*

A última fala selecionada nessa fase de avaliação do experimento sobre a lei de Hooke é interessante, pois permite discutir um aspecto relacionado ao experimental no ensino de Física.

Nesse sentido, o discurso dos professores dessa disciplina ressalta que é a presença de comportamentos considerados inadequados dos alunos frente à uma atividade desse tipo, um dos fatores pelos quais não realizam experimentos com estes. Contudo, a fala da Monitora A revela justamente o contrário. Isto porque, ao se realizar atividades práticas, os alunos colaboraram, pois foram motivados a aprender Física, ao menos naquele momento.

3.2.5 COMENTÁRIOS SOBRE EXPERIMENTO 1: LEI DE HOOKE#

A fim de se ter uma sistematização e quantificação das funções experimentais levantadas dentro da concepção adaptativa do laboratório didático, foi produzido o

quadro 3 que reúne a frequência de cada categoria de análise desse trabalho para os quatro primeiros encontros com os monitores, relativos ao experimento da lei de Hooke.

Quadro 3 - Organização das frequências das categorias para o experimento sobre a lei de Hooke.

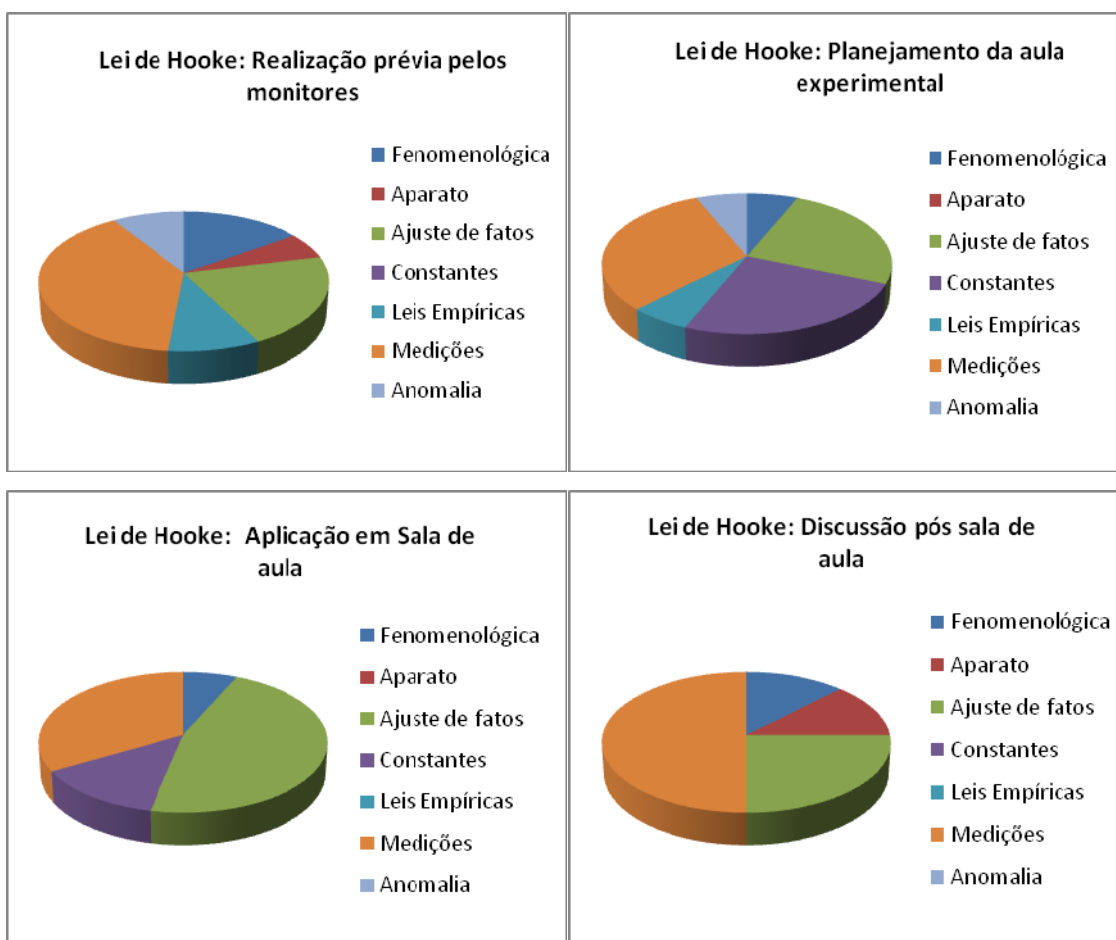
Experimento 1: Lei de Hooke		
Quantidade de momentos dialógicos*	Objetivo do encontro com monitores	Categorias de análise (funções do experimento)
16	Realização Prévía do experimento pelos monitores	1. (Fenomenológica)
		2. (Aparato)
		3. (Ajuste de fatos)
		4. (constantes Físicas)
		5. (Leis empíricas)
		6. (Medições)
		7. (Anomalia)
5	Planejamento da aula experimental	1. (Fenomenológica)
		2. (Aparato)
		3. (Ajuste de fatos)
		4. (constantes Físicas)
		5. (Leis empíricas)
		6. (Medições)
		7. (Anomalia)
7	Aplicação do experimento em sala de aula	1. (Fenomenológica)
		2. (Aparato)
		3. (Ajuste de fatos)
		4. (constantes Físicas)
		5. (Leis empíricas)
		6. (Medições)
		7. (Anomalia)
6	Discussão pós sala de aula	1. (Fenomenológica)
		2. (Aparato)
		3. (Ajuste de fatos)
		4. (constantes Físicas)
		5. (Leis empíricas)
		6. (Medições)
		7. (Anomalia)

Ao se observar o quadro 3 acima, é possível ressaltar um maior número de momentos dialógicos no 1º encontro com os monitores, ou seja, na fase de execução prévia do experimento por estes. Isso ocorreu devido à execução prévia do experimento ter sido o primeiro momento de contato entre os monitores e o aparato experimental, gerando naturalmente mais questionamentos sobre os diversos aspectos analisados nesse trabalho.

Já nos demais encontros entre professor e monitores, muitos dos diálogos se repetiam em torno de um mesmo fato. Assim, a apresentação desses foi suprimida sem afetar a proposta de análise seguida nesse trabalho.

A fim de tornar mais didática a interpretação quadro 3 acima, foram elaborados gráficos para os quatro primeiros encontros com os monitores.

Gráfico 1 - Frequência das categorias de análise para Experimento sobre lei de Hooke



A partir da análise do gráfico 1, é possível identificar o levantamento para as categorias de análise desse trabalho ao longo dos encontros com monitores. Nesse aspecto, dentre as sete funções do experimento propostas aqui, a que se destaca em todos os encontros é a função 6 (discussões sobre medições), pois se relaciona diretamente com dados experimentais, desde a medição até o tratamento estatístico dos valores obtidos.

Unida à sexta função, é possível observar também uma presença relevante da função 3 (ajuste de dados), pois nos dois primeiros momentos coube ao professor a responsabilidade de ajustar os fatos experimentais quantificados nessa prática com a teoria referente a lei de Hooke.

Já na execução desse experimento em sala de aula, os monitores compartilharam dessa função de ajuste com o professor, após serem instruídos por este.

A função 1 (fenomenológica) foi identificada nos diálogos presentes em todos os encontros relativos ao primeiro experimento, porém com pouca frequência, pois de acordo com a organização das atividades experimentais, questões mais relacionadas com as definições conceituas foram realizadas pelo professor em aulas posteriores às analisadas no âmbito desse trabalho.

A função 2, relacionada com discussões sobre características do aparato experimental, apresentou frequência pequena, pois a preparação e montagem foram realizadas pelo professor, não sendo alvo de muitos questionamentos dos monitores.

As discussões relativas à função 4 (determinação de constantes Físicas), também foram levantadas nos diálogos entre os participantes, principalmente no segundo encontro, pois foi naquele momento que os monitores executaram os cálculos para obtenção da constante elástica.

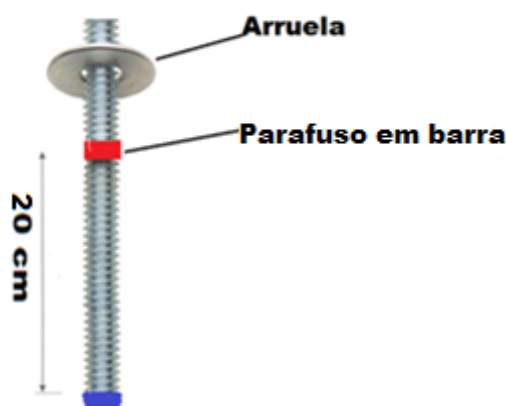
Em relação à função 5 (leis empíricas) e função 7 (Anomalia), a baixa frequência indicada nos diálogos é explicada pelo fato de os monitores não conseguirem sozinhos observar regularidades entre grandezas e identificar anomalias teóricas ou experimentais.

3.3 EXPERIMENTO 2: EXPERIMENTO DA ARRUELA E PARAFUSO EM BARRA#

3.3.1 QUINTO ENCONTRO COM MONITORES: REALIZAÇÃO PRÉVIA DO EXPERIMENTO 2 PELOS MONITORES

Após a execução do experimento sobre a lei de Hooke e encontro para avaliação dessa atividade experimental em sala de aula, teve início o 2º experimento desse trabalho. Neste, o objetivo era a obtenção de velocidade constante relacionada com a 1ª e 2ª leis de Newton, usando um aparato experimental composto por uma arruela em movimento vertical por um parafuso em barra.

Figura 5 - Ilustração do aparato experimental usado no segundo experimento



Prof.º: Nesse experimento nosso objetivo é medir velocidade, já esperando que após as aproximações, o valor (velocidade) seja constante. Nós fizemos na lei de Hooke (experimento) com o objetivo de obter a constante elástica, agora vamos tentar outra grandeza (velocidade) constante, entendendo as forças envolvidas no processo.

Prof.º: Nós vamos fazer assim: usaremos um parafuso em barra (figura como essa que está toda marcada de 10 em 10 cm, para medir o intervalo de tempo vamos soltar sempre a arruela do início aqui em cima e soltar o cronômetro (iniciar medida do tempo), quando ela passar pela marca vermelha. Depois, vamos parar o cronômetro quando ela (arruela) passar por cada uma das marcas azuis da barra. Dentro do nosso objetivo, repetiremos a medição do tempo pelo menos três vezes para cada posição em que a arruela passar.

Monitor G e Monitor B para Prof.º: Solta daqui de cima? Aqui em cima é o zero ou nessa primeira marca (marca vermelha)?

Prof.º: Solta lá (arruela), o zero é nessa (Professor indica com o dedo) primeira marca (vermelha).

Aqui, o professor expõe como realizar o experimento, apresentando inicialmente os conceitos físicos (**função 1**), mas com foco na instrução sobre os procedimentos experimentais (**função 6**). O objetivo é o estudo do movimento de queda da arruela pelo parafuso em barra, verificando a velocidade constante.

Os primeiros questionamentos dos monitores ressalta a função 6, levantada nesse momento.

Prof.º: *Então, olhem aqui, quando eu solto a arruela, ela desce, com esse movimento interessante. Agora, quando eu a solto sem a barra rosqueável, ela cai em queda livre. Qual é a diferença que vocês perceberam?*

Monitor F: *Ela desce mais devagar na barra.*

Prof.º: *Ok, por quê?*

Monitor J: *É que ela (arruela) vai se encostando à barra que diminui sua velocidade.*

Prof.º: *Isso mesmo, vamos perceber com os experimentos que apesar de erros experimentais, essa velocidade é praticamente a mesma, ou seja, é constante.*

Nesses diálogos, após explicação do procedimental da atividade experimental, o professor propõe então a discussão das causas do movimento observado para a descida da arruela pelo parafuso em barra (**função 1**). Na sequência, o professor propõe que tal movimento da arruela deva apresentar valores constantes (**funções 3 e 4**).

Prof.º: *Mas, e quais as forças que estão atuando na arruela?*

Monitora R: *A gravidade que a faz cair*

Monitor J: *E o atrito com a barra, que segura ela.*

Prof.º: *Isso mesmo. Vou definir melhor em sala com todos os alunos, mas já adianto que se a velocidade é constante, é porque a força de atrito anula a força peso, sabendo que as duas (forças) existem durante todo o movimento. Consideraremos em nosso experimento que uma (atrito) cancela a outra (força peso).*

Na sequência, o professor continua a tratar da forças envolvidas no experimento (**função 1**), explica ainda um aspecto da teoria que se entrelaça com o experimento (**função 3**), destacando a presença de valores constantes para a velocidade. (**função 4**)

Prof.º: *Vamos para a prática (realizar medidas). Para usar o cronômetro, faz assim: (prof.º pega o cronômetro) com o dedão solta (inicia) e para com o indicador zera novamente.*

Monitor F: Começa daqui de cima (extremo superior) até os 10 cm?(primeira marca vermelha).

Prof.º: Não, a partir da marca vermelha (inicia as medições do tempo) que aqui nesse trecho (anterior à 1ª marca) alunos tem um tempo para que se acostumem (consigam se preparar) com o movimento dela (arruela).

Monitor F: está bom assim? (aluno aponta para movimento da arruela)

Prof.º: Deixa eu ver. O movimento está legal. (arruela não trava).

Monitor F: Tem certeza?

Prof.º: Sim.

Acima, mais uma vez há a explicação de aspectos relacionados à maneira correta de se realizar medições dos intervalos de tempo com o cronômetro digital. **(função 6)**. Aqui, o Monitor F busca a confirmação de que está realizando a atividade da maneira correta para produção de resultados condizentes com o esperado **(função 3)**.

Monitor B: Vou soltar daqui (em cima) e na hora que passar pela marca (vermelha) você (**Monitor F**) aperta (inicia a marcação com o cronômetro)

Monitor F: Vamos testar antes de começar a marcar (anotar os valores do tempo na tabela).

Nesse diálogo entre os dois monitores destacam-se as falas relacionadas ao procedimental correto de fazer as medições. **(função 6)**. Novamente, os diálogos tratam da dúvida que se tornou comum entre os monitores: aquela relacionada com a posição que os alunos deveriam iniciar as medições do tempo com o cronômetro. **(função 6)**

Monitor F: Prof., quando a arruela para no meio do parafuso?

Prof.º: Deixa o parafuso em barra reto ou troca a arruela. Há algumas que descem melhor que outras.

Monitor G: Ela vai certo aqui. Na sequência, quase para e depois continua.

Prof.º: A barra pode estar torta.

Monitor B: Três dá certinho aqui. Depois ela quase para.

Prof.º: Vamos passar óleo lubrificante (WD-40). Vamos também trocar a arruela, essa não está legal. Há muitas para testar lá!

Monitor B: ok.

Na análise dos diálogos durante a fase de execução do experimento, é possível perceber que esse aparato experimental exige maiores cuidados para obtenção de valores considerados adequados. **(função 6)**

Profº: Lembrem-se de testar a arruela antes. Há algumas que vão até a metade e depois param. Vamos tentar manter a mesma arruela até o final.

Monitor G: Profº, no nosso caso, há alguns lugares em que a arruela parece frear um pouquinho, mas depois volta ao normal (aparenta manter uma velocidade constante).

Profº: Pode deixar essa pequena diferença, depois tira na média (aritmética dos valores experimentais). Por isso que eu pedi para fazer três vezes. Essas pequenas diferenças somem na hora de fazer a média. As barras, como não são muito grossas, entortam fácil. Esta é a explicação de que em alguns pontos a arruela faz isso

A questão de manutenção de uma velocidade constante **(função 4)** foi destacada pelo Monitor G, dificuldade que irá permear outros momentos dialógicos também **(função 6)**. Ressalta-se ainda uma inserção por parte do professor sobre análise estatística. (Cálculo de médias experimentais)

Monitora R: Prof.º dá outro cronômetro, esse aqui fica apertando duas vezes na hora de parar e está atrapalhando os experimentos.

Monitor M: Vamos arredondar aqui mesmo, é quase nada.

Monitora R: É nada, essa diferença é muita coisa!

Aqui, ao realizar os experimentos, a monitora percebe um defeito no instrumento de medida **(função 6)** que pode gerar valores experimentais não muito bons, chegando mesmo até corrigir o outro estudante que considera aproximar os resultados obtidos. **(Função 3)**.

Monitor M: Prof.º, é só para marcar os segundos? (dúvida se anota os centésimo de segundo)

Prof.º: Isso, é só para marcar os segundos.

Monitora R: Precisa marcar o que vem depois dos segundos?(centésimos) ou só os segundos? (valores inteiros)

Prof.º: Pode marcar tudo, pois isso faz com que os valores da velocidade fiquem mais precisos (constante).

É nítido que os dois monitores ficam com dúvida sobre a forma de marcação de tempo, pois, provavelmente, estão acostumados a medir tempo em minutos e

apenas com valores “redondos” (**função 6**). Assim, justifica-se que o professor explicita a obtenção de valores experimentais que se ajustem ao esperado (**função 3**).

Monitor A: *É impressão minha ou tudo está dando o mesmo tempo?*

Monitora L: *Acho que é para dar isso mesmo.*

Prof.º: *Isso, vocês perceberam que para os deslocamentos iguais, os tempos experimentais são praticamente os mesmos?*

Monitor A: *Sim, estranho!*

Monitor A: *Por quê?*

Monitora L: *É que daí a velocidade deve ser a mesma.*

Prof.º: *Exato.*

Nesse diálogo, observa-se que algo inesperado motiva um dos monitores a questionar a outra monitora (**função 7**), que estava mais atenta as discussões de velocidade constante e suas causas no experimento (**função 1 e 6**), apoiada pela aprovação do professor (**função 3**).

Monitor B: *Como se calcula a velocidade mesmo?*

Prof.º: *Distância pelo tempo. Divide-se a distância pelo tempo.*

Monitor G: *Prof.º, é tempo dividido pela distância?*

Prof.º: *Não, a distância pelo tempo. Deve dar um valor próximo do outro (constante).*

Aqui se nos apresenta um aspecto da prática pedagógica: o processo de ensino não se baseia em apenas uma explicação única pelo professor (**funções 1, 3 e 4**), “[...] mas sim num intenso processo dialógico entre professor e alunos. O professor vai, a cada momento da aula, sanando as dúvidas dos alunos, preenchendo suas lacunas e desenvolvendo suas ideias em relação ao conteúdo”. (ARRUDA; SILVA; LABURU, 2001, p.105).

Monitor M: *Prof.º, não está dando errado isso aqui, não?*

Monitora R: *Por que **Monitor M**? O que você fez de errado agora?*

Monitor M: *Não sou eu, na hora que calculo a velocidade, os resultados são os mesmos, fica constante.*

Monitora R: *Como o Prof.º falou, está certo. É para a velocidade ficar constante mesmo, é aquele negócio de uma força anular a outra.*

Prof.º: *Exato. Quando a força resultante é nula, a velocidade pode ser zero ou constante.*

Novamente, uma anomalia aparente (**função 7**) proporcionou inicialmente uma busca da Monitora R no sentido de se detectar uma falha no procedimento experimental (**função 6**). Porém, o Monitor M, ao calcular a velocidade e perceber sua regularidade (**função 4**), gera uma aparente contradição (**função 7**), mesmo com a explicação anterior do professor. Em seguida, a outra monitora explica os resultados de acordo com a causa do movimento (**funções 1 e 3**), acompanhada da confirmação do professor, ressaltando a articulação entre resultados experimentais e fundamentos da dinâmica.

***Monitor F:** Prof.º, já fizemos as três vezes que você falou, mas por incrível que pareça, toda vez quando soltamos a arruela, tenho quase certeza que vejo ela arrancar. Porém, na hora que medimos o tempo e calculamos a velocidade, os valores sempre são os mesmos!*

***Prof.º:** É por isso que na Física usamos aparelhos para medir as grandezas. Nesse caso, acho que de forma muito rápida, no início do movimento, a arruela deva ter uma aceleração, porém, rapidamente, a força de atrito anula o peso e passa a cair com velocidade constante.*

Nesse trecho, há uma discussão muito interessante entre o Monitor F e o professor em que se destaca outro aspecto desafiador da prática pedagógica em Física, qual seja, é a superação, ao menos dentro dos chamados conceitos prévios (**função 7**) ou concepções alternativas baseadas apenas nas impressões sensoriais e empíricas do estudante como na fala do Monitor F. (Em relação a sua impressão de uma aceleração no movimento) No contexto, o professor explica a questão da superação do empirismo na Física e também menciona a parte teórica do paradigma. (**funções 1 e 6**)

***Monitor J:** Estranho que praticamente em todos os experimentos que fazemos em Física, alguma coisa fica sempre com o mesmo valor.*

***Prof.º:** As constantes na Física são bem importantes, pois definem características de materiais ou estão relacionadas com o comportamento dos corpos, entre outras coisas.*

Nesse diálogo é possível observar que um dos alunos ainda durante a realização do experimento percebe e faz uma observação interessante sobre as

constantes obtidas (**função 4**), comparando duas atividades experimentais realizadas. Essa anomalia aparente (**função 7**) em seu conhecimento gera uma discussão, tendo o professor que explicar sobre o papel das constantes na Física. (**funções 1 e 3**).

Prof.º: *O que vocês entenderam do experimento realizado?*

Monitor G: *Que a força que faz a arruela descer é a gravidade e que faz com que ela desça mais devagar do que se fosse solta é o atrito com a barra;*

Monitor J: *É aquele esquema em que uma força contrária atrapalha a outra.*

Os diálogos estão baseados no entendimento das causas do movimento da arruela pela barra, sentido do fenômeno físico em si (função 1), revelando que os monitores compreenderam as causas do movimento proposto (**função 3**).

3.3.2 SEXTO ENCONTRO COM MONITORES: PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO 2#

Prof.º: *Acho que como vai demorar (fazer as medições), vou levar a tabela pronta para ficar mais rápido (prática em sala de aula), na hora de vocês fazerem aqui, (antes de iniciar as medições) testem a arruela, pois nem todas descem “legal” (movimento contínuo), como vocês estão vendo aqui (alunos olham para aparato na mão do Prof.º).*

Monitor F: *Melhor mesmo porque no outro experimento ficou difícil fazer o gráfico no papel milimetrado na mesma aula de “tirar” os dados.*

No primeiro momento dialógico destacado acima, é possível observar um dos monitores (Monitor F) percebendo a organização do tempo de execução dos alunos em sala e sugerindo a separação em dois momentos: o primeiro com a obtenção de valores experimentais (função 6) e, na sequência, a confecção de gráficos.

Prof.º: *Eles (alunos) podem usar o celular para marcar o tempo se vocês (monitores) quiserem ou acharem melhor. Mas não vamos usar o “cronômetro de volta” (opção do cronômetro) não, vamos fazer o trabalho mais duro mesmo (medir o intervalo de tempo desde o ponto inicial até cada posição assinalada em vermelho).*

Monitor G: *Esses cronômetros do “Estado” são ruins, porque os botões ficam travando.*

Na sequência da proposta de análise, as falas estão pautadas na qualidade dos cronômetros (**função 2**) a serem utilizados nesse experimento e também na instrução fornecida pelo Prof.^o sobre as maneiras que ele gostaria que fossem encaminhadas as medições dos intervalos de tempo. (**função 3 e 6**)

Monitor J: Não seria mais fácil medir o tempo (intervalo) de cada distância (cada posição com marcação) de 10 cm, já que os celulares têm cronômetro com essa função?

Prof^o: Seria possível, mas eu achei que deixando sempre o inicial (posição e tempo) como zero, fica mais fácil para eles (alunos) entenderem o experimento e fazer os cálculos (velocidade).

O questionamento do Monitor J é interessante, pois o aluno revela conhecer uma maneira que considera ser mais fácil de realizar medidas (**função 6**). Na continuidade das falas, o professor salienta a outra maneira explicada anteriormente, pois julga que deverá ser mais inteligível para os estudantes. (**função 3**)

Prof^o: Olha como ficou a escala do gráfico (Prof.^o aponta para gráfico fornecido aos estudantes) para mim?

Monitor G: Mas a escala está errada aqui (tem um espaçamento maior do que os outros no eixo das abscissas).

Prof^o: Foi erro meu, acabei não vendo na hora da impressão do gráfico.

Monitor J: Agora risca tudo (a escala) e faz outra?

Prof^o: Não, deixe assim mesmo, só cuidado na hora de ajudá-los (alunos) a fazer o gráfico. Já imprimir para todas as turmas, se não vou ter que fazer tudo de novo.

A partir de uma falha identificada na escala do gráfico, o professor alerta os monitores para que, no momento da execução da atividade pelos alunos, tomem cuidado com a linearidade esperada da linha experimental. (Função 3 e 6).

Monitora R: Prof.^o, acho legal identificarmos a arruela e a barra com o mesmo número, assim, já sabemos qual combina melhor (obtem melhores valores experimentais) e fica mais prático na sala de aula.

Prof^o: Isso, ótima ideia **Monitora R!** Pessoal, vamos seguir a dica dela (**Monitora R**) e já deixar as arruelas com o mesmo número do parafuso no qual elas (arruelas) descem melhor. Vamos deixar umas cinco (arruelas) para cada grupo de alunos.

Monitor G: Quantos grupos a gente separa?

Prof.º: *Vamos deixar pronto (aparatos) para oito (grupos), porque se der problema em algum parafuso na hora, nós trocaremos. (o parafuso).*

Monitor J: *Com mais grupos (por sala), também fica menos gente (em cada grupo) e fica melhor de fazer o experimento do jeito certo (mais fácil para monitores auxiliarem).*

Monitor B: *Eu acho que só deu três (arruelas) boas por grupo Prof.º*

Prof.º: *Já é o suficiente.*

Nesse último momento da fase de preparação do 2º experimento, é interessante destacar a sugestão da Monitora R que apresenta uma proposta de facilitar a execução dessa atividade experimental pelos alunos. **(função 3 e 6)**. Tais funções são reforçadas pela fala do Monitor J.

3.3.3 SÉTIMO ENCONTRO COM MONITORES: APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 2 EM SALA

Os momentos dialógicos separados para análise se referem à aplicação em sala do segundo experimento relativo a esse trabalho, no qual, os monitores auxiliam os alunos na execução dos procedimentos experimentais.

Prof.º [para alunos e monitores]: *Coloca o suporte com o parafuso em barra no chão, pois é melhor. (Professor pede para tirar o aparato das mesas).*

Monitora R [para demais monitores]: *Coloca o parafuso (suporte com parafuso) no chão.*

Nesse segundo experimento, o parafuso em barra utilizado possuía 1 m de comprimento total. Dessa maneira, ao início da execução da atividade em sala, os alunos e monitores deixaram o aparato sobre as mesas, fato que dificultava a execução experimental. Atento a esse aspecto, o professor chama a atenção dos alunos. **(função 6)**.

Monitora R [para Prof.º]: *Fala para a sala (alunos e monitores) deixarem a parte “gordinha” da arruela para cima, pois assim, ela descer melhor.*

Prof.º [para Monitora R]: *Passa essa dica para os monitores.*

Monitora R: *Para demais monitores: Deixa a parte “gordinha” da arruela para cima, pois o movimento é melhor (valores experimentais da velocidade ficam mais próximos do esperado).*

A Monitora R se destaca ao observar maneiras pelas quais a execução dos procedimentos seja mais adequada aos propósitos, assim como detalhes no sentido de obtenção de valores experimentais precisos, dentro daquilo que é esperado. **(funções 2, 3 e 6).**

Tal aspecto é comprovado nas falas acima, pois as arruelas possuem um dos lados mais arredondado do que o outro.

***Aluno:** Nossa a do grupo de vocês (aluno observa resultados de outro grupo) está indo rápido. A nossa (arruela), está mais devagar!*

***Monitor M:** Profº, essa aqui (arruela) está lerda demais, como é que faz?*

***Profº:** Está muito devagar (arruela)?*

***Monitor M:** Devagar demais, quase parando. Está indo (arruela não enrosca), porém, devagar.*

***Profº:** Se quiser, troca a arruela e começa de novo (medidas do intervalo de tempo).*

***Monitor M:** Vou trocar (arruela) para ver se a velocidade dela (arruela) fica próxima da outra (arruela referente ao grupo mais rápido).*

Nos diálogos acima, a observação da diferença na rapidez da arruela entre dois grupos de alunos gera questionamentos **(funções 1 e 7)** por um destes. Na sequência, o Monitor M, com intuito de obter resultados experimentais próximos entre os grupos, resolve por trocar a arruela **(função 3 e 6).**

***Monitor B:** Testa as arruelas, vê qual que está melhor (desce sem enroscar pelo parafuso) e mantém-na (arruela). Vocês não podem ficar trocando de arruela no meio do experimento.*

***Aluno:** Como vamos saber? (qual arruela usar)*

***Monitor B:** Testa primeiro (as arruelas). Pega a mais rápida (entre as testadas) que é a melhor. Você (aluno) vai pôr a arruela aqui (extremo superior do parafuso em barra) e, quando chegar na 1ª marca vermelha, você solta o cronômetro (inicia marcação do tempo) e marca o tempo (intervalo) para cada marca vermelha (que a arruela passar).*

***Aluno:** Monitor B, tem que fazer com as três arruelas depois?*

***Monitor B:** Não, só aquela que foi melhor.*

No trecho acima, o Monitor B explica aos alunos sobre a necessidade de se testar previamente o material e depois os instrui sobre o procedimental correto para obtenção das medidas dos intervalos de tempo. **(Funções 3 e 6).**

Monitor M (para um grupo de alunas): Troca a arruela por que ela está descendo e escorregando. Isso não pode acontecer, tem que dar velocidade constante.

Alunas: está! Começa tudo de novo?

Monitor M: Sim, tudo de novo (fazer medições do intervalo de tempo, mas testa ela (arruela) antes de marcar aqui (indica a tabela experimental)).

Na sequência, mais uma participação do Monitor M, no sentido de corrigir os procedimentos realizados pelos estudantes (**função 6**), ao observar uma falha no movimento da arruela (**funções 3 e 4**).

Monitor J (para o grupo: Não pode parar ela (arruela) não.

Aluna: Por que não? Ela (arruela) chegou à marca! (marca vermelha)

Monitor J: Assim, você (aluna com cronômetro) para o tempo assim que ela (arruela) passar pela marca (azul), mas só pega ela (arruela) com a mão um pouco depois da marca. Às vezes eu vi que você (aluna) está pegando ela (arruela) antes de chegar à marca (passar pela posição correta).

Nos diálogos, novamente, um dos monitores (**Monitor J**) corrige os procedimentos executados por um grupo de alunas (**função 3 e 6**).

Monitor B (para o grupo: Como está dando os valores?

Aluno: Como assim?

Monitor B (para o grupo): Os valores do tempo?

Aluno: Estamos marcando (na tabela experimental)

Monitor B: Deixe-me ver aqui. (olha a tabela experimental) Os valores estão bons (intervalos de tempo), pode continuar (as medições).

Aluno: Obrigado.

É interessante destacar no trecho acima a atuação do monitor na verificação quanto às medições realizadas pelos alunos (**função 6**), com a consequente avaliação positiva dos valores obtidos de acordo com o esperado. (**função 3**).

Monitor B: Pega os três (intervalos de tempo), soma tudo e divide por três. (Para obter a média dos tempos para cada posição).

Aluna: Mas deram os três números iguais (intervalos de tempo). Vai dar o mesmo (média coincide com cada valor experimental) não é?

Monitor B: Sim.

Aluno: Pega só o primeiro número ou também depois da vírgula?(cálculo da média dos intervalos de tempo)

Monitor B: Pega dois (números) depois da vírgula.

Nesse fragmento temos um diálogo relacionado ao trato de valores experimentais (**funções 3 e 6**), em que o monitor explica ao aluno como obter a média dos intervalos de tempo e, após isso, a anotação de tais valores com o uso de duas casas experimentais após a vírgula. Isto porque, esse aluno já havia sido orientado pelo professor nas fases anteriores.

3.3.4 OITAVO ENCONTRO COM MONITORES: DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO 2 PÓS SALA#

Prof.º: Pessoal (monitores), nesse 2º experimento, o que vocês (monitores) acharam da aplicação em sala de aula?

Monitora A: Os cronômetros deram problema. (Botões enroscavam)

Profº: É. Se eu tivesse levado só uns cinco cronômetros, já teria problemas porque tem que pensar (o professor)em levar (materiais) sempre a mais para substituir aqueles que falham.

No momento dialógico acima, acerca da avaliação da aplicação do 2º experimento em sala, as falas especificam alguns problemas com o cronômetro (**funções 2 e 6**), seguido de uma complementação do professor a respeito da organização de uma atividade experimental.

Prof.º: Pessoal (monitores), nesse 2º experimento, o que vocês (monitores) acharam da aplicação em sala de aula?

Monitor J: Alguns grupos ficaram bem constantes (intervalos de tempo), em outros variou (intervalos de tempo) um pouco.

Monitor A: Teve grupo que em 10 cm (trecho) deu baixo (velocidade diminuía), depois aumentou (velocidade) bastante.

Profº: Esse parafuso é relativamente fino, por isso, acaba entortando. E a arruela dá aquela “paradinha” (diminui velocidade) e depois continua (velocidade volta a aumentar), isso provoca pequenas variações de velocidade naquele trecho. Esse é o motivo de fazermos pelo menos três vezes (repetição das medidas de tempo) para termos uma média e conseguimos obter a velocidade constante depois. (Os cálculos de velocidade foram realizados em aulas posteriores à execução do experimento).

As falas acima se direcionam a qualidade dos valores experimentais obtidos pelos alunos (**funções 3, 4 e 6**), complementadas pela explicação do professor quanto às características do aparato (**função 2**) e, também, sobre o tratamento estatístico (média) dos dados obtidos. (**função 6**).

Profº: *O que vocês acharam de preparar uma aula assim? No caso, preparar uma aula prática.*

Monitor J: *Primeiro você (propositor de uma atividade dessa) tem que saber o que vai fazer (objetivo). Quando você se prepara (organiza tempo, material), é provável que dê tudo certo. (Funciona o uso de experimento com os alunos).*

Monitora R: *Quando nós fazemos (experimento) aqui (encontro antes da sala de aula) e entende os detalhes, fica fácil de explicar para os outros (alunos).*

Monitor F: *Eu gostei, achei legal!*

Monitor M: *É legal, tirando a parte que você tem que explicar várias vezes a mesma coisa, é tranquilo.*

Aqui nesse último momento dialógico destacado dentro da proposta de análise desse trabalho, é possível ressaltar a justificativa do uso de monitores no ensino experimental de Física, pois sem o auxílio desses, é dificultoso em vários aspectos para o professor preparar e executar todos os aspectos de um experimento.

Prof.º: *Pessoal (monitores), nesse 2º experimento, o que vocês (monitores) acharam da aplicação em sala de aula?*

Monitora Y: *Os cronômetros deram problema. (Botões enroscavam)*

Profº: *É. Se eu tivesse levado só uns cinco cronômetros, já teria problemas. Tem-se que pensar (o professor) em levar extra (materiais) para substituir aqueles que falham.*

Na sequência dialógica acima acerca da avaliação da aplicação do segundo experimento em sala, as falas especificam alguns problemas com o cronômetro (**funções 2 e 6**), seguido de uma complementação do professor a respeito da organização de uma atividade experimental.

Prof.º: *Pessoal (monitores), nesse 2º experimento, o que vocês (monitores) acharam da aplicação em sala de aula?*

Monitor J: *Houve grupos que “deu” bem constante (intervalos de tempo), em outros, variou (intervalos de tempo) um pouco.*

Monitor A: Teve grupo que em 10 cm (trecho) deu baixo (velocidade diminuía), depois aumentou (velocidade) bastante.

Profº: É que esse parafuso é relativamente fino. Assim, acaba entortando e a arruela dá aquela “paradinha” (diminui velocidade) e depois continua (velocidade volta a aumentar). Tal fato provoca pequenas variações de velocidade naquele trecho. Por isso deve-se fazer pelo menos três vezes (repetição das medidas de tempo) para termos uma média e conseguimos obter a velocidade constante depois. (Os cálculos de velocidade foram realizados em aulas posteriores à execução do experimento).

Acima, as falas se direcionam a qualidade dos valores experimentais obtidos pelos alunos (**funções 3, 4 e 6**), complementadas pela explicação do professor quanto às características do aparato (**função 2**) e, ainda, sobre o tratamento estatístico (média) dos dados obtidos. (**função 6**)

Profº: O que vocês acharam de preparar uma aula assim? Ou seja, preparar uma aula prática?

Monitor J: Primeiro você (propositor de uma atividade dessa) tem que saber o que vai fazer (objetivo). Quando se prepara (organiza tempo, material), há grande possibilidade de dar certo. (Funciona o uso de experimento com os alunos)

Monitora R: Quando a gente faz (experimento) aqui (encontro antes da sala de aula) e entende os detalhes, fica fácil de explicar para os outros (alunos).

Monitor F: Eu gostei, achei legal!

Monitor M: É legal, tirando a parte que você tem que explicar várias vezes a mesma coisa, é tranquilo.

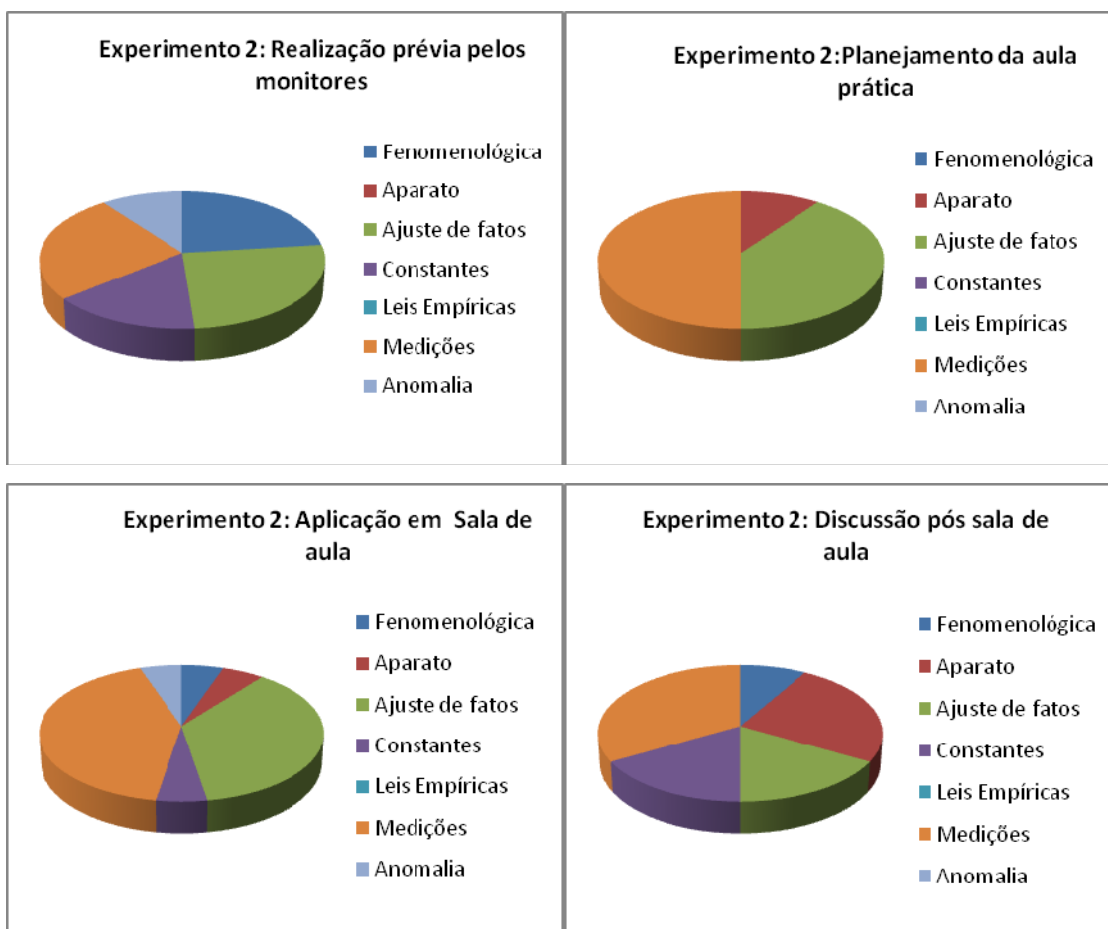
Aqui, é possível ressaltar a justificativa do uso de monitores no ensino experimental de Física, pois sem o auxílio desses, é muito trabalhoso em vários aspectos para o professor preparar e executar todas as fases de um experimento.

3.3.5 COMENTÁRIOS SOBRE EXPERIMENTO 2: ARRUELA E PARAFUSO EM BARRA#

A fim de sistematizar e quantificar as categorias de análise identificadas nos diálogos entre os participantes desse trabalho, foram produzidos quadros e gráficos que ilustram a frequência de cada função do experimento nessa segunda atividade experimental proposta.

Quadro 3 - Organização das frequências das categorias para o experimento 2

Experimento 2: Estudo do movimento da arruela		
Quantidade de momentos dialógicos*	Objetivo do Encontro com Monitores	Categorias de análise (funções do experimento)
15	Realização prévia do experimento pelos monitores	1. (Fenomenológica)
		2. (Aparato)
		3. (Ajuste de fatos)
		4. (constantes Físicas)
		5. (Leis empíricas)
		6. (Medições)
		7. (Anomalia)
5	Planejamento da aula experimental	1. (Fenomenológica)
		2. (Aparato)
		3. (Ajuste de fatos)
		4. (constantes Físicas)
		5. (Leis empíricas)
		6. (Medições)
		7. (Anomalia)
8	Aplicação do experimento em sala de aula	1. (Fenomenológica)
		2. (Aparato)
		3. (Ajuste de fatos)
		4. (constantes Físicas)
		5. (Leis empíricas)
		6. (Medições)
		7. (Anomalia)
6	Discussão pós sala de aula	1. (Fenomenológica)
		2. (Aparato)
		3. (Ajuste de fatos)
		4. (constantes Físicas)
		5. (Leis empíricas)
		6. (Medições)
		7. (Anomalia)

Gráfico 2 - Frequência das categorias de análise para Experimento 2

No segundo experimento desse trabalho é possível observar que a frequência relativa às funções da experimentação se mantiveram aproximadamente com a mesma proporção do experimento da lei de Hooke, com destaques para a funções 3 (ajuste de fatos) e função 6 (discussões sobre medições).

Contudo, as características específicas desse segundo experimento proposto proporcionou maior quantidade de discussões a cerca do aparato experimental empregado, principalmente durante a fase de avaliação pós sala de aula.

Ressalta-se ainda a presença da primeira função (fenomenológica) em praticamente todos as fases do experimento 2, propostas em sua maioria pelo professor com o intuito principal de discutir alguns conceitos físicos relacionados à prática experimental proposta.

A função 7 se apresenta principalmente durante a realização prévia pelos monitores em que foi possível perceber que a manipulação do segundo experimento pôde gerar alguns conflitos conceituais nos monitores, principalmente quanto à expectativa de um movimento acelerado para a arruela.

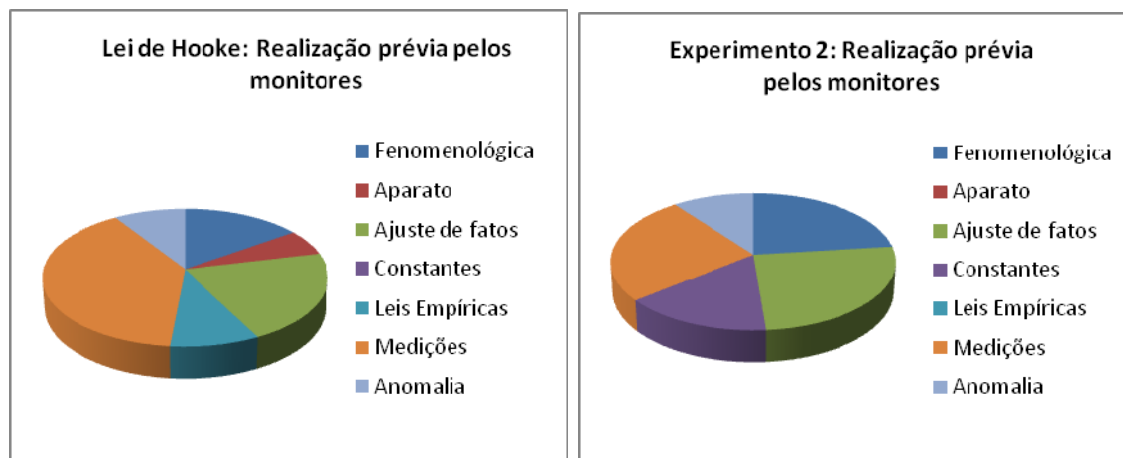
3.4 ANÁLISES COMPARATIVAS ENTRE OS EXPERIMENTOS EMPREGADOS#

Com a finalidade de aprimorar a proposta de análise em termos das funções da experimentação ao longo desse trabalho, foram construídos quadros comparativos e gráficos a fim de se visualizar concomitantemente as frequências das categorias de análise nas duas atividades experimentais desenvolvidas.

Quadro 4 - Comparação quantitativa entre os dois experimentos

		Experimento 1	Experimento 2
Encontro com monitores	Função do experimento	Frequência das funções	Frequência das funções
Realização prévia do experimento pelos monitores	1. (Fenomenológica)	5	9
	2. (Aparato)	2	Nenhuma
	3. (Ajuste de fatos)	7	10
	4. (Constantes Físicas)	Nenhuma	6
	5. (Leis empíricas)	3	Nenhuma
	6. (Medições)	13	10
	7. (Anomalia)	3	4
Planejamento da aula experimental	1 (Fenomenológica)	2	Nenhuma
	2. (Aparato)	Nenhuma	1
	3 (Ajuste de fatos)	4	4
	4 (Constantes Físicas)	4	Nenhuma
	5 (Leis empíricas)	1	Nenhuma
	6 (Medições)	5	5
	7 (Anomalia)	1	Nenhuma
Execução do experimento em sala de aula	1 (Fenomenológica)	1	1
	2. (Aparato)	Nenhuma	1
	3 (Ajuste de fatos)	7	7
	4 (Constantes Físicas)	2	1
	5 (Leis empíricas)	Nenhuma	Nenhuma
	6 (Medições)	5	8
	7 (Anomalia)	Nenhuma	1
Discussão pós sala de aula	1 (Fenomenológica)	1	Nenhuma
	2. (Aparato)	1	3
	3 (Ajuste de fatos)	2	2
	4 (Constantes Físicas)	1	2
	5 (Leis empíricas)	1	Nenhuma
	6 (Medições)	4	4
	7 (Anomalia)	Nenhuma	Nenhuma

Gráfico 3 - Comparação entre os dois experimentos na fase de realização prévia



Durante a fase de realização prévia (gráfico) é possível observar a presença de praticamente todas as categorias de análise em ambos os experimentos propostos, com diferentes proporções, devido à especificidade de cada um destes.

A presença da função 1 (fenomenológica) é maior no experimento 2, pois houve uma preocupação em se discutir as causas do movimento da arruela pelo parafuso em barra.

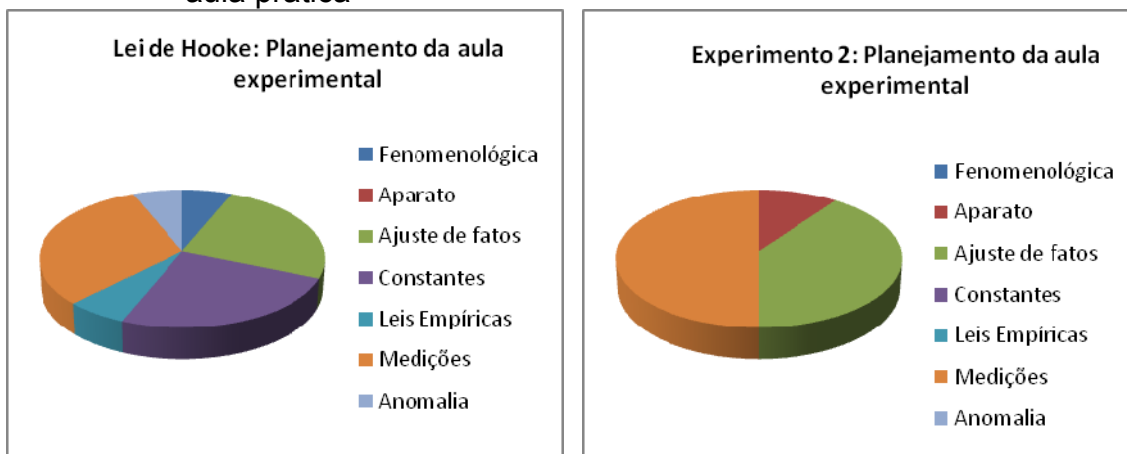
Em ambos os experimentos, há presença significativa da função 3 (ajuste de fatos), pois o professor procura ajustar a obtenção dos dados de forma condizente com a teoria em estudo.

Houve ainda uma quantidade significativa de discussões sobre as constantes Físicas no segundo experimento em contraste com o primeiro, no qual, os diálogos tinham como foco principal, a manipulação do aparato experimental.

Mediante indicação do professor, durante a realização do experimento sobre a lei de Hooke, alguns monitores indicaram em suas falas uma possível observação de proporcionalidade entre as grandezas Físicas, revelando a presença da função 5 (leis empíricas).

A presença da função 7 (Anomalia) foi observada, sobretudo, no experimento 2, devido principalmente à aparente necessidade de uma aceleração no movimento da arruela, levantada por alguns monitores.

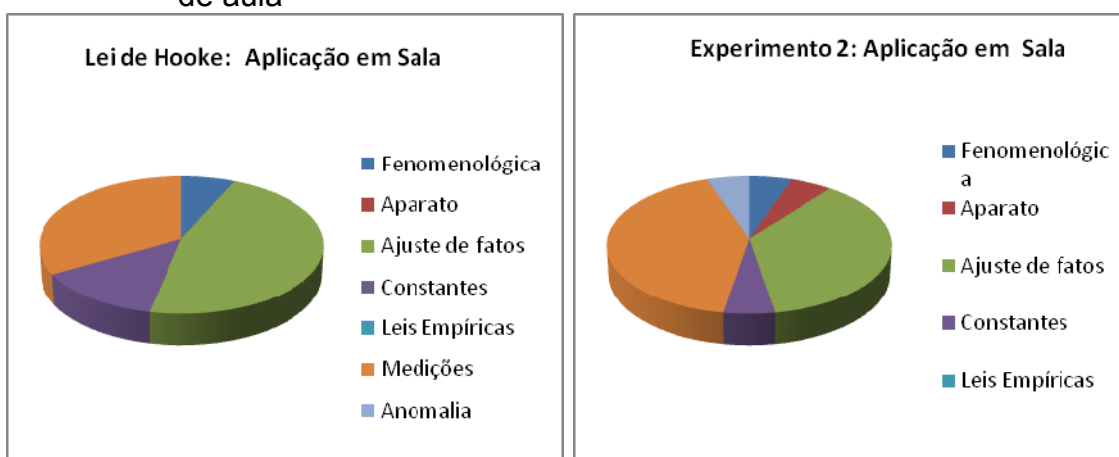
Gráfico 4 - Comparação entre os dois experimentos na fase de planejamento da aula prática



Nos encontros para planejamento das aulas experimentais, a distribuição das frequências das funções sofreu modificações marcantes entre os dois experimentos propostos.

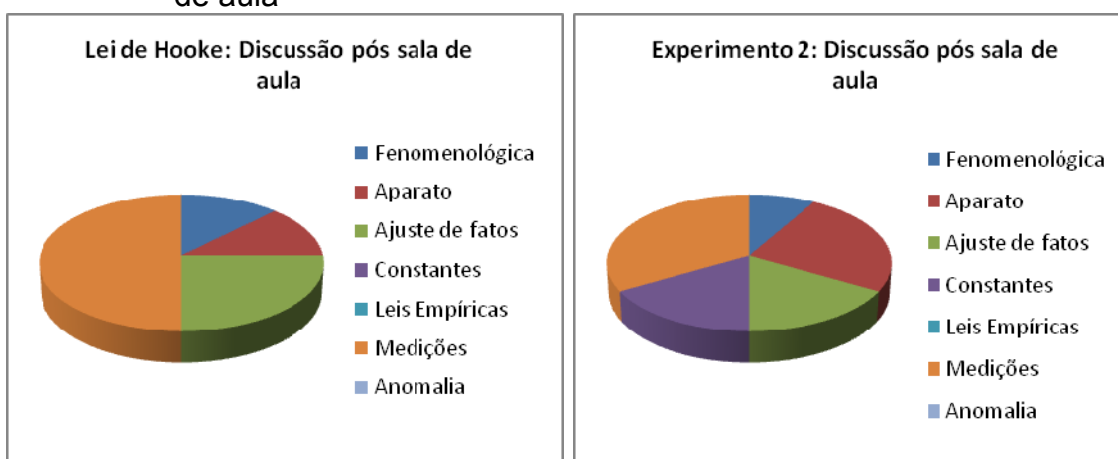
Enquanto no encontro relativo à lei de Hooke, destacou-se a função 4 (constantes físicas), no outro, os diálogos levantados se relacionavam, em sua maioria, com procedimentos experimentais corretos (funções 3 e 6). Isso ocorreu devido ao experimento da lei de Hooke ser para muitos monitores o primeiro contato com uma atividade experimental quantitativa ao longo de sua vida escolar, fato motivador de muitos questionamentos por parte destes. Outro motivo foi devido as características específicas relacionadas com cada uma das montagens experimentais e, também, do objetivo almejado pelo professor em tais atividades.

Gráfico 5 - Comparação entre os dois experimentos na fase de execução em sala de aula



Durante a execução em sala de aula é possível destacar em ambos os experimentos a predominância das funções 3 (ajuste de dados) e 6 (medições), pois, nessa fase, os monitores buscavam instruir aos alunos como proceder corretamente para que os resultados obtidos pudessem se ajustar à teoria correspondente. Isso só foi obtido porque os monitores já se encontravam instruídos pelo professor sobre quais os dados experimentais resultariam no melhor acordo com as teorias relacionadas a cada um dos experimentos.

Gráfico 6 - Comparação entre os dois experimentos na fase de avaliação pós sala de aula



Durante a avaliação realizada pelos monitores pós aplicação dos experimentos nas salas de aula, houve um foco maior na discussão de aspectos construtivos dos aparatos experimentais que puderam influenciar nos valores obtidos nas fases anteriores do trabalho.

Destaca-se também a presença de discussões referentes aos conceitos físicos (função 1), revelando que mesmo após as fases anteriores, os monitores ainda continuavam com dúvidas conceituais e fenomenológicas, ressaltando o importante papel do professor como ajustador dos fatos experimentais com os paradigmas.

Nessa fase, o segundo experimento se diferencia em relação ao primeiro devido à frequência maior da função 2 (apareto experimental), uma vez que as características do aparato proporcionou maior quantidade de discussões e questionamentos por parte dos monitores.

Junto da segunda função, outro destaque é a frequência da função 4 nesse segundo experimento, já que as discussões sobre o aparato tinham como objetivo buscar a determinação de uma velocidade constante para o movimento da arruela pelo parafuso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no artigo de (ARRUDA et al, 2001), que toma por base as ideias de Kuhn, a função do professor seria a de ensinar os paradigmas que predominam na ciência normal, levando em conta que eles formam um amálgama entre os aspectos teóricos e os dados experimentais.

Dentre as quatro funções do experimento no ensino de Física propostas na *concepção adaptativa do laboratório didático* e especificadas nessa pesquisa como sete funções da experimentação, as que mais se destacaram foram a função 3 (ajuste de fatos) e a função 6 (discussões sobre medições).

Discussões sobre medições é parte inerente a qualquer atividade prática, sendo esperada sua grande frequência em todas as etapas desse trabalho.

Quanto ao ajuste de fatos experimentais às teorias vigentes, fez parte da atuação do professor como caminho pedagógico natural dentro de uma perspectiva epistemológica inspirada em Thomas Kuhn. Os monitores compartilharam desse papel principalmente durante a execução dos experimentos em sala de aula, pois já estavam previamente instruídos pelo docente.

Houve menor quantidade de discussões a respeito dos fenômenos físicos envolvidos, especialmente sobre características do aparato experimental e, também, sobre a determinação de constantes físicas.

Em relação à obtenção de leis empíricas e mesmo sobre as interpretações das atividades experimentais no ensino de Física – especialmente para os estudantes não monitores – pode-se dizer que a realização do experimento por si só, diretamente da observação de resultados, não faz com que os alunos estabeleçam as relações entre as grandezas, leis ou teorias, pois para Arruda, Silva e Laburu (2001, p. 104) “(...) *atividades experimentais como a observação de regularidades ou de relações entre variáveis podem representar um problema fora do alcance dos estudantes*”.

Em apenas alguns momentos foi possível identificar a função 7 (Anomalia) nos questionamentos de monitores e alunos, pois como mencionado em Arruda, Silva e Laburu (2001, p.105),

(...) é muito improvável que os estudantes, principalmente do ensino médio, dedutivamente, consigam dar conta satisfatoriamente de uma anomalia. Quase sempre caberá ao professor apontar as soluções e oferecer saídas que tornarão a atividade experimental dotada de sentido e interessante aos estudantes.

Neste estudo, foi possível identificar as funções da experimentação a partir de uma proposta para o ensino de Física inspirada na concepção adaptativa do laboratório didático.

Tal concepção ressalta o papel do professor de Física como propositor de atividades experimentais baseadas numa relação dialógica com os alunos, proporcionando a estes um ambiente de aprendizagem de conceitos científicos e, mais amplamente, de uma linguagem científica.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, S. de M; SILVA, M.; LABURU, C. E. Laboratório didático de Física a partir de uma perspectiva kuhniana. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.6, n.1, p. 97 -106 jun.2001.
- ARRUDA, S. de M; VILLANI, A. **Mudança conceitual no ensino de ciências**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v.11, n.3, p. 88-99, ago.1994.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. 37. ed. São Paulo: Saraiva 1991.
- DAVIDOVICH, L., **Óptica quântica e a luz do século 30**. Ciência Hoje, v.54, p. 16 – 31 mar. 2015.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 11. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013 60 p.
- KUHN, T. S. A função da medição na física moderna In:____. **A tensão essencial**. São Paulo: Editora Unesp, 2011. p. 195-340.
- KUHN, T.S. Tradição Matemática *versus* tradição experimental no desenvolvimento das ciências físicas. In:____ **A tensão essencial**. São Paulo: Editora Unesp, 2011. p. 55-89.
- LABURU, C. E; SILVA, O. H. M., da, O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 3, p. 731-734, jan. 2011.
- LABURU, C. E; SILVA, O. H. M., da FORÇA, A. C., Acurácia na retirada da medida instigada por uma estratégia de ensino de orientação kuhniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 34, n. 3, p. 3503(1-5), jun. 2013.
- MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. V. 13, n. 3: p. 164-314, dez. 1995.
- MORAES, R., Uma tempestade de luz: A compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**. Bauru, v.9, n.3, p. 191 -311 out. 2003.
- MOREIRA, M. A.; GREGA, I. M., A mudança conceitual: Análise crítica e propostas à luz da teoria da aprendizagem significativa. **Ciência & Educação**. Bauru, v.9, n.3, p. 301 – 315 2003.
- NASCIMENTO, C. A. R. do, Rogério Bacon e a ciência experimental. In: ALFONSO-GOLDFARB, A.M; BELTRAN, M.H.R., (Org.). **O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações**. São Paulo: Editora da PUC, 2006. P. 43 – 64.

PENA, F. L. A., Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V.34, n. 1, p.1701 (1-4), dez. 2013.

PÉREZ, D. G; MONTORO, I. F. ALÍS, J. C., CACHAPUZ, A., PRAIA, J, Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**. V.7, n.3, p.135-153, ago. 2001.

PIRATELO, M. V. **Um estudo sobre o aprendizado docente no projeto PIBID/UEL** – Licenciatura em Física, 2013. 135fls. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2013.

RIBEIRO, L.F., **Regras básicas para apresentação formal de trabalhos**. Universidade Estadual de Londrina. 2014. Disponível em <<http://www.uel.br>>. Acesso em: 01 abr.2015.

REYNAUD, S. A natureza do Fóton. **Scientific American Brasil**. N.39, p. 6 -11 2007.

SALVADEGO, W. N. C.; LABURU, C. E; BARROS, M. A., Uso de atividades experimentais pelo professor de Ciências Naturais no ensino médio: relação com o saber profissional. In: **CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA**, 1, 2009, Londrina. Anais... Londrina: UEL, 2009.

SHULZ, P. A., Duas nuvens ainda fazem mal a reputação de Lorde Kelvin. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V.39, n.4, p.509 – 513, 2007.

UENO, M. H. **A “tensão essencial” na formação do professor de Física: entre o pensamento convergente e o pensamento divergente**. 2004. 149fls. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2004.

VILAS BOAS, A.; PASSOS, M.M.; ARRUDA, S de M. Um levantamento sobre a produção de artigos referentes a experimentos para o ensino médio de física no ensino médio. In: **II SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 90**. 2010, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa: UTFPR, 2010.

WOLNEY, FILHO,W. Origens da Mecânica Quântica. In:____. **Mecânica Quântica**. Goiânia: Editora da UFG, 2003. p. 19 – 58.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Produto Educacional Associado à Dissertação

Esse produto educacional está associado à dissertação de mestrado que trata sobre as funções do experimento no ensino de física de nível médio com um referencial teórico derivado do trabalho de Thomas Kuhn.

Nesse aspecto, tal trabalho tem como objetivo principal propor uma sequência didática detalhada sobre a aplicação da concepção adaptativa do laboratório didático com monitores no Ensino Médio.

INTRODUÇÃO

Apesar de os inúmeros estudos sobre o ensino de Física discutirem e defenderem sob vários aspectos a importância do uso de atividades experimentais como facilitadora das relações de ensino e aprendizagem, cabe um questionamento que é inerente ao tema: para que serve o experimento no ensino de Física?

Essa pesquisa busca responder a questão de forma específica e se baseia no trabalho de Arruda, Silva e Laburu (2001) que desenvolveram uma proposta para o ensino de Física, denominada de *concepção adaptativa do laboratório didático*, segundo a qual, o experimento apresentaria quatro funções básicas: i) fenomenológica; ii) ajuste de fatos; iii) identificação de leis empíricas/medições/determinação de constantes; iv) detecção de anomalias;

Nesse trabalho, como contribuição a essa *concepção adaptativa*, apresentamos sete funções da experimentação após análise prévia dos dados coletados nos diálogos com os participantes do trabalho.

Portanto, essa pesquisa busca identificar e, se possível, evidenciar a presença das funções experimentais inspirada nas ideias de Kuhn, tendo como base os seguintes pressupostos: i) A Física é constituída por paradigmas que são estruturas gerais em que a parte teórica (teoria) vem junto com a parte experimental (os dados); ii) O professor tem de ensinar as duas partes; iii) Para ensinar a parte teórica, o professor expõe a teoria e resolve problemas; iv) Para ensinar a parte experimental, o docente deve ter em mente que os dados não são independentes da

teoria, mas parte dela, de modo que o que ele tem de fazer é demonstrar essa articulação, esse ajuste entre a teoria e os dados.

Diante disso, a educação científica no nível básico também pode ser considerada como uma analogia à preparação de cientista, como pode ser observada na teoria de Kuhn:

O estudo dos paradigmas (teorias) é o que prepara basicamente o estudante para ser membro da comunidade científica determinada na qual atuará mais tarde. Uma vez que ali o estudante reúne-se a homens que aprenderam as bases de seu campo de estudo a partir dos mesmos modelos concretos [...] (KUHN, 2011, p. 30).

Nesse sentido, o professor seria análogo ao cientista mais experiente e o aluno corresponderia ao cientista em formação.

REFERENCIAL TEÓRICO#

Em termos de implicações didáticas da visão kuhniana sobre a relação experimento/teoria, Arruda, Silva e Laburu (2001, p. 105) propõem uma *concepção adaptativa do laboratório didático*, na qual consideram o aprendizado científico essencialmente como a aquisição de um vocabulário ou de uma linguagem por meio da exposição do estudante aos exemplares, inclusive às situações experimentais e suas soluções. Nesse sentido, a tal concepção de laboratório entende que as atividades que serão desenvolvidas constituem um esforço em dar unidade ao discurso teórico experimental.

Então, em analogia ao que Kuhn designa ser a função do experimento no desenvolvimento da ciência, Arruda, Silva e Laburu (2001, p. 105-106) apresentam também quatro funções do experimento no laboratório didático, sendo as três primeiras as seguintes:

- (v) *A exploração da parte fenomenológica do paradigma, o que poderia envolver a construção de equipamentos;*
- (vi) *A produção de fatos que se ajustem com precisão a determinadas consequências do paradigma;*
- (vii) *A articulação da teoria através da determinação de constantes Físicas características, a descoberta de leis empíricas e medições em geral.*

Essas três funções em analogia ao exposto para o desenvolvimento da ciência estariam ligadas com uma prática normal do professor de Física. Este deve ser o responsável pela produção de fatos experimentais que se ajustem aos paradigmas das teorias ensinadas. Cabe também ao docente a apresentação dos fenômenos físicos e o fomento das discussões sobre a relação entre as grandezas Físicas manipuladas pelos estudantes ao longo de uma atividade experimental.

A quarta função do experimento dentro da *concepção adaptativa de laboratório* seria a seguinte:

- (viii) *Resolução de uma anomalia, ou seja, de uma situação em que os conhecimentos prévios do estudante não estão funcionando, o que exigiria a construção de novos óculos teóricos para permitir enxergar o experimento de outra maneira.*

A função quatro apresentada pode servir como mola propulsora da aprendizagem científica por parte dos estudantes, especialmente nos momentos em que esses se deparam com situações que fogem ao seu conhecimento atual.

Nesse contexto, as anomalias apresentadas pelos estudantes dentro da aplicação de uma concepção adaptativa do laboratório didático podem auxiliar o processo dialógico entre professor e aluno no sentido da apropriação de conceitos e, o mais importante, de uma linguagem científica integrada a partir do ajuste teórico e experimental.

Ao longo do desenvolvimento desse trabalho, foi possível especificar a proposta de (Arruda, Silva, Laburu, 2001) em sete funções da experimentação no ensino de Física.

Nesse sentido, chegou-se ao quadro 1, no qual cada função do experimento foi considerada como categoria de análise dos diálogos, destacando-se também a derivação dessa especificação em relação às quatro funções do experimento na *concepção adaptativa*.

Quadro – Apresentação das funções do experimento como categorias de análise

Funções do experimento em Arruda et al, 2001	Funções do experimento especificadas nesse trabalho
1. A exploração da parte fenomenológica do paradigma, o que poderia envolver a construção de equipamentos;	1. Exploração da parte fenomenológica;
	2. Discussão sobre a construção de equipamentos e experimentos
2. A produção de fatos que se ajustem com precisão a determinadas consequências do paradigma;	3. Produção de fatos experimentais que se ajustem com precisão a determinadas consequências do paradigma;
3. A articulação da teoria através da determinação de constantes Físicas características, a descoberta de leis empíricas e medições em geral;	4. A articulação da teoria através da determinação de constantes Físicas características;
	5. A descoberta de leis empíricas;
	6. Discussões sobre medições em geral;
4. Resolução de uma anomalia, ou seja, de uma situação em que os conhecimentos prévios do estudante não estão funcionando, o que exigiria a construção de novos óculos teóricos para permitir enxergar o experimento de outra maneira.	7. Reconhecimento e discussão de anomalias: consiste na identificação de uma situação em que os conhecimentos prévios do estudante não são capazes de explicar um fenômeno ou resultado experimental observado.

A sequência numérica apresentada no quadro 1 acima não se configura como metodologia a ser adotada por professores de Física. Nesse sentido, a função 1(fenomenológica) como categoria de análise está relacionada com a discussão dos fenômenos físicos envolvidos nas atividades experimentais.

A categoria ou função 2 (Aparato) foi destacada quando as discussões se relacionavam especificamente com aspectos da construção e montagem dos aparatos experimentais, tais como propriedades e escolha dos materiais envolvidos para tal finalidade.

A função 3 (Ajuste de fatos) foi destacada todas as vezes que se percebia uma tentativa do professor e, posteriormente, dos monitores em ajustar os dados experimentais coletados de forma a apresentarem concordância com o que era previsto pela teoria relacionada.

Já a função 4 (determinação de constantes físicas), foi aquela percebida quando as discussões estavam focadas na determinação e entendimento de

características das constantes físicas em estudo (constante elástica, aceleração da gravidade) e conexões dessas com a teoria vigente.

Por sua vez, a função 5 (Descoberta de leis empíricas) foi percebida quando os envolvidos (alunos monitores, alunos das salas de aula) observavam (mediante alguma indicação prévia do professor) ao longo da prática experimental uma relação de proporcionalidade entre as grandezas Físicas relacionadas.

Aqui cabe ressaltar que os monitores e alunos perceberam as regularidades apenas quando essas já haviam sido mencionadas anteriormente pelo professor, pois como mencionam Arruda, Laburu e Silva (2001) *“(...) atividades experimentais como a observação de regularidades ou de relações entre variáveis podem representar um problema fora do alcance dos estudantes (...)”*.

A categoria ou função 6 (Discussões sobre medições) foi destacada toda vez que nos diálogos havia discussões sobre a manipulação e tratamento dos dados experimentais coletados.

A função 7 (Anomalia) foi observada toda vez que um fato experimental parecia contradizer de alguma forma os conhecimentos prévios dos alunos.

OBJETIVO GERAL#

Nesse aspecto, tal trabalho tem como objetivo principal propor uma sequência didática detalhada sobre a aplicação da concepção adaptativa do laboratório didático com monitores no Ensino Médio.

Isso se configura como sugestão de aplicação de atividades experimentais no ensino de Física com suporte epistemológico e também baseado na dialogicidade entre professor e alunos.

CONTEÚDO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA#

Nesta sequência das aulas será apresentada a aplicação da concepção adaptativa do laboratório didático com monitores do ensino médio, ressaltando o processo dialógico entre alunos e professor na proposição de atividades experimentais.

Nesse sentido, também será detalhada a construção e montagem dos dois aparatos experimentais empregados nessa proposta, assim como o resultado de todo o processo de construção desse trabalho, tais como a preparação das atividades experimentais, execução dos experimentos em sala de aula e também as discussões pós aplicação nas salas de aula.

Com o objetivo de dar continuidade à apresentação dessa sequência didática serão detalhados os encontros com monitores para as fases de cada um dos dois experimentos tratados nesse trabalho. Desse modo, cada encontro será apresentado como uma aula dentro da sequência, com os conteúdos trabalhados, objetivos específicos e também sugestões de estratégias metodológicas a serem trabalhadas em cada momento.

ESTRUTURA DAS AULAS#

PRIMEIRA AULA: REALIZAÇÃO PRÉVIA DO EXPERIMENTO 1 (LEI DE HOOKE) PELOS MONITORES#

Conteúdos

- Lei de Hooke

Objetivos Específicos;

- Detalhar a montagem do aparato experimental;
- Realizar de forma correta procedimentos experimentais específicos quanto à coleta de dados referentes à deformação sofrida pela mola;
- Efetuar cálculos para obtenção da força Peso, usando a relação entre as grandezas massa e aceleração da gravidade de forma correta;

Metodologias e Estratégias

Quando se trata da lei de Hooke, existem inúmeras propostas de aparatos experimentais sobre esse tema, as quais variam o tipo de material empregado como mola e também diferentes objetos são usados como massa para se pendurar as

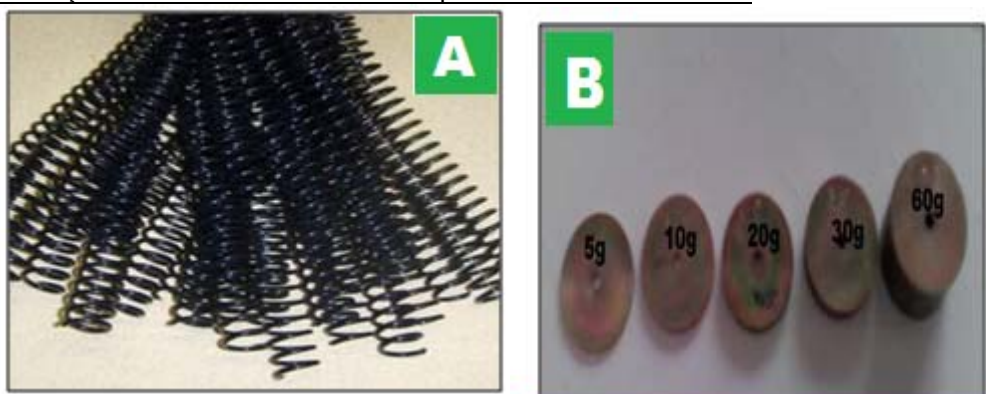
molas. Ainda nessa questão, existem diversas configurações possíveis de se realizar as medições referentes a esse experimento.

Nesse sentido, nessa proposta de produto educacional, a montagem proposta é composta basicamente por espirais de caderno como molas e massas aferidas encontradas no laboratório de ciências da escola em que essa pesquisa foi aplicada. Tal aparato se assemelha a diversos outros encontrados facilmente em sítios na internet e talvez o diferencial desse experimento e do trabalho em si seja a proposta de se empregar atividades experimentais no Ensino Médio, tendo como base um referencial epistemológico que fundamenta a prática do professor de Física.

Assim, o professor de Física pode fazer uso de quaisquer aparato experimental relacionado à lei de Hooke que tiver meios (materiais, tempo, disponibilidade) de conseguir mais facilmente.

Para a montagem do nosso aparato experimental foram usados os seguintes materiais:

Ilustração dos materiais usados no experimento da lei de Hooke



- [A] Espirais plásticas usadas para encadernação;#
- [B] Conjunto de massas aferidas;

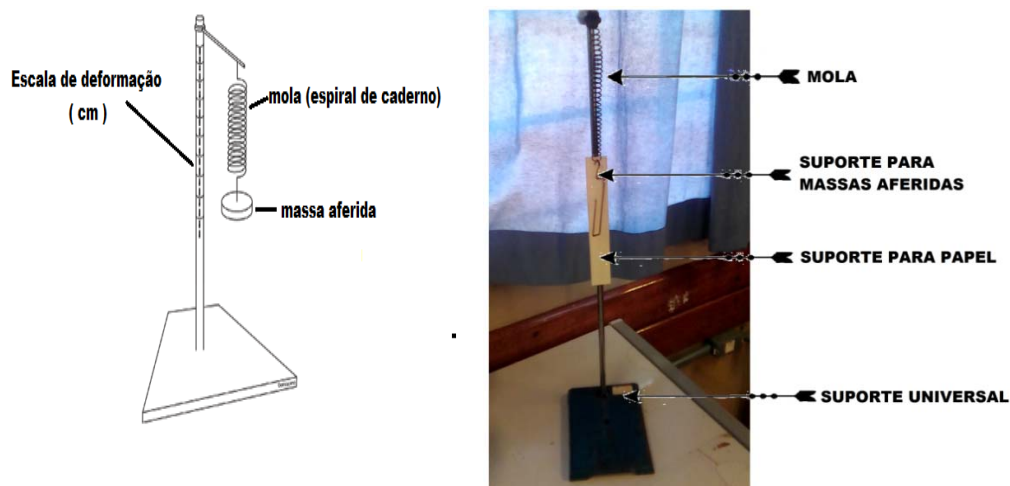
Não mostrado na figura:

- [C] Régua plástica;
- [D] Régua metálica com 30 cm;
- [E] Suporte universal;
- [F] Suporte para massas aferidas;

Para uso do experimento, a única montagem necessária é deixar a mola suspensa na vertical. Assim, nesse trabalho, foi usado um suporte universal

disponível no laboratório da escola, facilitando seu uso. Porém, o professor pode usar outro tipo de suporte disponível para esse fim.

Ilustração do esquema experimental sobre a lei de Hooke usado no trabalho



A figura ilustra o esquema experimental e também o aparato real empregado nesse experimento sobre a lei de Hooke. O procedimento de coleta de dados consistiu em solicitar que os alunos medissem a deformação provocada na mola pelas massas aferidas suspensas em sua extremidade inferior. Os registros destes dados foram feitos em uma tabela experimental previamente fornecida pelo professor.

Modelo de tabela experimental sugerida para uso com monitores no experimento 1.

MASSA (g)	FORÇA (N)	DEFORMAÇÃO (cm)	CONSTANTE ELÁSTICA K= FORÇA / DEFORMAÇÃO (N/cm)
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			

Nessa primeira aula ou encontro com os monitores, durante o tempo de duas horas aula de aproximadamente 50 minutos cada, os alunos preencheram a coluna “deformação” da tabela sugerida acima, após medições relativas à deformação da mola.

Em termos das discussões nessa primeira aula, dentro do referencial aqui adotado a cerca das funções do experimento, há uma presença significativa da função 3 (ajuste de fatos), pois o professor procura ajustar a obtenção dos dados experimentais de forma condizente com a teoria em estudo.

Houve ainda uma pequena quantidade de questões sobre as constantes Físicas nesse primeiro experimento, pois os diálogos tinham como foco principal a manipulação do aparato experimental, fatos relacionados com a função 6 (medições).

Mediante indicação do professor, durante a realização desse experimento sobre a lei de Hooke, alguns monitores indicaram em suas falas uma possível observação de proporcionalidade entre as grandezas Físicas, revelando a presença da função 5 (leis empíricas).

Houve ainda algumas discussões promovidas pelo professor sobre os fenômenos físicos (função 1) relacionados com aspectos da lei de Hooke

SEGUNDA AULA: PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO 1 (LEI DE HOOKE)

Conteúdos

- Lei de Hooke

Objetivos Específicos;

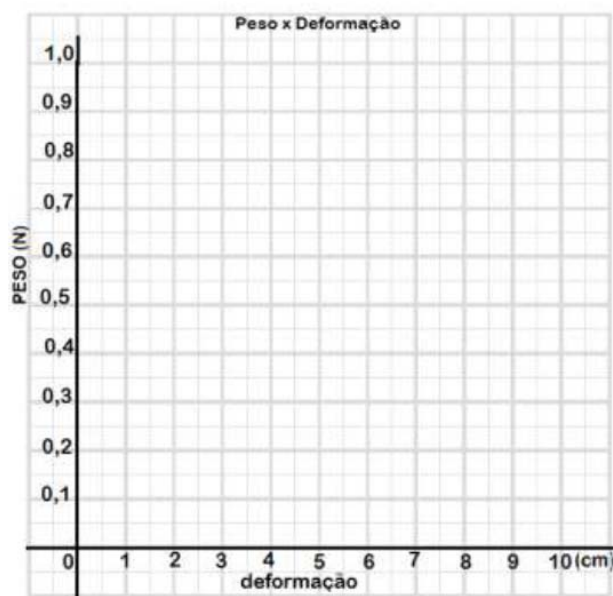
- Realizar de forma correta o registro de dados experimentais em tabela e gráfico experimentais específicos à lei de Hooke;
- Efetuar cálculos para obtenção da força Peso usando a relação entre as grandezas massa e aceleração da gravidade de forma correta;
- Efetuar cálculos para obtenção da constante elástica da mola usada nesta atividade experimental, a partir da relação entre as grandezas físicas força Peso e deformação;

Metodologias e Estratégias

Na segunda aula, alguns monitores ainda estavam terminando a coleta dos dados e, na sequência desse encontro, os mesmos passaram então a preencher o restante da tabela experimental apresentada na aula anterior, com cálculo da força Peso a partir da relação entre massa e aceleração da gravidade. Nesse ponto, os monitores tiveram que efetuar as transformações de unidades da grandeza massa. Assim foi possível discutir questões relacionadas com o sistema internacional de unidades.

Na sequência, os monitores efetuaram os cálculos para obtenção da constante elástica da mola empregada nesse experimento a partir dos dados coletados na atividade experimental.

Com a finalização de preenchimento da tabela, os monitores passaram a preencher o gráfico fornecido pelo professor, como ilustra a figura.

Sugestão de gráfico experimental para o experimento 1

Após o preenchimento do gráfico, as discussões propostas pelo professor focaram na maneira mais correta de como se aplicar esse experimento nas salas de aula. Então, foi combinado que os demais alunos, em apenas uma aula, deveriam coletar os dados experimentais referentes à deformação da mola, calcular a força peso e a deformação e, se o tempo fosse suficiente, preencher o gráfico. Contudo, devido à falta de experiência dos monitores em preparar atividades experimentais, nesse primeiro experimento, eles fornecerem poucas sugestões relacionadas à aplicação de uma atividade experimental, cabendo ao professor os direcionamentos.

Em termos das funções experimentais, novamente houve destaque para a presença das funções 3 e 6. Esse fato já era esperado, pois o professor dentro do referencial aqui adotado ao longo dos diálogos vai a cada momento ajustando os fatos experimentais com a teoria correspondente.

Outro aspecto previsível foi a presença marcante da função 6 (medições), pois é inerente a atividades experimentais, principalmente pelo fato dessa proposta com os monitores ter sido o primeiro contato destes com um experimento quantitativo.

A função 2, relacionada com discussões sobre características do aparato experimental, apresentou frequência pequena, porque a preparação e montagem foram realizadas pelo professor, não sendo alvo de muitos questionamentos dos monitores.

As discussões relativas à função 4 (determinação de constantes Físicas), destacou-se nessa segunda aula, pois foi naquele momento que os monitores executaram os cálculos para obtenção da constante elástica.

AULA 3: APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 1 (LEI DE HOOKE) EM SALA DE AULA #

Conteúdos

- Lei de Hooke

Objetivos Específicos;

- Aplicar o experimento sobre a lei de Hooke em salas de aula do 1º ano do Ensino Médio;
- Auxiliar os alunos das salas de aula a realizarem os procedimentos experimentais de maneira correta;

Metodologias e Estratégias

Essa terceira aula é fruto da aplicação do experimento sobre a lei de Hooke em quatro turmas do 1º ano do ensino médio, após a realização previa pelos monitores e planejamento de como aplicar essa atividade experimental em sala de aula. Nesse sentido, a função dos monitores aqui foi a de auxiliar os alunos a realizarem os procedimentos experimentais de maneira correta.

Para aplicação em sala, os demais alunos foram separados em grupos de quatro a cinco integrantes, em que, a fim de se aproveitar melhor o tempo, a tabela experimental e o gráfico foram fornecidos previamente. Em seguida, o professor fez a explicação para toda a turma sobre os procedimentos a serem seguidos e, então, os monitores foram responsáveis por distribuir os kits experimentais e acompanhar a realização dos procedimentos experimentais em cada grupo da sala de aula.

No aspecto relativo às funções da experimentação, aquelas que mais se destacaram foram novamente a 3 (ajuste de dados) e 6 (medições), com alguma

frequência de discussões fenomenológicas (função 4) e de constantes físicas (função 4). É interessante destacar que o ajuste dos fatos experimentais com a teoria foi realizado em sua maioria pelos monitores, previamente instruídos pelo professor sobre quais resultados experimentais eram esperados.

AULA 4: DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO 1 (LEI DE HOOKE) PÓS SALA DE AULA#

Conteúdos

- Lei de Hooke;

Objetivos Específicos;

- Avaliar as características do aparato experimental que influenciaram na coleta dos dados experimentais;
- Avaliar os procedimentos experimentais e propor opções para torná-los mais acessíveis aos alunos em sala de aula;

Metodologias e Estratégias

Após aplicar o experimento sobre a lei de Hooke em suas turmas em conjunto com o professor, nessa quarta aula, a reunião teve o objetivo de avaliar a aplicação e propor maneiras de facilitar a realização dessa atividade experimental com os alunos.

Nesse aspecto, na turma em que seis monitores auxiliaram o professor, tornou-se fácil a aplicação de uma atividade prática em sala de aula regular, pois foi possível que cada grupo de alunos tivesse o auxílio de um monitor praticamente durante toda a atividade experimental. Então, como sugestão de trabalho para professores de Física, é aconselhável ter em torno de oito monitores por turma.

Aqui se destaca que mesmo com os monitores, o trabalho do professor ainda continua em todos os momentos, porque caberá a ele planejar a atividade experimental, instruir os monitores e, principalmente, acompanhar a atividade destes para que auxiliem seus colegas de maneira correta.

Outro ponto a se destacar é que com o auxílio dos monitores, o professor pode acompanhar melhor o desenvolvimento de cada aluno de sua turma de maneira mais individual e dentro de um referencial de avaliação formativa. Assim, é possível avaliar o processo educativo dos alunos ao longo de um período de tempo.

Já em relação à execução da atividade experimental, foi observado com auxílio dos monitores que em uma hora aula é possível apenas que os alunos colem os dados experimentais e façam o registro em tabelas experimentais, sem realizar nenhum cálculo. Pela experiência dessa proposta, sugere-se ao professor de Física deixar os cálculos, registro em gráficos para aulas posteriores e, se quiser, pode contar novamente com o auxílio dos monitores também nesses momentos.

Dentro das funções do experimento, as que mais se destacaram, além das funções 3 e 6, foram a fenomenológica (função1) e função 2 (aparato experimental). Isso revela que mesmo após os monitores terem sido instruídos, manipularem o aparato experimental, ainda restaram dúvidas sobre os fenômenos físicos envolvidos no experimento proposto.

Aula 5 : Realização Prévia do experimento 2 (estudo do movimento da arruela) pelos monitores

Conteúdos

- Deslocamento escalar e suas unidades;
- Intervalos de tempo e suas unidades;
- Velocidade escalar média;
- Transformações de unidades;

Objetivos Específicos;

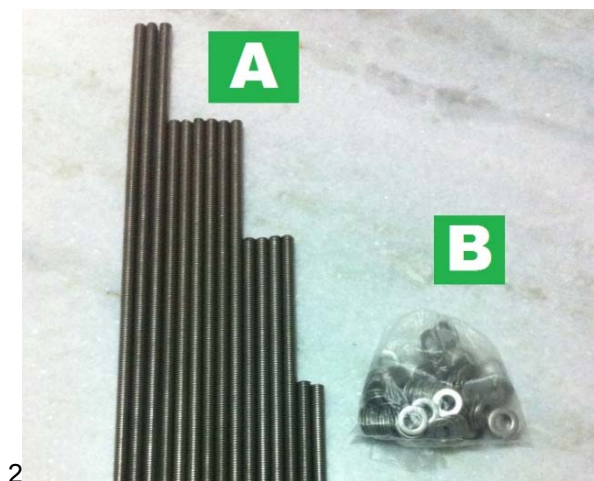
- Detalhar a montagem do aparato experimental;
- Coletar dados experimentais referentes às medidas de intervalos de tempo para movimento de um corpo;

Metodologias e Estratégias

O aparato aqui proposto foi construído a partir de um famoso site de divulgação de experimentos de física, com adaptações realizadas no sentido de facilitar ainda mais sua utilização com os estudantes, seja no laboratório seja na sala de aula.

O objetivo principal foi estudar o movimento de descida de uma arruela por um parafuso em barra. Para a “construção” desse aparato experimental foram usados os seguintes materiais:

Ilustração dos principais materiais empregados na construção do experimento



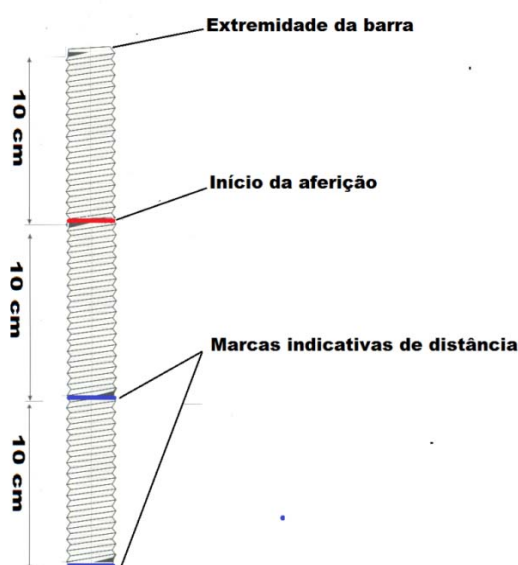
- [A] Barra “roscada” ou “parafuso em barra” com diâmetro de “ $\frac{1}{4}$ ”;
- [B] Arruela com o mesmo diâmetro interno do parafuso em barra;
- [C] Cronômetro digital ou celular com cronômetro. (Não mostrado na figura).

Para uso do experimento, praticamente nenhuma montagem é requerida, apenas a determinação de uma escala de comprimento na unidade dos centímetros. Isso é necessário para medição das distâncias percorridas pela arruela ao longo do parafuso.

As barras adquiridas no comércio possuem comprimento padrão de 1 m. Nesse sentido, a fim de facilitar a execução e na tentativa de se diminuírem os erros experimentais, tal escala foi feita na própria barra, utilizando-se caneta de tinta permanente nas cores vermelha, azul ou preta.

A fim de permitir um tempo para que os estudantes pudessem se acostumar com o movimento da arruela, a primeira marca foi destacada a 10 cm de uma das extremidades da barra na cor vermelha, indicando o início da aferição dos parâmetros (posição e intervalo de tempo). As demais marcas, nesse caso, foram feitas com intervalo de 10 cm de comprimento (ilustração), de modo que tais distâncias podem ser modificadas de acordo com a necessidade e durante a intervenção pedagógica.

Ilustração dos detalhes da confecção da escala de comprimento na barra rosca.



Com a escala de comprimento utilizada, foram obtidas nove marcas ao longo do comprimento da barra, de modo que a primeira, destacada em vermelho, é considerada a posição inicial ou origem do movimento, sendo as demais distâncias medidas em relação a essa inicial.

Como foi citado, a distância entre as marcações podem ser alteradas, pois, nesse caso específico, geram diversos dados experimentais. O objetivo aqui é discutir com os estudantes questões relacionadas à procedimentos experimentais e também pelo fato de se possuir tempo para realização de todas as repetições solicitadas, isso se tais alunos possuírem alguma experiência para executar experimentos.

Contudo, dependendo da realidade a ser executado o experimento, o professor pode aumentar a distância entre as marcas a fim de diminuir a quantidade

de dados, facilitando a análise destes, dentro do conteúdo trabalhado (cinemática ou dinâmica).

Em geral, tais aparatos similares são empregados apenas para medição de velocidade média e comprovação do movimento retilíneo uniforme, de modo que a proposta aqui apresentada pode ser usada para tal fim. Porém, como modificador e com certa inovação, esse experimento foi empregado para a discussão da dinâmica com os estudantes, no interior das duas primeiras leis de Newton, como será explicado ao longo do texto.

Contudo, os procedimentos experimentais são os mesmos e as discussões relacionadas às forças envolvidas complementam e explicam o conceito de velocidade constante.

Ilustração com exemplo de execução do experimento 2



Nesse aspecto, a execução da atividade experimental consistiu em “soltar” (liberar) a arruela na extremidade superior da barra, aguardar até a sua passagem pela marca vermelha (figura 3) e iniciar a aferição do tempo para que ela percorra a distância entre duas marcas seguidas.

Aqui, se forem empregados cronômetros na função volta, é possível medir todos os intervalos de tempo para uma única descida ou parar o movimento da arruela na marca desejada e reiniciar o movimento da mesma a partir da extremidade superior novamente. Nesse ponto, é possível que o professor permita aos estudantes que utilizem o celular na função cronômetro para realização da atividade, contornando e exemplificando o uso do aparelho para fins educativos.

Em termos de resultados, é esperado que a velocidade calculada pela razão da distância percorrida pelo intervalo de tempo seja constante. Contudo, para que isso realmente ocorra, é necessário observar se a barra utilizada não está muito torta, pois isso faz com que a arruela acelere em alguns pontos.

E ainda quando o objetivo é a determinação de velocidade constante, é necessário repetir as medições e calcular a média dos valores experimentais. Todavia, de maneira mais ampla, é possível estudar o movimento de descida da arruela e, a partir disso, discutir sobre sua natureza (uniforme ou variado).

Como sugestão da prática, pode-se deixar a barra em um suporte fixo, como aqueles que se encontra em laboratórios de ciências, algum tipo de “morsa” ou, ainda, um dos estudantes segurar, de modo que nesse último sempre é necessário conferir se o mesmo está mantendo a posição. Ainda dentro do que foi realizado nessa proposta, pode-se usar uma mesma arruela para todas as medições realizadas.

Outra maneira que auxilia na obtenção da velocidade constante, é repetir as aferições do tempo e depois calcular o tempo médio das medidas, valendo-se dos arredondamentos. Esse ponto também pode ser usado para discussões interessantes com os estudantes sobre conceitos estatísticos citados.

Aula 6: Planejamento do experimento 2 (estudo do movimento da arruela)

Conteúdos

- Deslocamento escalar e suas unidades;
- Intervalos de tempo e suas unidades;
- Velocidade escalar média;
- Transformações de unidades;
- Sistema internacional de unidades;

Objetivos Específicos;

- Realizar de forma correta o registro de dados experimentais em tabela e gráfico específicos ao estudo do movimento da arruela;
- Efetuar cálculos para obtenção da velocidade escalar média;
- Efetuar cálculos para transformação unidades de velocidade;

Metodologias e estratégias

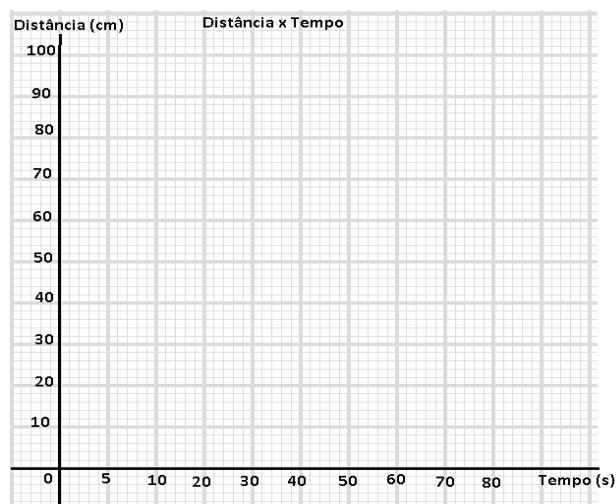
Nesta aula foi possível perceber que os monitores com alguma experiência na manipulação de experimentos conseguiram concluir a coleta de dados na aula anterior. Assim, na continuidade, passaram para o cálculo da velocidade escalar média, além do registro de tais valores na tabela preparada previamente pelo professor.

Sugestão de tabela experimental para o experimento 2

DISTÂNCIA (cm)	TEMPO (s)				VELOCIDADE (cm/s)
	1ª VEZ	2ª VEZ	3ª VEZ	Média	
0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					

Outro tipo de cálculo que os monitores executaram foi a transformação de unidade da velocidade a fim de se obter essa grandeza nas unidades do sistema internacional de unidades. Na sequência, os mesmos passaram para preenchimento do gráfico previamente fornecido.

Sugestão de gráfico experimental para o experimento 2



Após o término de preenchimento do gráfico, os monitores passaram a testar cada uma das arruelas e também dos parafusos em barra a fim de separar aqueles materiais que apresentaram o melhor desempenho, ou seja, os parafusos que não estavam tortos e aquelas arruelas que desciam sem travar ou diminuir de velocidade. Como resultado desse trabalho, foram separados oito kits de experimentos para uso em sala de aula.

AULA 7 : APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 2 (ESTUDO DO MOVIMENTO DA ARRUELA) EM SALA #

Conteúdos

- Deslocamento escalar e suas unidades;
- Intervalos de tempo e suas unidades;
- Velocidade escalar média;
- Transformações de unidades;
- Sistema internacional de unidades;

Objetivos Específicos;

- Aplicar o experimento sobre estudo do movimento da arruela em salas de aula do 1º ano do ensino médio;
- Auxiliar os alunos das salas de aula a realizarem os procedimentos experimentais de maneira correta;

Metodologias e Estratégias

Para esse segundo experimento, novamente os alunos de cada turma foram separados em grupos de quatro a cinco integrantes, com fornecimento de tabela experimental para registro dos dados experimentais.

Os monitores auxiliaram o professor na separação, organização e distribuição dos kits experimentais aos alunos, além de acompanharem a coleta de dados e preenchimento da tabela experimental, sempre os corrigindo quando necessário e ao longo do desenvolvimento da atividade experimental.

Em termos de tempo de execução da atividade, os alunos coletaram os intervalos de tempo em triplicata, efetuaram o cálculo da média desses intervalos e obtiveram a velocidade escalar média para o movimento da arruela.

As discussões relativas às forças envolvidas, assim como as transformações de unidades foram realizadas nas aulas posteriores ao experimento com toda a turma.

AULA 8: DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO 2 PÓS SALA#

Conteúdos

- Deslocamento escalar e suas unidades;
- Intervalos de tempo e suas unidades;
- Velocidade escalar média;
- Transformações de unidades;
- Sistema internacional de unidades;

Objetivos Específicos;

- Avaliar as características do aparato experimental que influenciaram na coleta dos dados experimentais;
- Avaliar os procedimentos experimentais e propor opções para torná-los mais acessíveis aos alunos em sala de aula.

Metodologias e Estratégias

Nessa última aula, o encontro com os monitores teve como objetivo avaliar o experimento sobre estudo do movimento da arruela pelo parafuso em barra. Nesse aspecto, foi sugerido o uso do aparelho celular como cronômetro, pois os que foram utilizados apresentaram alguns defeitos, como travamento das teclas e esgotamento das baterias.

Foi sugerido também o uso de parafusos com diâmetros maiores, pois, com isso, seria mais difícil sofrer deformações que acabaram por fazer com que a arruela diminuísse sua velocidade ao longo de seu movimento pelo parafuso, provocando alteração nos valores de velocidade. Isso foi um problema, pois o objetivo proposto era o de se obter velocidade escalar aproximadamente constante para o movimento da arruela.

No segundo experimento desse trabalho é possível observar que a frequência relativa às funções da experimentação se mantiveram aproximadamente com a

mesma proporção do experimento da lei de Hooke, com destaque para as funções 3 (ajuste de fatos) e função 6 (discussões sobre medições).

No entanto, as características específicas desse segundo experimento proposto proporcionou maior quantidade de discussões acerca do aparato experimental empregado, principalmente durante a fase de avaliação pós sala de aula.

Ressalta-se ainda a presença da primeira função (fenomenológica) em praticamente todas as fases do experimento 2, propostas em sua maioria pelo professor com o intuito principal de discutir alguns conceitos físicos relacionados com a prática experimental proposta.

A função 7 se apresenta principalmente durante a realização prévia pelos monitores, de modo que a observação de alguns momentos dialógicos relativos a essa função foi possível perceber que a manipulação do segundo experimento pôde gerar alguns conflitos conceituais nos monitores, principalmente quanto à expectativa de um movimento acelerado para a arruela.

Considerações finais

Este trabalho tem o propósito de disponibilizar aos professores de Física uma possibilidade de emprego da experimentação baseada em um referencial epistemológico e no trabalho com monitores no Ensino Médio. Assim, tal trabalho pode motivar os docentes a adotar em suas aulas mais atividades experimentais, contribuindo com a melhoria do ensino de Física.