

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS NA NATUREZA, MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO

PAULO ROBERTO SCOMPARIN

O ENSINO DAS LEIS DE NEWTON POR MEIO DE
RESOLUÇÃO DE PROBLEMA ENVOLVENDO
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM UM AMBIENTE
COM DIFERENTES INTERAÇÕES SOCIAIS

ARARAS – SP

2019

Paulo Roberto Scomparin

O ensino das leis de Newton por meio de resolução de problema envolvendo atividades experimentais em um ambiente com diferentes interações sociais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de mestre em Educação.

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: João Teles de Carvalho Neto

Araras – SP

2019

Scomparin, Paulo Roberto

O ensino das leis de Newton por meio de resolução de problema envolvendo atividades experimentais em um ambiente com diferentes interações sociais / Paulo Roberto Scomparin. -- 2019.

89 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador: João Teles de Carvalho Neto

Banca examinadora: João Teles de Carvalho Neto, Estéfano Vizconde Veraszto, Fernanda Oliveira Simon

Bibliografia

1. Ensino de Física. 2. Atividades experimentais. 3. Solução de problemas. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Helena Sachi do Amaral – CRB/8 7083

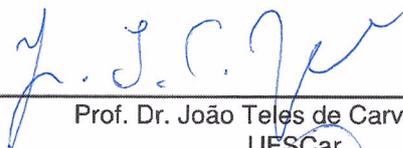


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

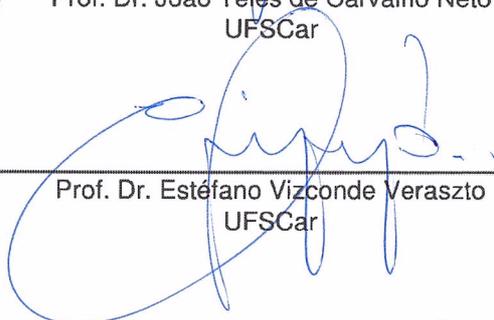
Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Paulo Roberto Scomparin, realizada em 09/09/2019:



Prof. Dr. João Teles de Carvalho Neto
UFSCar

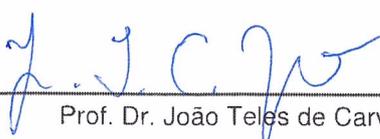


Prof. Dr. Estéfano Vizconde Veraszto
UFSCar



Profa. Dra. Fernanda Oliveira Simon
SESI-SP

Certifico que a defesa realizou-se com a participação à distância do(s) membro(s) Fernanda Oliveira Simon e, depois das arguições e deliberações realizadas, o(s) participante(s) à distância está(ão) de acordo com o conteúdo do parecer da banca examinadora redigido neste relatório de defesa.



Prof. Dr. João Teles de Carvalho Neto

Ao meu amor Lena que me incentivou e me apoiou em todos os momentos da vida e mais recentemente na luta para concluir a graduação e o mestrado. Sem você nada disso seria possível. Obrigado por me ajudar tanto em tudo. Te amo.

Agradeço a minha super mãe artista Célia Bella Scomparin e ao meu pai Adahir Scomparin por toda a educação que me deram e por toda a influência na formação da minha identidade e do meu caráter.

Aos meus adoráveis irmãos Kátia, a Katinha e Luís Fernando, o Nê por todos os conselhos que me dão sempre e por nossa convivência amorosa. Amo vocês.

A todas as pessoas das minhas famílias de Mogi Mirim e de Limeira por sempre me incentivarem.

Agradecimentos

Ao Professor orientador Dr. João Teles de Carvalho Neto que desde a graduação e agora no mestrado sempre foi uma referência pra mim. Você é um grande professor e uma grande pessoa. Obrigado pelos conhecimentos compartilhados, pela sua dedicação na pesquisa e por abrir novos caminhos na minha vida docente.

Ao professor Dr. Estéfano Vizconde Veraszto e a professora Dra. Fernanda Oliveira Simon. As sugestões propostas na qualificação nortearam a qualidade final deste trabalho de pesquisa.

A todos os meus professores desse campus maravilhoso da UFSCar de Araras. Esta pesquisa científica tem um pedaço de cada um de vocês.

À criação do REUNI durante o governo Lula. Este programa proporcionou a ampliação das vagas nas universidades federais. Com isso me beneficieei da implantação do curso de licenciatura em física e agora do curso de mestrado em educação no campus de Araras.

Aos meus queridos amigos de Mogi Mirim do grupo de Whatsapp “Amigos do futebol e Churras”. Estar com vocês no futebol e no churrasco é um dos maiores prazeres que tenho na vida. Seja jogando no azulzinho ou no amarelinho (o futebol está nos nossos sangues) o mais importante é cultivar esse valioso bem que temos chamado amigo. Abraaaaaaaaaaaaação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

O objetivo desta pesquisa é estimular o envolvimento, engajamento e autonomia dos estudantes por meio de interações e trocas de experiências em vários níveis de socialização: em grupos, entre grupos, grupos-professor e grupos-classe, intencionando aproximar os estudantes na realização das atividades propostas tornando o ensino de Física mais atrativo e interessante. A pesquisa foi realizada junto aos estudantes do primeiro ano do ensino médio, em uma escola pública do estado de São Paulo. De natureza qualitativa, envolveu pesquisa de campo na qual relatamos os resultados do desenvolvimento de atividades experimentais envolvendo as três leis de Newton: Inércia, Princípio Fundamental da Dinâmica e Ação e Reação, considerados conceitos essenciais e básicos para a introdução ao aprendizado de Física. Propusemos um texto problematizador de origem fictícia denominada "Acidente na Lua". Neste, os estudantes investigam a morte do pesquisador, Dr. Caio Torres, enquanto fazia o descarte de rochas lunares. A atividade é dividida em 3 etapas principais. Após a leitura do texto introdutório, cada grupo de estudantes realiza experimentos que simulam aspectos do acidente, organizados por um roteiro. Na etapa seguinte, denominada inter-grupos, há a troca de informações entre grupos que realizaram experimentos diferentes. Na etapa final, os grupos voltam às suas formações originais e formulam suas conclusões apresentando uma solução para o problema proposto. Por meio de relatos escritos pelos estudantes e notas de campo, observamos como resultado que a maioria demonstrou interesse na efetivação da atividade, envolvendo-se nas dinâmicas propostas e mostrando engajamento nas interações. Também observamos indícios de apropriação dos conceitos básicos da mecânica. Constatamos que os aspectos mais desafiadores da proposta, que influenciaram em parte a obtenção de melhores resultados, foram as manifestações de desafetos entre alguns pares.

Palavras-chave: Ensino de Física. Atividades experimentais. Solução de problemas. Interação social. Leis de Newton.

Lista de ilustrações

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Forças envolvidas nas situações 1 (pêndulo em equilíbrio em MRU) e 2 (pêndulo desacelerando em MRUV). | 86 |
| Figura 2 – Forças envolvidas entre os dinamômetros magnéticos utilizados na atividade experimental "Força aplicada entre corpos". | 89 |

Lista de tabelas

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.1 / grupos A1 e A2 | 37 |
| Tabela 2 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.2 / grupos A1 e A2 | 38 |
| Tabela 3 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.3 / grupos A1 e A2 | 40 |
| Tabela 4 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.4 / grupos A1 e A2 | 42 |
| Tabela 5 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.5 / grupos A1 e A2 | 43 |
| Tabela 6 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.6 / grupos A1 e A2 | 44 |
| Tabela 7 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.7 / grupos A1 e A2 | 44 |
| Tabela 8 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.1 / grupos B1 e B2 | 45 |
| Tabela 9 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.2 / grupos B1 e B2 | 46 |
| Tabela 10 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.3 / grupos B1 e B2 | 47 |
| Tabela 11 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.4 / grupos B1 e B2 | 49 |
| Tabela 12 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.5 / grupos B1 e B2 | 49 |
| Tabela 13 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.6 / grupos B1 e B2 | 50 |
| Tabela 14 – Respostas da etapa 1 / questão 7 / grupos B1 e B2 | 51 |
| Tabela 15 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.1 / grupos C1 e C2 | 53 |
| Tabela 16 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.2 / grupos C1 e C2 | 54 |
| Tabela 17 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.3 / grupos C1 e C2 | 54 |
| Tabela 18 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.4 / grupos C1 e C2 | 55 |
| Tabela 19 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.5 / grupos C1 e C2 | 56 |
| Tabela 20 – Respostas da etapa 2 / interação inter grupos / grupos A1 e A2 | 58 |
| Tabela 21 – Respostas da etapa 2 / interação inter grupos / grupos B1 e B2 | 61 |
| Tabela 22 – Respostas da etapa 2 / interação inter grupos / grupos C1 e C2 | 63 |
| Tabela 23 – Resumo das respostas da etapa 3 / conclusão / todos os grupos | 68 |

Sumário

| | | |
|------------|------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 3 | AS TRÊS LEIS DE NEWTON | 27 |
| 3.1 | A primeira lei de Newton | 28 |
| 3.2 | A segunda lei de Newton | 29 |
| 3.3 | A terceira lei de Newton | 29 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 31 |
| 4.1 | Público alvo | 31 |
| 4.2 | Instrumento de pesquisa | 31 |
| 4.3 | Critérios de análise | 34 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 36 |
| 5.1 | Etapa i – Apresentação da atividade | 36 |
| 5.2 | Etapa 1 – Atividade experimental | 36 |
| 5.2.1 | Grupos A1 e A2 – Experimento conjunto de pêndulos | 37 |
| 5.2.1.1 | Análise das respostas à questão A.1.1 | 37 |
| 5.2.1.2 | Análise das respostas à questão A.1.2 | 38 |
| 5.2.1.3 | Análise das respostas à questão A.1.3 | 39 |
| 5.2.1.4 | Análise das respostas à questão A.1.4 | 41 |
| 5.2.1.5 | Análise das respostas à questão A.1.5 | 42 |
| 5.2.1.6 | Análise das respostas à questão A.1.6 | 43 |
| 5.2.1.7 | Análise das respostas à questão A.1.7 | 43 |
| 5.2.2 | Grupos B1 e B2 – Experimento movimento de queda dos corpos | 45 |
| 5.2.2.1 | Análise das respostas à questão B.1.1 | 45 |
| 5.2.2.2 | Análise das respostas à questão B.1.2 | 46 |
| 5.2.2.3 | Análise das respostas à questão B.1.3 | 47 |
| 5.2.2.4 | Análise das respostas à questão B.1.4 | 48 |
| 5.2.2.5 | Análise das respostas à questão B.1.5 | 48 |
| 5.2.2.6 | Análise das respostas à questão B.1.6 | 50 |
| 5.2.2.7 | Análise das respostas à questão B.1.7 | 51 |
| 5.2.3 | Grupos C1 e C2 – Experimento forças aplicadas entre corpos | 52 |
| 5.2.3.1 | Análise das respostas à questão C.1.1 | 52 |
| 5.2.3.2 | Análise das respostas à questão C.1.2 | 52 |

| | | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.2.3.3 | Análise das respostas à questão C.1.3 | 53 |
| 5.2.3.4 | Análise das respostas à questão C.1.4 | 55 |
| 5.2.3.5 | Análise das respostas à questão C.1.5 | 55 |
| 5.3 | Análises gerais da Etapa 1 | 56 |
| 5.4 | Etapa 2 – Interação inter grupos | 57 |
| 5.4.1 | Grupos A1 e A2 – interação inter grupos | 57 |
| 5.4.2 | Grupos B1 e B2 – interação inter grupos | 60 |
| 5.4.3 | Grupos C1 e C2 – interação inter grupos | 62 |
| 5.5 | Etapa 3 – Retorno aos grupos e conclusão da atividade | 65 |
| 6 | CONCLUSÃO | 69 |
| | REFERÊNCIAS | 72 |
| | APÊNDICES | 75 |
| | APÊNDICE A – ATIVIDADE ACIDENTE NA LUA | 76 |
| A.1 | Etapa i: Apresentação da atividade <i>Acidente na Lua</i> | 76 |
| A.2 | Etapa 1: Atividade experimental | 77 |
| A.2.1 | Grupos A1 e A2 | 77 |
| A.2.2 | Grupos B1 e B2 | 79 |
| A.2.3 | Grupos C1 e C2 | 82 |
| A.3 | Etapa 2: Troca de informações entre os grupos | 84 |
| A.4 | Etapa 3: Conclusão final das análises do acidente na Lua | 85 |
| | APÊNDICE B – CONJUNTOS EXPERIMENTAIS | 86 |
| B.1 | Conjunto de pêndulos | 86 |
| B.2 | Movimento de queda dos corpos | 88 |
| B.3 | Força aplicada entre corpos | 88 |

1 Introdução

Os objetivos que norteiam a presente pesquisa surgiram de reflexões sobre o ensino de Física, inicialmente elaboradas a partir das experiências vivenciadas nos estágios obrigatórios realizados na graduação enquanto estudante do curso de licenciatura em Física, estendendo-se nos diferentes momentos em que pude exercer a profissão e, principalmente, enquanto professor efetivo em uma escola pública de ensino médio do município de Limeira, estado de São Paulo.

Durante os estágios, observei a predominância de aulas cujas práticas são centradas na exposição de conteúdos feita pelos professores com pouca participação dos estudantes no que se refere à discussão, debate e indagação sobre a temática apresentada, cabendo aos discentes copiar do quadro os conteúdos expostos ou observar e anotar resultados de atividades experimentais centradas no professor.

Sobre este aspecto, salienta [Alves-Filho \(2000, p. 175\)](#) nas experiências de cátedra ou laboratório de demonstrações, que esse tipo de experiência é mais motivador para os professores do que para os observadores "O papel ativo é do professor, enquanto o aluno cabe a atribuição de mero espectador"

Em meio a isso, durante as aulas, vivencia-se a desmotivação e desinteresse por parte dos estudantes, deparando-se com o baixo desempenho da maioria destes e, até mesmo, com a resistência de muitos em relação ao aprendizado de Física.

Para [Gaspar \(2014, p. 13–14\)](#) são três os principais fatores que determinam este desestímulo... “em pedagogia, se costuma chamar de ensino tradicional” que tem como características principais o professor como detentor de todos os saberes, o estudante receptor desses saberes e que precisa memorizar conceitos para reproduzi-los nas avaliações e o cumprimento de metas curriculares por parte das instituições escolares imposta por regulamentações oficiais aos professores.

Diante do exposto, o primeiro aspecto que se delinea é se de fato o ensino de Física tem conseguido demonstrar sua essência; qual seja, a de estudar os fenômenos da natureza articulando-os com os aspectos naturais e conceituais, atribuindo sentido e se integrando a vida dos estudantes.

Outro aspecto é se esse ensino desarticulado do mundo vivencial dos estudantes tem conseguido oferecer uma base para o pensamento científico e a participação ativa e cidadã dentro do contexto social.

A respeito do contexto social, é de conhecimento que a sociedade vem sendo contemplada, cada dia mais, com problemas, situações e assuntos que se relacionam à

ciência e à tecnologia e, frente a isso, surge a pergunta: é possível atuar de maneira responsável e crítica sem uma aquisição mínima de conhecimento científico?

Ressaltando a importância de se trabalhar uma formação científica que permita aos cidadãos participar da tomada de decisões em assuntos que se relacionam com ciência e tecnologia, Cachapuz et al. enfatizam:

trata-se de ajudar a grande maioria da população a tomar consciência das complexas relações entre ciência e sociedade, de modo a permitir-lhes participar na tomada de decisões e, em definitivo, considerar a ciência como parte da cultura do nosso tempo. Cachapuz et al. (2005, p.31)

De acordo com o epistemólogo Gaston Bachelard (1996, p. 18), a ciência encontra-se em oposição à opinião. “O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza. Em primeiro lugar é preciso saber formular problemas”.

Para ele, todo conhecimento é resposta a uma pergunta e, em meio escolar, trata-se de criar condições para desenvolver o espírito científico em detrimento da opinião e do senso comum.

Nesse sentido, cumpre frisar que o ensino de Física prescinde de situações de aprendizagem contextualizadas estabelecendo proximidade dos conteúdos a serem trabalhados, na medida do possível com situações práticas, e não apenas concentrar-se na memorização de equações ou na repetição e reprodução de procedimentos a serem aplicadas em situações artificiais e descontextualizadas.

Desta forma superar didáticas mecânicas que estabelecem pouca ou nenhuma interação com situações práticas podem ser relevantes ao processo de ensino e aprendizagem uma vez que se busca superar situações de ensino baseadas em mera transmissão.

Cachapuz et al. (2005, p. 38) advertem para a necessidade de modificar a imagem da natureza da ciência que se é transmitida, pois “numerosos estudos mostraram que o ensino transmite visões da ciência que se afastam notoriamente da forma como se constroem e evoluem os conhecimentos científicos”. Tal análise, segundo os autores justificam em grande medida tanto o fracasso de estudantes, como “a sua recusa à ciência”. Para esses autores, não é possível desenvolver o interesse científico através de métodos “onde o aluno é um simples executante ou um simples espectador, para não dizer um simples crente?”.

Nessa perspectiva, faz-se necessário repensar o trabalho educativo na escola, para que este direcione os olhares para as dificuldades existentes em seu meio tendo em vista a superação de práticas desprovidas de sentido, repetitivas, lineares e reprodutivas.

A partir deste olhar, o autor deste trabalho, comprometido com a democratização da aprendizagem, considera a hipótese de que o desenvolvimento de práticas experimentais

em sala de aula pode aproximar os estudantes das atividades características do trabalho científico, tornando o ensino de Física mais atrativo, desafiador e facilitador das aprendizagens necessárias.

Segundo [Gaspar \(2014, p. 7-8\)](#), apesar de existir um consenso de que realizar atividades experimentais no ensino de ciências, sobretudo de Física, é fundamental para a aprendizagem de conceitos científicos “observa-se que a adoção desta prática é muito rara por parte da maioria dos professores, tanto em sala de aula quanto em laboratório; na maioria das escolas públicas, é uma prática esporádica, assistemática e sem metodologia definida”.

De acordo com o autor, alguns professores reconhecem o próprio despreparo para realizar atividades experimentais. No entanto, poucos se atentam para as dificuldades mais relevantes, as quais para o autor são de natureza pedagógica.

[Gaspar \(2014, p. 9-10\)](#) salienta: “são de natureza pedagógica os obstáculos que efetivamente dificultam e desestimulam o emprego de atividades experimentais, independentemente das dificuldades estruturais ou do despreparo dos professores”.

Para [Bachelard \(1996, p.23\)](#), na educação a noção de obstáculo pedagógico é desconhecida. “Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda”. Ainda, segundo o autor, os professores não consideram que o estudante entra na aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos que muitas vezes podem dificultar o acesso ao conhecimento científico, sendo este para o autor um obstáculo a ser superado.

[Fonseca \(2008\)](#) – que apresenta a epistemologia histórica de Bachelard – ressalta que todo o conhecimento é polêmico e que algumas construções muitas vezes equivocadas devem ceder espaço para os novos conhecimentos. A ciência e o conhecimento representam um processo contínuo de retificação, sendo “tarefa pedagógica do professor colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, capaz de se reconstruir e de se retificar”.

As contribuições de [Carvalho \(2010\)](#) sobre esse aspecto apontam para o fato de que os professores tem dificuldade de relacionar a estrutura formal da Física com o mundo real, em certa medida em decorrência de um ensino excessivamente apoiado na resolução de problemas e exercícios, sem discussões conceituais.

Argumenta também que as atividades experimentais estão há quase 200 anos nos currículos escolares mas, apesar disso, os professores não têm familiaridade com essas atividades. Estas estão caracterizadas pela divisão de tarefas entre os estudantes, e muito pouco pela troca de ideias significativas sobre o fenômeno estudado ([CARVALHO, 2010](#)).

Os autores ainda ressaltam que "se quisermos realmente que nossos alunos aprendam o que ensinamos, temos que criar um ambiente intelectualmente ativo que os envolva,

organizando grupos cooperativos e facilitando o intercâmbio entre eles". (CARVALHO et al., 1998, p. 16)

Diante das contribuições até aqui expostas, tem-se a seguinte indagação que fomenta a presente pesquisa, qual seja: será que através de uma proposta concreta e localizada de atividade prática sobre aspectos fundamentais das leis de Newton, como conceito de força, ação e reação e inércia, é possível verificar nos estudantes o desenvolvimento de atividades alinhadas com o método científico e, paralelamente, um maior domínio dos conteúdos específicos?

Partindo desta questão, buscou-se desenvolver junto aos estudantes dos primeiros anos do ensino médio, em uma escola pública do estado de São Paulo, atividades experimentais como estratégias de ensino para o aprendizado de conceitos fundamentais da Física, abarcando as três Leis de Newton, de maneira a envolver e engajar os estudantes na participação de atividades científicas favorecendo a aprendizagem destes conceitos.

Vale ressaltar que as atividades experimentais partiram de um problema simulando um acidente fictício na Lua a ser solucionado pelos estudantes. Instigante e único para todas as turmas participantes da pesquisa, envolveu a realização de várias etapas experimentais distintas entre os grupos de estudantes. Foram necessárias várias trocas entre estes grupos para se obter a complementariedade de informações para a compreensão plena da resposta ao problema.

A escolha dos conteúdos – as três leis de Newton – aconteceu de comum acordo entre o pesquisador e professores da unidade escolar. Essas leis que tratam respectivamente da Inércia, Princípio Fundamental da Dinâmica e Ação e Reação, são conceitos centrais para o entendimento dos conteúdos subsequentes que constam no currículo escolar.

A metodologia utilizada é de natureza qualitativa envolvendo pesquisa de campo e pesquisa bibliográfica sobre o assunto abordado, constituindo-se o referencial teórico para suporte e análise da pesquisa realizada com os estudantes.

Os dados e informações levantadas em sala de aula tratam do desenvolvimento de atividades experimentais apresentadas no contexto de uma situação instigante, qual seja um acidente na Lua de origem fictícia gerando problematizações como estratégia de ensino de Física junto aos estudantes.

Tais atividades pautadas nos conceitos fundamentais da Física objetivaram e focaram o estímulo ao envolvimento, engajamento e autonomia dos estudantes em um ambiente de trocas de experiências em vários níveis de socialização: em grupo, entre grupos, grupos-professor e grupos-classe.

Primeiramente a pesquisa envolveu a leitura do texto denominado “Acidente na Lua” para todos os grupos, aqui referenciado por etapa i. Posteriormente, a pesquisa envolveu a investigação intra grupos, aqui denominada de etapa 1. Nesta etapa os membros

de um mesmo grupo concentram-se em um experimento específico orientados por um roteiro explicativo a fim de favorecer o entendimento dos aspectos do “Acidente”, enxergando os estudantes como sujeitos ativos.

A etapa 2 denominada inter grupos, promoveu a troca provisória de membros entre grupos distintos com o objetivo de complementar aspectos diferentes do “Acidente”.

A terceira etapa, concentrou-se no retorno dos grupos às suas configurações originais e formulação da hipótese final para explicação do “Acidente”.

Por fim, cada um dos seis grupos apresentou sua hipótese para a classe e ao final foi feita uma votação dos grupos e do professor para eleger a explicação mais coerente com os objetivos da atividade.

Todas as etapas da atividade encontram-se no apêndice [A](#).

Esta dissertação encontra-se organizada em 5 capítulos: o capítulo [1](#) corresponde a esta introdução, o capítulo [2](#) faz um retrospecto sobre o ensino no decorrer do século XX e suas implicações para o ensino de Física, abarca a experimentação como estratégia didática para o ensino dos conteúdos de ciências, especificamente da Física, abordando as perspectivas das proposições já publicadas sobre o assunto.

O capítulo [3](#) discorre sobre as definições, importância e funcionamento dos conceitos e Leis específicas da disciplina de Física a serem desenvolvidos juntos aos estudantes, envolvendo as Três Leis de Newton: Inércia, Princípio Fundamental da Dinâmica e Ação e Reação. Estas Leis são vivenciadas no dia a dia pelas pessoas e se constituem em importantes parâmetros para que os estudantes possam associar, na medida do possível, a ciência com as ações cotidianas.

O capítulo [4](#) trata da pesquisa realizada junto aos estudantes e representa o esforço no tratamento dos dados e informações obtidas na pesquisa, envolvendo discussão, análise e avaliação dos resultados e os entraves encontrados. Por fim, tecemos nossas conclusões no capítulo [5](#).

2 Fundamentação Teórica

Há muito tempo se tem conhecimento sobre a importância de tornar os conteúdos curriculares mais próximos da realidade dos estudantes, dando-lhes “voz e ouvidos”. Vários educadores defendiam essas premissas, já há tempos remotos. Segundo [Gadotti \(2004\)](#) foi no início do século XX que o movimento da Escola Nova levanta essa bandeira de maneira mais afirmativa fazendo uma crítica contundente ao ensino tradicional da época.

Gadotti, discorrendo, sobre a história das ideias pedagógicas, descreve:

A escola nova representa o mais vigoroso movimento de renovação da educação depois da criação da escola pública burguesa. A ideia de fundamentar o ato pedagógico na ação, na atividade da criança, já vinha se formando desde a “Escola Alegre” de VITORINO DE FELTRE (1378–1446), seguindo pela pedagogia romântica e naturalista de Rousseau. Mas foi só no início do século XX que tomou forma concreta e teve consequências importantes sobre os sistemas educacionais e a mentalidade dos professores. [Gadotti \(2004, p. 142\)](#)

Segundo o autor, foi o educador norte americano John Dewey (1859-1952) o primeiro precursor do ideal pedagógico de que o ensino deveria se dar pela ação. “Para ele, a educação continuamente reconstruía a experiência concreta, ativa, produtiva, de cada um... A educação preconizada por Dewey era essencialmente pragmática, instrumentalista”. ([GADOTTI, 2004, p. 143](#))

Dewey defendia que a experiência concreta da vida se apresenta diante de problemas que a educação pode ajudar a resolver. Diante dos problemas há cinco estágios do ato de pensar: a necessidade sentida; a análise da dificuldade; as alternativas de solução do problema; a experimentação de várias soluções, até a aprovação de uma delas e a ação como prova final para a solução proposta, que deve ser verificada de maneira científica. Nessa perspectiva, educação é um processo de reconstrução e reconstituição da experiência.

Entretanto para Dewey não basta insistir na necessidade de experiência, nem mesmo em atividade do tipo de experiência:

Tudo depende da qualidade da experiência por que se passa. A qualidade de qualquer experiência tem dois aspectos: o imediato de ser agradável ou desagradável e o mediato de sua influência sobre experiências posteriores. O primeiro é obvio é fácil de julgar. Mas, em relação ao efeito da experiência, a situação constitui um problema para o educador. Sua tarefa é a de dispor as cousas para que as experiências, conquanto não repugnem ao estudante e antes mobilizem seus esforços, não sejam apenas imediatamente agradáveis mas o enriqueçam e, sobretudo o armem para novas experiências futuras. Assim como homem nenhum vive ou morre para si mesmo, assim nenhuma experiência vive ou morre para si mesma.

Independentemente de qualquer desejo ou intento, toda experiência vive e se prolonga em experiências que se sucedem. (DEWEY, 1976, p. 16)

Dewey defendia que a experiência só iria cumprir o seu papel na medida em que se apoiasse sobre a continuidade do conhecimento e quando esse conhecimento gerasse modificações significativas no estudante.

Segundo Cambi (1999, p. 552), Dewey preconizava a ideia de que, se quisesse dar uma nova direção às escolas, seria necessária uma teoria da experiência coerente que fornecesse uma direção positiva à escolha e à organização dos métodos e materiais educativos apropriados, sendo tal teoria “uma organização racional progressiva da experiência operada através do método científico que se caracteriza como pesquisa”.

De acordo com Zômpero e Laburú (2011), as atividades investigativas tiveram grande contribuição das ideias do autor escolanovista:

O ensino por investigação, conhecido também como “inquiry”, recebeu grande influência do filósofo e pedagogo americano John Dewey. Na literatura, encontram-se diferentes conceituações de inquiry, como: ensino por descoberta; aprendizagem por projetos; questionamentos; resolução de problemas, dentre outras. A perspectiva do ensino com base na investigação possibilita o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico. (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p. 68)

Neste aspecto, faz-se importante frisar que proporcionar atividades com a participação dos estudantes na resolução de problemas, nas observações e trocas necessárias favorece o raciocínio e o desenvolvimento de habilidades cognitivas, tornando o trabalho mais próximo da lógica científica. Nesse contexto, o ensino por investigação, segundo os autores, recebe grande influência de Dewey uma vez que esta embasado na experiência.

Segundo Gadotti (2004), a influência do pensamento pedagógico escolanovista no Brasil deu origem na década de 1960 às escolas ativas, aos ginásios vocacionais, às escolas experimentais, dentre outras. Como contribuição, a Escola Nova levou para a escola meios e técnicas alternativas, como o uso da televisão, rádio, vídeo e etc.

Muitas foram as influências do movimento da Escola Nova para a educação, sobretudo o aprender por experiências contribuindo para o envolvimento do estudante nas diferentes áreas do conhecimento.

Alves-Filho (2000) analisando a literatura escolar do ensino médio e o laboratório didático no Brasil salienta a importância do movimento renovador do ensino de Ciências nos Estados Unidos em 1955, que deu origem aos textos de Física na forma de projetos, de procedência norte americana, denominada *Physical Science Study Committee* (PSSC).

Segundo o autor, o grupo de professores do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) fez a tradução para o português entre 1961 e 1964, onde a proposta pedagógica foi revolucionária, pois teve o mérito de modificar radicalmente a percepção do que se entendia por ensino de Física até aquela época:

Um texto totalmente diferenciado, utilizando uma linguagem moderna, apresentava um seqüencial de conteúdo novo e incorporava tópicos pouco explorados no corpo dos textos tradicionais. Questões abertas foram inseridas no próprio texto e o laboratório passa a fazer parte integrante do curso. A prática experimental tinha sua inserção, à medida que fazia a inter-relação com a teoria no desenvolvimento de Física. Como novidade, filmes, produzidos especialmente para o projeto, são agregados como ferramentas de ensino. O conteúdo aliado a uma dinâmica metodológica, que por sua vez fazia uso de diferentes recursos já enumerados, se faz presente concomitantemente em todos os momentos do curso. Dessa forma, a novidade maior do PSSC estava na pluralidade de seus meios e no sincronismo de sua aplicação. A participação ativa do estudante era estimulada pelas discussões promovidas pelo professor através de questões abertas, manipulação experimental, etc. (ALVES-FILHO, 2000, p. 26-27)

De acordo com o pesquisador, a proposta do PSSC era promover uma participação mais ativa dos estudantes em todas as atividades, exigindo que todos realizassem o experimento ao mesmo tempo.

Do ponto de vista estrutural, “essa exigência criou a necessidade de produzir e oferecer equipamentos que se caracterizavam pela simplicidade e robustez” (BARRA e LORENZ, 1986 apud (ALVES-FILHO, 2000, p. 27).

Outra inovação apontada por Alves Filho era a recomendação de que os experimentos fossem realizados “antes de seus tópicos serem apresentados no texto” (ALVES-FILHO, 2000, p. 28, grifos do autor). O que, segundo o autor, caracterizava grande inovação se comparada com o uso tradicional do laboratório como elemento demonstrativo e confirmativo. O laboratório didático até então, segundo o autor estava centrado na figura do professor:

cujos experimentos se caracterizavam predominantemente por demonstrações ou por comprovações do conteúdo já estudado. Tal prática remetia a um conhecimento científico pronto, completo e acabado. Prática plenamente de acordo com uma visão conservadora e reprodutivista. O laboratório didático tinha a finalidade de corroborar a construção teórica, imprimindo a esta uma aura de verdade inquestionável e terminada. (ALVES-FILHO, 2000, p. 77-78)

Segundo o autor, o pioneirismo do PSSC deve ser ainda hoje respeitado pelo que representou para o ensino de Física.

No entanto, com o advento da pedagogia Tecnicista que se consubstanciou no cenário educacional brasileiro, principalmente ao final da década de 1960, logo após o

golpe militar de 1964 o país necessitava de formação de mão-de-obra para atender ao novo modelo de governo e, em resposta a essa demanda a escola precisou se adequar às novas exigências da sociedade contempladas nas propostas advindas do acordo MEC-USAID (1966) de cunho tecnicista.

Na década de 1970, [Alves-Filho \(2000\)](#) menciona que o ensino de Física estava associado à concepção de laboratório programado que era estruturado em sequência de objetivos que o estudante deveria alcançar.

O aluno recebia um guia de estudo que deveria seguir realizando o experimento sozinho e não mais em grupo como nas demais propostas. Tal postura tinha como foco o respeito na velocidade de aprendizagem no aluno, gerando problemas, pois ocorria pouco aproveitamento.

Nesta abordagem, a socialização, a discussão, as trocas eram restritas. Werlang discorre sobre as consequências desta prática:

laboratório programado (tipo "receita de bolo"), provocava uma desmotivação, a qual se manifestava na realização das atividades de forma mecânica, na maioria das vezes, com pouca ou nenhuma discussão dos conceitos físicos envolvidos. A maioria dos alunos passava a se concentrar em um único aspecto do problema e na realização da sequência de passos, a fim de terminar a tarefa sugerida. Ainda, foi observado que muitos simplesmente plagiavam as respostas dos seus pares. ([WERLANG et al., 2012](#), p. 254)

Nessa perspectiva, o processo de ensino passa a enfatizar a reprodução do conhecimento, valorizando o treinamento e a repetição como estratégias de assimilação dos conteúdos curriculares.

Segundo [Silva \(2017\)](#) tem-se uma inversão do processo pedagógico na qual os meios e técnicas determinam os fins do processo educacional. No modelo tecnicista de educação há uma exigência de produtividade por meio da racionalização das ações propondo objetivos de ensino fragmentados por meio de inúmeros exercícios caracterizados como estudo dirigido e fragmentado que influenciam todas as disciplinas e ou áreas do conhecimento.

No início da década de 1980 existe um fortalecimento do movimento a favor do debate e revisão crítica sobre os modelos da didática existentes. Os estudos de teóricos contrários ao modelo vigente, principalmente advindos de Jean Piaget, cujas ideias embasaram o construtivismo e de Lev Semenovich Vygotsky, o principal teórico da corrente sócio cultural começam, a tomar força no Brasil.

Segundo Mainardes e Pino:

A teoria de Vigostki começou a ter entrada no Brasil de modo lento, na segunda metade da década de 70. Na década de 80, em universidades como Unicamp e PUC/SP, foram se formando grupos de estudiosos da

obra desse autor que influenciaram a formação de outros grupos em outras universidades de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. O contexto histórico e político da década de 80, principalmente com o processo de redemocratização do país oferecia condições favoráveis à retomada das discussões educacionais numa perspectiva crítica, assim como à implementação de mediadas inovadoras nos sistemas de ensino e à reação contra o dogmatismo teórico que predominara na década anterior. (MAINARDES; PINO, 2000, p. 255)

Segundo Rego (2000), os estudos de Vygotsky estavam marcados pelo contexto sócio-político e cultural em que esteve inserido, sendo este proveniente da sociedade soviética pós-revolucionária. Nessa sociedade, a ciência era extremamente valorizada devido à expectativa de que os avanços científicos trouxessem a solução dos prementes problemas sociais e econômicos do povo soviético. A necessidade de afirmação ideológica e as demandas práticas exigidas pelo governo influenciavam a elaboração de teorias nos diversos campos do conhecimento.

A produção acadêmica desse período, segundo a autora, além de intensa, tinha um ponto em comum: a preocupação pelo desenvolvimento de abordagens históricas para a pesquisa de diferentes objetos de estudo.

Desse modo, a atmosfera de sua época era de grande inquietação e estímulo para a busca de respostas às exigências de uma sociedade em processo de transformação. Como exemplo destas aspirações, destaca-se o poder atribuído à educação, que se traduzia no esforço de elaboração de programas educacionais eficientes, que erradicassem o analfabetismo e oferecessem melhores oportunidades aos cidadãos.

Em meio a esse contexto, seus estudos pautavam-se nas chamadas funções psicológicas superiores, tipicamente humanas, referindo-se a mecanismos intencionais, tais como a capacidade de planejamento, memória voluntária e imaginação. “Estes processos para Vygotsky não são inatos, eles se originam das relações entre indivíduos humanos e se desenvolvem ao longo do processo de internalização de formas culturais de comportamento” (REGO, 2000, p. 39).

De acordo com Farias e Bortolanza (2013, p. 97–98), Vygotsky dedicou-se ao estudo do desenvolvimento das funções psicológicas superiores evidenciando a importância do ensino incidir na área de desenvolvimento próximo ou iminente do aluno.

Segundo Rego, Vygotsky partiu da necessidade de estudar o comportamento humano enquanto fenômeno histórico e socialmente determinado. Para tanto, junto com seus seguidores desenvolveram estudos que pudessem atestar a ideia de que o pensamento adulto é culturalmente mediado pela linguagem.

Farias e Bortolanza (2013, p. 101) enfatizam a necessidade do entendimento do conceito de mediação em contextos escolares e o papel do professor por meio da linguagem como agente organizador do trabalho educativo e mediador do processo ensino-aprendizagem:

o processo de aquisição de conhecimento se dá a partir das interações com outros e, esse processo de interação é mediado por artefatos físicos e ferramentas simbólicas, ambos criados pelo homem para servirem de mediadores das próprias ações no mundo. A mediação é condição necessária para o desenvolvimento cultural do indivíduo.

Elas partem da concepção da linguagem como sistema de signos, constituindo-se como instrumento cultural mediador da atividade do homem, representando o principal recurso na mediação pedagógica, sendo a base das interações sociais.

Para Vygotsky 2012 apud [Farias e Bortolanza \(2013, p. 100\)](#) linguagem é concebida:

como um sistema de signos dotados de sentido e significado que se desenvolve inicialmente no âmbito da família...estendendo-se para outros espaços. Portanto é no convívio social que a linguagem atua como um instrumento da comunicação, mediando o processo de internalização dos conhecimentos científicos que ordenam o mundo, e, simultaneamente, para o desenvolvimento do pensamento.

Daí decorre que a significação é dada pela linguagem, principal instrumento constituidor das interações com o outro representando ferramenta mediadora fundamental no trabalho docente.

[Rego \(2000\)](#) explica que a linguagem para Vygotsky proporciona a mediação dos seres humanos entre si e deles com o mundo, pois representa um signo mediador por excelência carregando em si os conceitos generalizados e elaborados pela cultura humana.

O pressuposto da mediação é fundamental na perspectiva sócio histórica, pois caracteriza a relação do homem com o mundo e com os outros homens, proporcionando o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, representando, assim, um dos pilares das teses vygotskianas.

Nesses termos, em ambiente escolar, trata-se de proporcionar situações pedagógicas e ou estratégias de ensino voltadas para a aprendizagem dos estudantes que vai ocorrer pela mediação.

A mediação tem papel decisivo na educação escolar, pois um ensino verbalista, baseado na transmissão oral por parte do professor, ou então espontaneísta, que abdica do papel de desafiar e intervir no processo de apropriação do conhecimento são totalmente infrutíferos e inadequados. A escola:

por oferecer conteúdo e desenvolver modalidades de pensamento bastante específicos, tem um papel diferente e insubstituível, na apropriação pelo sujeito da experiência culturalmente acumulada. Justamente por isso, ela representa o elemento imprescindível para a realização plena do desenvolvimento dos indivíduos (que vivem em sociedades escolarizadas) já que promove um modo mais sofisticado de analisar e generalizar os elementos da realidade: o pensamento conceitual. Na escola, as atividades educativas, diferentes daquelas que ocorrem no cotidiano

extra-escolar, são sistemáticas, têm uma intencionalidade deliberada e compromisso explícito (legitimado historicamente) em tornar acessível o conhecimento formalmente organizado. Nesse contexto, as crianças são desafiadas a entender as bases dos sistemas de concepções científicas e a tomar consciência de seus próprios processos mentais. Ao interagir com esses conhecimentos se transforma... obter o domínio de formas complexas de cálculos, construir significados a partir das informações descontextualizadas, ampliar seus conhecimentos, lidar com conceitos científicos hierarquicamente relacionados, são atividades extremamente importantes e complexas, que possibilitam novas formas de pensamento, de inserção e atuação em seu meio. (REGO, 2000, p. 103–104).

Se, para obter os conhecimentos científicos é preciso apropriar-se da linguagem, então se faz importante entender como se dá a relação entre conceito espontâneo e conceito científico. Sabemos que os processos ensino e aprendizagem desempenham um importante papel na sua aquisição e que todo conhecimento científico depende da estrutura conceitual formada anteriormente, ou seja, dos conhecimentos espontâneos formados mediante as experiências de vida direta dos estudantes.

Para Vigotski (2008, p. 72–73):

A formação de conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à interferência ou às tendências determinantes. Todas são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como o meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução do problema que enfrentamos.

Nesta perspectiva, a intervenção docente se faz importante principalmente na formação de conceitos, de maneira a evitar a mera reprodução do conhecimento verbal ou apresentação de definições já prontas ao estudante, desconsiderando a dinâmica do processo de elaboração do conceito. Na busca da aprendizagem destes, existe uma relação de direcionamento dos processos mentais com a ajuda de palavras e signos para a formação de conceitos.

Tanto os conceitos espontâneos quanto os científicos se relacionam na medida em que um influencia o desenvolvimento do outro, porém possuem trajetórias opostas. Os conceitos espontâneos são aqueles que se originam da experiência direta da pessoa, ou seja o educando possui o conceito, conhece o objeto na qual se refere, mas não está consciente do seu próprio ato de pensamento. Por outro lado no conhecimento científico, conhecimento de origem formal, os conceitos são sistemáticos e hierárquicos, apoiam-se de certa forma nos conceitos espontâneos, tal qual veremos a seguir.

No estudo experimental dos processos intelectuais dos adolescentes:

...observamos como as formas primitivas de pensamento (sincréticas e por complexos) gradualmente desaparecem, como os potenciais vão sendo usados cada vez menos, e começam a formar-se os verdadeiros

conceitos-espôadicamente no início, e depois com frequência cada vez maior. No entanto, mesmo depois de ter aprendido a produzir conceitos, o adolescente não abandona as formas mais elementares; elas continuam a operar ainda por muito tempo, sendo na verdade predominantes em muitas áreas do seu pensamento. (VIGOTSKI, 2008, p. 98)

Para Vygotsky o desenvolvimento do conceito espontâneo e dos conceitos não espontâneos – se relacionam e se influenciam constantemente:

Fazem parte de um único processo: o desenvolvimento da formação de conceitos, que é afetado por diferentes condições externas e internas, mas que é essencialmente um processo unitário, e não um conflito entre formas de inteligência antagônicas e mutuamente exclusivas. O aprendizado é uma das principais fontes de conceitos. (VIGOTSKI, 2008, p. 98)

Os conceitos se formam e se desenvolvem de maneiras diferentes a depender do fato de se originarem do aprendizado em sala de aula ou da experiência pessoal do estudante. Vigotski (2008, p. 109) coloca que “descobrir a complexa relação entre o aprendizado e o desenvolvimento dos conceitos científicos é uma importante tarefa prática”.

Segundo Vigotski (2000, p. 237) a formação dos conceitos surge sempre “no processo de solução de algum problema que se coloca para o pensamento do adolescente. Só como resultado da solução desse problema surge o conceito”.

Nessa perspectiva o papel da escola e do professor são de propôr atividades de ensino que sejam fundamentais e auxiliadoras no processo de aquisição dos conceitos científicos necessários ao aprendizado dos estudantes.

Sobre isso, Vigotski (2008, p. 66–67) coloca também a importância de se considerar "que um conceito não é uma formação isolada, fossilizada e imutável, mas sim uma parte ativa do processo intelectual, constantemente a serviço da comunicação, do entendimento e da solução de problemas".

Werlang et al. (2012) discorre que ao propor um problema, este deve estar um pouco acima do nível de desenvolvimento cognitivo dos estudantes para que a solução seja encontrada por meio de interações sociais.

Salienta que os parceiros da interação social podem estar em distintos níveis de desenvolvimento cognitivo e todos serão favorecidos no processo desde que haja trocas mútuas de significados.

Nessa perspectiva, para que o ensino cumpra o seu papel é indispensável a intervenção efetiva do professor, diretamente, nas chamadas zonas de desenvolvimento proximal dos estudantes por meio de questionamentos, explicações e demonstrações suscitando a participação discente no processo de aquisição do conhecimento.

Segundo (VIGOTSKI, 2008, p. 97), zona de desenvolvimento proximal é a distância entre o nível de desenvolvimento real:

que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

A zona de desenvolvimento proximal identificada por Vygotsky (REGO, 2000) relaciona-se às capacidades em vias de serem construídas. É através dela que se possibilita identificar não só os conceitos que os estudantes já sabem mas também aqueles que estão em vias de serem construídos. Isto permite planejar ações pedagógicas que auxiliem e subsidiem este processo.

Segundo Rego (2000, p. 74)

o aprendiz é o responsável por criar a zona de desenvolvimento proximal, na medida em que, em interação com outras pessoas é possível colocar em movimento vários processos de desenvolvimento que, sem ajuda externa, seriam impossíveis de ocorrer. Esses processos se internalizam e passam a fazer parte das aquisições do seu desenvolvimento individual.

Já o desenvolvimento real é caracterizado pela capacidade já existente no educando de resolver determinados problemas, daí a necessidade de conhecer o que os estudantes já conhecem sobre o que vai ser ensinado, pois do ponto de vista pedagógico não há relevância de se ensinar aquilo que o discente já conhece.

Diante das contribuições acima e direcionando nosso olhar para o ensino de Física é importante proporcionar oportunidades para que os estudantes discutam fenômenos por meio de problemas que sejam possíveis de serem discutidos, permitindo o entendimento dos conceitos envolvidos.

Para tanto, o uso de experimentos com elaboração de atividades desafiadoras, que tem como aspecto principal a mediação docente, podem possibilitar a proposição de atividades motivadoras e estimuladoras para os discentes sobre a formação de conceitos físicos, objeto de estudo da presente pesquisa.

A partir do exposto, analisamos algumas pesquisas sobre o ensino de Física pautados na teoria sociointeracionista de Vygotsky.

Gaspar e Monteiro (2005) apresentam algumas características das atividades de demonstração que permitem fundamentar o seu uso em sala de aula a partir da teoria de Vygotsky.

Salienta que o professor é o parceiro mais capaz, ou seja, aquele que faz as coisas acontecerem, orienta a observação, dá as explicações adequando-as ao conteúdo apresentado e ao nível cognitivo dos alunos. As atividades de demonstração exigem ação consciente e planejada do professor.

Boss et al. (2012) analisam a importância educativa dos conteúdos de Física nos anos iniciais do ensino fundamental utilizando como referencial teórico sobretudo os estudos de Vygotsky sobre a formação de conceitos.

Desta forma utilizam atividades experimentais não só como meio de ensinar o conteúdo conceitual, mas buscando explorá-las, com a proposição de atividades estimulantes e exploradoras tendo como aspecto fundamental a mediação docente.

Foram propostas atividades com experimentos de Física e os resultados apontaram que o uso de atividades experimentais foram explorados tendo como pressuposto fornecer conhecimentos importantes para a realização da atividade.

Os autores destacam que é preciso pensar na formação do professor pois para realizar a mediação é imprescindível que este tenha uma boa formação inclusive conhecimentos básicos de ciência.

Werlang et al. (2012, p. 252) analisam a implicação da inserção da teoria sociointeracionista de Vygotsky em atividades de laboratório de Física básica em um curso de graduação de geofísica.

Partindo da interação social como condição primordial para o aprendizado enfatiza que este se processa primeiro em nível interpessoal, para então ser processado em nível intrapessoal. Como resultados, o estudo indicou evidências de uma aprendizagem mais eficaz e aquisição de habilidades e atitudes científicas mais eficientes do que o enfoque tradicional:

ao propor uma atividade de laboratório, almeja-se conceber um problema que esteja um pouco acima do nível de desenvolvimento cognitivo do discente, a fim de que ele possa encontrar a solução de forma colaborativa, potencializando a interação social. Assim sendo, o problema proposto deve encontra-se na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que é a região entre o nível de desenvolvimento real do indivíduo, avaliado a partir de sua capacidade de solução autônoma de tarefas, e o seu grau de desenvolvimento potencial(...)se o docente quiser promover o desenvolvimento cognitivo dos discentes, os roteiros concebidos devem privilegiar a linguagem, o mais importante sistema de signos do homem, convertendo relações sociais em funções mentais. Através desta mediação, o sujeito pode reconstruir internamente uma operação externa, sendo que esta mediação é feita por instrumentos e signos, que são construções sociointeracionistas. (WERLANG et al., 2012)

Galbiatti e Camargo (2016) analisam uma sequência didática envolvendo cinco montagens experimentais compondo uma abordagem de ensino elaborada e aplicada com estudantes de um curso de licenciatura em Física. Por meio da análise da sequência didática foi possível formular que tal sequência se constituiu como um instrumento valioso no norteamento das atividades realizadas com estudantes de licenciatura em Física.

As interações foram bem sucedidas e a argumentação de alguns estudantes evoluiu

no sentido da compreensão dos conceitos envolvidos. O professor cumpriu papel de parceiro mais capaz de todos os sujeitos envolvidos nas atividades. Foi agente motivador, norteador, auxiliar e esclarecedor durante as atividades colaborando com os sujeitos na compreensão dos conceitos na descrição dos fenômenos observados.

No próximo capítulo abordaremos as definições das leis envolvidas na presente pesquisa: Inércia, Princípio Fundamental da Dinâmica e Ação e Reação.

3 As três Leis de Newton

A pesquisa aqui apresentada fundamenta-se no ensino das três leis do movimento de Isaac Newton, as quais fazem parte do conteúdo curricular da disciplina de Física e são abordadas, normalmente, no primeiro ano do ensino médio.

Esses conceitos pertencem ao campo denominado mecânica clássica ou mecânica Newtoniana, estudado em cinemática.

Segundo [Antunes, Galhardi e Hernaski \(2018, p. e3311-1\)](#) a cinemática estuda "os princípios que regem os movimentos dos corpos no espaço enquanto o tempo flui".

As três leis fundamentais do movimento, conhecidas como as três leis de Newton, também denominadas respectivamente de Princípio da Inércia (1ª lei); Princípio Fundamental da Dinâmica (2ª lei) e Ação e Reação (3ª lei) são as leis que fundamentam, no ensino médio, o aprendizado da cinemática.

Segundo os autores, Newton foi capaz de condensar os princípios que regem a dinâmica dos corpos em suas três leis do movimento.

Do filósofo grego Aristóteles até o físico Italiano Galileu Galilei, muitos estudos foram feitos a respeito das leis que regem o movimento dos corpos. Com Aristóteles, formalizou-se o "início do pensamento científico, e embora ele não as considerasse como palavras finais sobre o assunto, seus seguidores encararam-nas como além de qualquer questionamento por quase 2000 anos"([HEWITT, 2000, p. 45](#)).

Galileu, físico e cientista italiano do século dezessete começou a dar importância ao pensamento de Nicolau Copérnico colocando portanto em dúvida "as idéias de Aristóteles sobre o movimento. Embora não fosse o primeiro a apontar dificuldades nas concepções de Aristóteles, Galileu foi o primeiro a fornecer uma refutação definitiva delas através da observação e dos experimentos"([HEWITT, 2000, p. 46](#)).

No mesmo ano da morte de Galileu Galilei nasce Isaac Newton, que aos 23 anos de idade começa a pensar e construir a base do pensamento científico que o tornaria imortal, começando pela criação do "cálculo, uma ferramenta matemática indispensável à ciência; estendeu o trabalho de Galileu e formulou as três leis fundamentais do movimento"([HEWITT, 2000, p. 49](#)) entre diversas outras teorias e leis científicas.

Segundo [Hewitt \(2000\)](#), aos 42 anos Newton iniciou a escrita daquele que seria considerado como um dos grandes livros científicos já escritos: o *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, impresso em latim no ano de 1687 e somente impresso em inglês em 1729, dois anos após a morte do filósofo.

3.1 A primeira lei de Newton

A primeira lei afirma que:

"Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele." (NEWTON, 2012, p. 48)

Esta lei diz que quando a soma de todas as forças que atuam sobre um corpo forem iguais a zero, este corpo poderá assumir duas situações: repouso (velocidade igual a zero) ou movimento retilíneo e uniforme (velocidade constante). Isto significa que o corpo não adquire aceleração. Esta lei também é conhecida como Princípio da Inércia e sua representação em notação matemática moderna é dada por:

$$\sum \vec{F} = 0 \rightarrow \text{M.R.U.} \quad (3.1)$$

Segundo (HEWITT, 2000, p. 48):

a palavra chave nesta lei é permanece: um objeto permanece fazendo seja o que for, a menos que uma força seja exercida sobre ele. Se ele está em repouso, ele permanece em estado de repouso. Isto é ilustrado quando uma toalha de mesa é habilidosamente puxada de súbito por baixo dos pratos sobre uma mesa, deixando tais pratos em seus estados iniciais de repouso. Se um objeto esta se movendo, ele permanece se movendo, sem fazer curva ou alterar sua rapidez. Isto é evidente nas sondas espaciais que movem-se permanentemente no espaço exterior. As alterações no movimento devem ser impostas contra a tendência de um objeto em reter seu estado de movimento. Esta propriedade dos objetos de resistir a alterações no movimento é chamada de inércia.

Sobre essa lei, vale destacar as ressalvas apontadas por Silva (2017, p. e3001-2) em que poucos materiais didáticos abordam questões de cunho elementar sobre a primeira lei de Newton e isso deixa a compreensão dos alunos sobre esta lei significativamente superficial "uma vez que quando o objeto está ausente de forças, o movimento é retilíneo e uniforme (M.R.U.)". Isso induz ao pensamento de que o MRU é consequência da segunda lei de Newton, no caso de não haver força resultante atuando sobre o sistema.

Para eles, parece natural que na ausência de aceleração, um corpo se mova em MRU. É imprescindível que o aluno entenda que a segunda lei de Newton nos diz como se dá a dinâmica do sistema quando sujeito a força resultante, mas não nos diz nada sobre como se dá esta dinâmica quando o sistema esta livre da força resultante. Sem a primeira lei de Newton não sabemos como é o movimento de um corpo com a aceleração nula. É a primeira lei de Newton que imporá que nesse caso o movimento será retilíneo e uniforme. (SILVA, 2017, p. e3001-3)

Segundo Antunes et al (2018, p.e3311-2): "A primeira lei, também chamada lei da inércia, serve para limitar o escopo da segunda lei, de modo que a validade desta última é restrita à classe de referenciais inerciais (aqueles que obedecem a lei da Inércia)".

3.2 A segunda lei de Newton

Antunes et al (2018, p. e3311-2) discorrem que "a segunda lei afirma que o estado de um objeto é completamente determinado por sua posição e velocidade em qualquer instante do movimento."

Segundo Hewitt (2000, p. 77):

a maioria dos movimentos que observamos sofre alterações, que são o resultado de uma ou mais forças aplicadas. Toda a força resultante, seja ela de uma única fonte ou de uma combinação de fontes, produz aceleração. A relação da aceleração com a força resultante e a inércia é dada pela segunda lei de Newton.

A segunda lei do movimento foi formulada por Newton (2012, p. 54) da seguinte forma: "A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida".

Também conhecida como o Princípio Fundamental da Dinâmica, para os casos em que a massa do corpo não varia, essa lei é traduzida matematicamente por:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}. \quad (3.2)$$

3.3 A terceira lei de Newton

Enquanto nas duas primeiras leis do movimento de Newton o conceito de força é estudado como uma grandeza em si, na terceira lei o conceito de força é pensado como resultado da interação entre dois corpos. Hewitt (2000, p. 85):

Num sentido mais amplo, uma força não é uma coisa em si mesmo, mas surge como resultado da interação entre uma coisa e outra. Se você empurra uma parede com os dedos, mais coisas estão ocorrendo além de seu empurrão. A parede também está empurrando você. De que outra forma, você poderia explicar que seus dedos fiquem dobrados? Seus dedos e a parede empurram-se mutuamente.

De acordo com Hewitt (2000, p. 87):

"Em qualquer interação há sempre um par de forças de ação e reação, que são iguais em valor e de sentidos opostos. Nenhuma força existe sem a outra - as forças aparecem em pares, uma é a ação e a outra é a reação. O par de forças de ação e reação constitui uma interação entre duas coisas."

Em várias outras situações cotidianas podemos presenciar e observar a terceira lei de Newton ou lei da Ação e Reação. Por exemplo, quando andamos empurramos o chão para trás ao mesmo tempo que o chão nos empurra para frente, ou ainda quando

uma pessoa está nadando os seus braços empurram a água para trás e simultaneamente a água empurra a pessoa para frente. Em todas essas situações, chão-pessoa e água-pessoa, presenciamos a atuação de um par de forças interagindo reciprocamente. Esta interação entre duas forças tem sempre e em quaisquer circunstâncias a mesma direção, sentido contrário e possui a mesma magnitude ou mesmo valor.

Newton (2012, p. 54) formulou da seguinte maneira sua terceira lei: "A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas".

Matematicamente simbolizada:

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1} . \quad (3.3)$$

A seguir trataremos da pesquisa realizada junto aos estudantes.

4 Materiais e Métodos

Esta pesquisa de natureza qualitativa envolveu pesquisa de campo e bibliográfica sobre o ensino das três leis de Newton que tratam respectivamente da Inércia, Princípio Fundamental da Dinâmica e Ação e Reação. Constituiu-se o referencial teórico para suporte e análise da pesquisa realizada com estudantes do ensino médio.

4.1 Público alvo

Desenvolvemos as atividades de pesquisa junto aos estudantes das três turmas do primeiro ano do ensino médio, em uma escola pública do estado de São Paulo. Estas turmas estão identificadas por A, B e C. Cada turma é composta por 35 estudantes, totalizando 105 discentes. O tempo utilizado para o desenvolvimento das atividades foi de 4 horas aula em cada turma, totalizando 12 horas aula de trabalho junto aos estudantes.

Vale ressaltar que a escolha dos conteúdos aconteceu de comum acordo entre o pesquisador e professores da unidade escolar. Ambos com entendimento de que as três leis de Newton são conceitos centrais para estudos subsequentes que constam no currículo.

4.2 Instrumento de pesquisa

Propusemos uma problema de origem fictícia criado por nós, pesquisador e orientador, para que os estudantes em sala de aula pudessem se engajar e se envolver na resolução do problema. Por meio da leitura do texto fictício e através da realização de experimentos relacionados às três leis de Newton, buscamos uma dinâmica que proporcionasse discussão e interação para a resolução do problema proposto.

O problema proposto aos estudantes foi uma ficção futurista chamada “Acidente na Lua”, que trata de um suposto acidente em um estação lunar. Nesta, um pesquisador da estação, chamado Dr. Caio Torres, morre ao cair de uma torre em que fazia o descarte de rochas lunares.

Na história, a intenção é a de que os estudantes assumissem o papel de investigadores. A apresentação do problema e os roteiros para cada conjunto de experimentos encontram-se no apêndice [A](#).

Na ficção, os estudantes são convocados, pelas autoridades locais, a explicarem como e por que esse acidente ocorreu e, como consequência, determinar se há elementos que indiquem um assassinato.

Frisamos aos estudantes que todos os seus argumentos deveriam se embasar nas leis da Física, particularmente da mecânica.

A dinâmica da atividade ocorreu da seguinte maneira: inicialmente, foi solicitado que os alunos se distribuíssem, à vontade deles, em seis grupos de aproximadamente cinco estudantes por grupo.

O professor, então, apresentou a atividade e explicou os vários momentos envolvidos: (i) leitura do texto “Acidente na Lua” - de uma página igual para todos os grupos; (Etapa 1) etapa de investigação intra grupos, em que os membros de um mesmo grupo concentram-se em um experimento específico com um roteiro explicativo para favorecer o entendimento de aspectos do “Acidente”.

Vale ressaltar que os roteiros foram necessários para orientar a realização da atividade, pois não havia possibilidade de o professor acompanhar todos os grupos ao mesmo tempo.

Também é necessário frisar que este roteiro, distribuídos um por grupo, não foi estruturado com a intenção de direcionar a realização do experimento de forma mecânica, fechada e sem interações. Ao contrário, o uso de roteiros foi elaborado tendo em vista o que descreve [Werlang et al. \(2012, p. 254\)](#):

uma nova abordagem para os roteiros que vislumbre o aluno como um sujeito ativo, pensante, autônomo e protagonista do processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, os métodos ou processos deixam de ter um papel secundário e passam a identificar-se com o próprio exercício de competências.

[Werlang et al. \(2012, p. 253\)](#) discorrem ainda que na proposta vygotskyana o indivíduo nasce com funções psicológicas tais como a atenção não voluntária e reflexos e que durante a promoção das interações sociais essas funções são lapidadas e passam a compor as funções psicológicas superiores tais como:

...planejamento, a atenção, a memória, a imaginação e o pensamento. Portanto, os processos mentais superiores têm sua origem em processos sociais. Dessa forma, se o docente quiser promover o desenvolvimento cognitivo dos discentes, os roteiros concebidos devem privilegiar a linguagem, o mais importante sistema de signos do homem, convertendo relações sociais em funções mentais. Através dessa mediação, o sujeito pode reconstruir internamente uma operação externa, sendo que essa mediação é feita por instrumentos e signos, que são construções sociointeracionistas.

Posteriormente, passamos para a (Etapa 2), inter grupos, em que há a troca provisória de membros entre grupos distintos com o objetivo de complementar aspectos diferentes do “Acidente” e (Etapa 3) retorno dos grupos às suas configurações originais e formulação da hipótese final para explicação do “Acidente”.

Para finalizar, cada um dos seis grupos apresenta sua hipótese para a classe e ao final é feita uma votação dos grupos e do professor para eleger a explicação mais coerente com os objetivos da atividade.

A etapa (i) é a mais introspectiva, com a finalidade de os estudantes se inteirarem de forma individual sobre o contexto do problema.

Na etapa 1 são propostos três experimentos, envolvendo as três leis de Newton, com objetivo de facilitar o entendimento dos conceitos envolvidos na resolução do problema: qual a causa da morte do Dr. Torres, pois partimos da premissa de que as informações obtidas em um único experimento não seriam suficientes para uma resposta satisfatória ao problema.

Esta etapa é a mais importante do ponto de vista da experimentação, pois os experimentos procuram simular aspectos do “acidente”. Cada dois grupos, de forma separada, estudam um mesmo tipo de experimento usando um mesmo roteiro (apêndice A) e um mesmo kit experimental. O apêndice B contém uma explicação detalhada sobre o funcionamento de cada experimento.

Vale ressaltar que todos os kits experimentais foram planejados e desenvolvidos tendo em vista a confecção de equipamentos e aparatos instrumentais de baixo custo construídos por nós, pesquisadores, no laboratório da universidade: carrinhos, pêndulos, rampas e parapeitos de madeira, utilização de esferas de isopor e resina, ímãs e tapetes de E.V.A. para proteção contra impacto das esferas no solo, etc.

Na etapa 2, dois alunos de um mesmo grupo foram, cada um, para um grupo diferente envolvendo um experimento diferente. Nesse momento, o objetivo foi que esses alunos coletassem informações do grupo visitado de forma a ampliar o entendimento dos fenômenos estudados ao agregar informações ao seu experimento. Foi importante que os alunos que permaneceram no grupo visitado somente fornecessem informações aos visitantes, mas não requisitassem informações a eles. Isso foi papel dos alunos visitantes.

Na última etapa, (Etapa 3) houve retorno dos estudantes aos seus grupos originais e à construção final da resposta à pergunta central do problema proposto. Notamos que todos os grupos tiveram acesso às informações dos três experimentos devido às etapas (1 e 2).

Em todas as etapas, o orientador e o mestrando estiveram mediando os grupos, em que se estabeleceu a interação professor-aluno.

Para favorecer e fomentar as trocas e discussões, concluímos que em cada classe seriam necessários dois experimentos para cada lei, configuradas da seguinte forma: nos grupos A1 e A2 traçamos como meta abordar a 1ª lei de Newton (ou princípio da Inércia). Nos grupos B1 e B2, a 2ª lei de Newton (ou princípio fundamental da dinâmica) e nos grupos C1 e C2 a 3ª lei de Newton (ou princípio da ação e reação).

As divisões dos experimentos ficaram da seguinte forma: grupos A1 e A2 - conjunto de pêndulos; grupos B1 e B2 – movimento de queda dos corpos e grupos C1 e C2 – força aplicada entre corpos (apêndice A.2).

No desenvolvimento dos experimentos, fizemos uma série de perguntas a serem respondidas pelos grupos durante as várias etapas de interação, com a intenção de promover o engajamento do estudante nas atividades propostas.

As perguntas foram formuladas tendo em vista favorecer a interação dos estudantes com os experimentos realizados. Buscamos envolver os estudantes na resolução do problema e proporcionar situação de interações e trocas de experiências nos diferentes níveis de socialização.

A atividade foi aplicada, de forma repetida, para cada uma das três turmas do 1º ano do ensino médio, identificadas por A, B e C. Cada turma era composta por 35 estudantes. O tempo utilizado para o desenvolvimento das atividades foi de 4 horas aula em cada turma. É importante salientar que a atividade foi realizada com as turmas em separado, ou seja, não houve interação entre estudantes de turmas diferentes. As atividades de pesquisa foram desenvolvidas em uma sala da unidade escolar reservada para atividades experimentais. Nesta sala, as mesas eram retangulares e proporcionaram a organização de aproximadamente 6 estudantes em cada uma. O espaço era maior em comparação com a sala de aula regular o que favoreceu a execução da dinâmica proposta.

4.3 Critérios de análise

Salientamos que a categorização utilizada para melhor visualização das respostas registradas pelos estudantes foi a atribuição de três cores diferentes para as células das tabelas apresentadas nos resultados, descritos no capítulo 5. As cores adotadas foram: verde, amarela e laranja.

Segundo Bardin (1977) "A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o género (analogia), com os critérios previamente definidos".

Ainda de acordo com a autora, na sua técnica proposta para examinar os dados (análise de conteúdo), a categorização tem como objetivo principal "fornecer, por condensação, uma representação simplificada dos dados brutos", sendo que para a pesquisa científica a maneira de ordenar a classificação dos dados tem importância considerável. A seguir apresentaremos o significado das nossas categorizações através das cores utilizadas nas células das tabelas.

As células de cores verdes correspondem às respostas mais adequadas dadas pelos grupos para as questões do problema. Nesta categorização observamos engajamento e

envolvimento dos estudantes de maneira intensa durante as atividades propostas. As respostas dadas por eles indicam superações de conhecimentos considerados espontâneos.

Nesta classificação, os estudantes aparentemente sistematizam os conceitos científicos que envolvem a experimentação. Segundo [Vigotski \(2008\)](#), a sistematização dos conceitos científicos é papel fundamental no desenvolvimento humano, que por sua vez é tarefa principal da escola. Esta sistematização é potencializada por meio de questionamentos, desafios e interações sociais diversas.

As células amarelas foram atribuídas àquelas respostas que se aproximam da considerada adequada. Aqui prevalecem as que se encontram no nível de desenvolvimento proximal, ou seja, se relacionam às capacidades em vias de serem construídas ([REGO, 2000](#), p. 72).

Para Vygotsky, a zona de desenvolvimento proximal é caracterizada pela possibilidade de resolução de problemas quando o educando conta com a colaboração de pares, do professor, mediante diálogos, experiências compartilhadas e das pistas que lhe são fornecidas. Porém, ainda não se estabeleceram enquanto Zona de Desenvolvimento Real.

Já as laranjas apontam as respostas que se afastam do esperado, indicando que os estudantes mesmo com a interferência de outras pessoas e das trocas proporcionadas pelas interações diversas, aparentam não terem superado os conhecimentos embasados no senso comum. Desta forma, podemos inferir que as mediações foram insuficientes para a superação dos conhecimentos espontâneos.

5 Resultados e discussão

5.1 Etapa i – Apresentação da atividade

A atividade iniciou-se pela etapa i em que os pesquisadores leem para os estudantes o texto de uma página denominado "acidente na Lua"(vide Apêndice A) com a finalidade de promover a inteiração de forma individual sobre o contexto do problema.

Partindo de uma situação fictícia envolvendo um pesquisador da estação, Dr. Caio Torres, os estudantes iniciam seu papel de investigadores. Foi solicitado que explicassem como e porque esse acidente aconteceu embasados nas leis da mecânica, mais especificamente as três leis de Newton.

Dentre as etapas da pesquisa esta se configurou como a mais introspectiva na medida em que os estudantes se inteiraram de forma individual sobre o problema.

Vale salientar que o texto fictício foi elaborado com os cuidados necessários a fim de proporcionar um suporte desencadeador da curiosidade dos estudantes. Estes cuidados se embasaram na importância do que diz Vigotski (2000, p. 237) sobre a formação dos conceitos surgirem sempre "no processo de solução de algum problema que se coloca para o pensamento do adolescente. Só como resultado da solução desse problema surge o conceito".

Na elaboração do problema, também consideramos a orientação de Werlang et al. (2012) em que ao propor um problema este deve estar um pouco acima do nível cognitivo dos estudantes para que a solução seja encontrada por meio de interações sociais.

5.2 Etapa 1 – Atividade experimental

Após a leitura do problema, solicitamos aos grupos que se concentrassem em um experimento específico orientados por um roteiro.

A proposição de três experimentos foi decorrente da premissa de que as observações obtidas em um único experimento seriam insuficientes para uma resposta satisfatória ao problema. Vale ressaltar que foram elaborados três experimentos diferentes (vide apêndice A.2): Conjunto de pêndulos, que envolve conhecimentos sobre a 1ª lei de Newton; Movimento de queda dos corpos, que enfatiza os conhecimentos sobre a 2ª lei de Newton e Força aplicada entre corpos, que aborda conhecimentos sobre a 3ª lei de Newton.

A disposição das mesas para posterior ocupação pelos estudantes já estava pré determinada com os respectivos equipamentos. Sendo assim, os grupos escolheram livremente o local de sua permanência para realização das experimentações, desde que não

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: A1 | Constante. | A resposta esperada nesta interação inicial intra-grupo era a de que a velocidade de movimento da prancha permaneceria constante. Isso aconteceria caso os estudantes conseguissem mover a prancha sem balançar o pêndulo. |
| A: A2 | Ele continua variável. | |
| B: A1 | Ele se manteve em constante movimento. | |
| B: A2 | Ela se manteve constante. | |
| C: A1 | Variável. | |
| C: A2 | O movimento se manteve constante. | |

Tabela 1 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.1 / grupos A1 e A2

excedessem o limite máximo de 6 integrantes por grupo.

Vale salientar que nesta etapa os grupos iniciaram o trabalho de investigação mediante discussão, levantamento de hipóteses e troca de ideias entre membros de um mesmo grupo denominado etapa intra grupos.

A seguir teremos as análises dos grupos A1 e A2 "Conjunto de pêndulos"; B1 e B2 "Movimento de queda dos corpos" e C1 e C2 "Força aplicada entre os corpos". As turmas estão identificadas pelas letras A, B e C.

Salientamos que a categorização utilizada para melhor visualização das respostas foram a atribuição de três cores diferentes para as células.

As verdes correspondem às respostas mais adequadas dadas pelos grupos para as questões do problema. As amarelas foram atribuídas àquelas respostas que se aproximaram da adequada. Já as laranjas demonstram as respostas que se afastaram do esperado.

5.2.1 Grupos A1 e A2 – Experimento conjunto de pêndulos

A partir da observação das tabelas 1 a 19, expostas abaixo analisamos as respostas dadas pelos grupos ao realizarem o experimento "Conjunto de pêndulos".

5.2.1.1 Análise das respostas à questão A.1.1

Questão A.1.1 *Ao conseguir manter o pêndulo em movimento sem balançar, o que vocês podem dizer sobre a velocidade de movimento da prancha. Ela manteve-se constante ou variável?*

Como é possível observar na tabela 1, os grupos A:A1, B:A1, B:A2 e C:B2 responderam de acordo com o esperado, ou seja, ao conseguir conduzir a prancha sem balançar o pêndulo a velocidade da prancha permanece constante.

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: A1 | Ela cai | Na sequência da prática experimental, ao mudar repentinamente a velocidade da prancha, a massa do pêndulo tenderia a manter o seu movimento devido à 1ª lei e, conseqüentemente, tombaria. Esta foi mais uma sequência de aprimoramento do raciocínio e de desenvolvimento das habilidades cognitivas que oportunizaria o entendimento da 1ª lei de Newton. |
| A: A2 | Acelerando ele cai, pois aumenta a velocidade e o pêndulo não consegue se manter. Desacelerando ele se manter variável. | |
| B: A1 | Se acelerar ou desacelerar o pêndulo ira cair. | |
| B: A2 | O pêndulo cai. | |
| C: A1 | Eles balançam. | |
| C: A2 | O pêndulo voltou a balançar e chegou a cair. | |

Tabela 2 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.2 / grupos A1 e A2

Daí decorre que a maioria das respostas dos grupos representam indícios positivos de que os estudantes entenderam um dos requisitos básicos que compõem a primeira lei. Qual seja, a de que em velocidade constante a força resultante sobre o corpo é nula (evidenciado pela ausência de balanço do pêndulo).

Durante a realização dessa etapa do experimento foi observado várias trocas entre os membros dos grupos. Notamos grande envolvimento, atenção e empolgação da maioria dos estudantes nas trocas de ideias. Fatos que indicam a aproximação dos estudantes do fazer científico.

Essas observações vão ao encontro do que Cachapuz et al. (2005, p. 85) alerta: "não é possível desenvolver o interesse científico através de métodos onde o aluno é um simples executante ou expectador."

Já os grupos A:A2 e C:A1 se afastaram da resposta esperada na medida que identificaram a variação da velocidade. Há indício de que esses grupos não se apropriaram dos elementos necessários para a resposta da primeira questão.

5.2.1.2 Análise das respostas à questão A.1.2

Questão A.1.2 *Após conseguirem manter o pêndulo em movimento sem balançar, o que acontece quando vocês mudam a velocidade da prancha repentinamente (acelerando-a ou desacelerando-a)?*

Analisando a tabela 2, observamos que os grupos A:A1, B:A1 e B:A2 corresponderam as expectativas na medida em que constataram a queda do conjunto pêndulo-suporte de madeira.

Neste momento como a força é aplicada pela mão do estudante, somente na prancha, o pêndulo tende a continuar seu estado de movimento.

Pela 1ª lei de Newton um corpo muda seu estado de repouso ou M. R. U., se uma força age sobre ele. Como o pêndulo em movimento ficou livre da aplicação desta força, ele continuou neste estado apresentando ação de se desprender do conjunto.

Vale ressaltar que durante o processo de resolução da questão foi observado a participação ativa dos estudantes na realização do experimento mediado pela sequência do roteiro.

Observamos a importância deste roteiro na medida em que privilegiou a interação social constatada pela mediação entre os membros dos grupos com o próprio roteiro.

Neste contexto, cabe destacar o identificado por [Werlang et al. \(2012, p. 252\)](#): "se o docente quiser promover o desenvolvimento cognitivo dos discentes, os roteiros concebidos devem privilegiar a linguagem, o mais importante sistema de signos do homem, convertendo relações sociais em funções mentais".

Desse modo os dados oferecem indícios de que foi isto que ocorreu nesta etapa de realização da experimentação.

Já os grupos A:A2 e C:A2 se aproximaram da resposta adequada, observando queda do conjunto pêndulo-suporte em alguns momentos e, em outros, mantiveram-se sem tombar.

Esse fato indica que as interações entre pares e as trocas efetuadas foram importantes para obter as informações necessárias solicitadas pela questão.

O grupo C:A1 embora não tenha verificado o tombamento do pêndulo, observou que ele balança quando desacelerado. Faz-se importante frisar que durante uma atividade científica os resultados alternativos também podem ser vistos como úteis ao processo de evolução do conhecimento, se forem devidamente rediscutidos em momentos oportunos, oferecendo condições de assimilação do saber.

Aqui entendeu-se que o ensino é um processo contínuo e como tal deve considerar as variações nos resultados e os obstáculos para replanejamento da ação didática.

Sobre isso é preciso pontuar, nessa reflexão, o que diz [Bachelard \(1996, p. 23\)](#): "Acho surpreendente que os professores de ciências, mas do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão".

5.2.1.3 Análise das respostas à questão A.1.3

Questão A.1.3 *Vocês conseguem identificar qual lei de Newton é responsável por explicar*

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: A1 | Gravidade (velocidade) | Nestes três primeiros experimentos reproduzimos o movimento do cientista durante o descarte da rocha por sobre o parapeito da torre de observação após ser estudada. A lei que abordamos nesta atividade experimental foi a 1ª lei de Newton. Segundo Nussenzveig (2002, p. 68) : “Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele”. Com isso os estudantes já poderiam concluir que o cientista caiu da torre por que foi conduzido junto com a rocha de descarte pelo princípio da Inércia. |
| A: A2 | 1ª Lei de Newton: Inersia | |
| B: A1 | A 1ª Lei da inércia, pois ele estava andando em movimento constante com a rocha e quando ele parou no terraço ela caiu e ele foi junto. | |
| B: A2 | 1ª lei de Newton. Pois com a alteração da força aplicada no pendulo ele se movimentara para tras, e com o fim do movimento ele ira para frente, assim caindo no chão. | |
| C: A1 | Ação e reação. | |
| C: A2 | Acreditamos ser o Principio fundamental da dinâmica, que diz que quando uma força é aplicada a uma partícula (mão que empurra a prancha de madeira) ela produz na sua direção e sentido, uma aceleração proporcional (dos braços/pêndulos) a da força aplicada na prancha. | |

Tabela 3 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.3 / grupos A1 e A2

esse efeito? Expliquem com suas palavras.

Na tabela 3, os grupos A:A2, B:A1 e B:A2 corresponderam as expectativas identificando a 1ª lei de Newton ou lei da Inércia conforme pretendíamos. Associaram a queda do Dr. Torres do terraço à lei citada.

Foi observado que os estudantes estavam motivados e estimulados diante dos desafios proporcionados pelas experimentações, atuando sobre elas por meio de diálogos, trocas e discussões afim de chegarem a um consenso, demonstrando nesta dinâmica compreensão dos conceitos envolvidos.

Sobre isso, vale salientar o que diz [Carvalho et al. \(1998, p. 31\)](#):

...é preciso que os estudantes compartilhem suas idéias com seus pares, tanto em pequenos grupos como com toda classe. Os pequenos grupos dão oportunidade aos alunos para que expliquem e defendam seus pontos de vista - processo que estimula a aprendizagem, pois a habilidade de argumentação é uma das realizações mais importantes da educação científica.

Já os grupos A:A1 e C:A1 se distanciaram da resposta esperada. Aqui, apesar das trocas, aparentemente estas foram insuficientes para os grupos superarem os obstáculos que possivelmente interferiram no entendimento dos conceitos envolvidos.

O grupo C:A2, embora não tenha mencionado a 1ª lei, utilizou de forma coerente a 2ª lei para explicar aspectos importantes do experimento.

5.2.1.4 Análise das respostas à questão A.1.4

Questão A.1.4 *Façam esse experimento com os dois pêndulos lado a lado ao mesmo tempo sobre a prancha. Tentem desenvolver uma velocidade em que, ao serem parados em frente ao bloco, um pêndulo tombará e outro não. Nesse caso, qual dos pêndulos tombará sobre o parapeito e qual permanecerá em pé? Por qual motivo acham que isso acontece? Veja o vídeo a5¹*

Por meio dos dados apresentados na tabela 4 observamos que todos os grupos perceberam que o pêndulo de maior massa cai. O grupo A:A1 não apresentou justificativa e o grupo A:A2 indicou a inércia como responsável, não fornecendo elementos suficientes para verificarmos a relação que fizeram com o conceito. Já os grupos de B:A1 ao C:A2 incluíram justificativas mais detalhadas, permitindo perceber uma reflexão mais elaborada e alinhada com as respostas esperadas. O grupo C:A1 justificou corretamente embora não tenha relacionado explicitamente com a 2ª lei de Newton.

Essa aproximação das respostas dos estudantes ao resultado esperado é um indicativo da adequação dessa etapa da atividade para a aprendizagem e extrapolação de novos efeitos. Segundo Rego (2000, p. 74), o conceito de zona de desenvolvimento proximal é de extrema importância:

...para o plano educacional, justamente porque permite a compreensão da dinâmica interna do desenvolvimento individual. Através da consideração da zona de desenvolvimento proximal, é possível verificar não somente os ciclos já completados, como também os que estão em via de formação.

Por esse motivo é preciso considerar o ensino como um processo contínuo de replanejamento de novas ações e mediações como forma de suprir as defasagens apresentadas pelos aprendizes.

Vigotski (2008, p. 98) afirma que as formas primitivas de pensamento gradualmente vão desaparecendo na medida em que começam a formar-se os verdadeiros conceitos. "Esporadicamente no início e depois com frequência cada vez maior".

¹ Vídeo disponibilizado aos estudantes através de um netbook colocado sobre a mesa de cada grupo (SCOMPARI; CARVALHO-NETO, c).

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: A1 | O peso maior cai e o menor fica. | A ideia aqui é simular o efeito do Dr Torres estar carregando uma rocha de maior massa do que o seu peso indicava. A estrutura do pêndulo representa o corpo do Dr Torres e a massa do pêndulo representa a rocha sendo carregada. O kit experimental foi construído de forma a evidenciar esse efeito (vide apêndice B). O esperado portanto era que o pêndulo com maior massa tombasse. A justificativa se deve à maior força que o suporte deve aplicar sobre a massa no sentido da desaceleração relativamente ao de menor massa que sofre a mesma desaceleração – consequência da 2ª lei de Newton. |
| A: A2 | O pendulo que contem mais massa. Pela inersia. | |
| B: A1 | O pendulo 1 cairá e o pendulo 2 irar ficar de pé, pelo fato do pendulo 1 ser mais pesado (massa). | |
| B: A2 | O pendulo com mais peso tombara e o mais leve ficará de pé, pois o pendulo balança quando para a prancha e o pendulo de maior peso caira para frente. | |
| C: A1 | O peso com mais massa tombará pois haverá mais força sobre o corpo. | |
| C: A2 | O pêndulo mais pesado (com maior massa) caiu, e o de menor massa (mais leve) ficou em pé. Ambos estavam em bases iguais na mesma velocidade, mas quando a prancha para e os pêndulos se movimentam a base não aguenta o balanço do maior. | |

Tabela 4 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.4 / grupos A1 e A2

5.2.1.5 Análise das respostas à questão A.1.5

Questão A.1.5 *Com base na lei de Newton que vocês identificaram na questão 3), vocês consideram que o resultado da questão 4) seria diferente caso a aceleração da gravidade fosse menor aqui onde vocês fizeram o experimento? Por que vocês acham isso? Atenção: nesta questão estamos analisando a tendência de ir para a frente na horizontal e não a tendência de cair na vertical após o pêndulo já ter tombado.*

Na tabela 5, observamos que os grupos A:A2, B:A1, C:A1 e C:A2 responderam adequadamente a primeira parte da questão. No entanto não associaram o fato do movimento ser feito na horizontal e que por esta razão o movimento de tombar dos pêndulos seria o mesmo na Terra ou na Lua. Entretanto, o grupo B:A1 fez a importante distinção entre peso e inércia que é fundamental para a compreensão do efeito discutido.

Já os grupos A:A1 e B:A2 se distanciaram da resposta esperada.

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: A1 | Seria, a gravidade na terra e maior. | Neste movimento a resposta esperada é que o efeito observado aqui ou na Lua seria o mesmo (o pêndulo que tomba é o de maior massa), pois a força gravitacional não interfere nem na inércia dos corpos nem no movimento horizontal das massas dos pêndulos. |
| A: A2 | Não, pois a massa continua sendo maior. | |
| B: A1 | Não, porque a inércia é diferente do peso. | |
| B: A2 | Sim, pois o movimento seria mais devagar. | |
| C: A1 | Não, pois tendo a gravidade não importa quanto a lei funcionará. | |
| C: A2 | Mesmo com a gravidade menor o pêndulo de maior massa cairia, e o experimento seria, portanto igual. | |

Tabela 5 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.5 / grupos A1 e A2

5.2.1.6 Análise das respostas à questão A.1.6

Questão A.1.6 *Na superfície da Lua, a aceleração da gravidade é menor do que na superfície da Terra, pois a Lua possui menos massa que a Terra. Consequentemente, o peso (força peso) de um objeto é menor na Lua do que na Terra, apesar da massa não mudar. Sabendo que o Dr. Torres era novato na Lua, você acha que ele pode ter se confundido sobre qual era a massa da rocha ao segurá-la com a mão? Explique o porquê e qual seria a confusão.*

Na tabela 6, os grupos B:A2, C:A1 e C:A2 responderam dentro do que esperávamos.

Já os grupos A:A1 e A:A2 se distanciaram da resposta. A resposta do primeiro nos impossibilitou de interpretar o entendimento uma vez que só registrou "depende da gravidade". O segundo não acreditou que o Dr. Torres tenha se confundido uma vez que "ele já estudava sobre isso". Essa resposta pode até fazer sentido de modo geral, entretanto não cumpre com a orientação da atividade de que todas as respostas devem ser embasadas usando as leis da Física. O grupo B:A1 não respondeu, o que pode ser um indicativo de inadequação no tempo para realizar essa etapa da atividade.

5.2.1.7 Análise das respostas à questão A.1.7

Questão A.1.7 *Com base nas suas análises das questões 5) e 6) explique o que você acha que pode ter acontecido para que o Dr. Torres caísse do terraço?*

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: A1 | Depende da gravidade. | O cientista pode ter se confundido pois intuitivamente avaliamos a massa dos objetos através de seu peso ao sustentá-los com a mão. Como a aceleração gravitacional de um objeto na Lua é de aproximadamente $1,6 \text{ m/s}^2$ enquanto na Terra é de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$, a massa pode ter sido subavaliada. |
| A: A2 | Não. Porque ele já estudava sobre isso. | |
| B: A1 | | |
| B: A2 | Sim, pois ele estava se adaptando com a gravidade e pode ter se confundido. | |
| C: A1 | Sim, porque por ser novato não compararia com outra rocha, fazendo por impulso. | |
| C: A2 | Sim, ele pode ter se confundido e jogado a pedra de maior massa ao invés de jogar a de menor e acabou como a base c/ o pêndulo tombando sobre o parapeito. | |

Tabela 6 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.6 / grupos A1 e A2

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: A1 | A gravidade da lua. | Ao aproximar-se do parapeito carregando a rocha com as mãos, o Dr Torres precisou desacelerar. Para isso, precisou aplicar uma força sobre a massa total do seu corpo mais a rocha. Entretanto, ele pode ter subestimado essa massa – devido ao menor peso relativamente ao que estava acostumado na Terra – e, conseqüentemente, ter aplicado uma força menor que a necessária para parar em frente ao parapeito. Isso pode ter provocado o desequilíbrio do seu corpo sobre o parapeito, causando a queda. |
| A: A2 | O movimento da inersia sobre o teu corpo | |
| B: A1 | | |
| B: A2 | Com o constante movimento do Dr. Torres para o parapeito ele aplicou uma força para arremessar a pedra assim caindo junto pois a sua roupa era muito aderente. | |
| C: A1 | Ele confundia a pedra pegando a com maior massa assim quando ele foi descartar acabou levado com a massa. | |
| C: A2 | Quando o Dr. Torres usou a velocidade e a força que precisaria para jogar a pedra de menor massa para jogar a de maior massa seu corpo não aguentou e acabou tombando sobre o parapeito. | |

Tabela 7 – Respostas da etapa 1 / questão A.1.7 / grupos A1 e A2

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: B1 | Quando estão com um disco em cada carrinho eles tem uma pouca diferença (mesmo a massa porém com proporções diferentes na hora da fabricação) | Como as condições de atrito, massa e inclinação do plano inclinado para os dois carrinhos são muito aproximadamente iguais, esperávamos que os estudantes observassem o mesmo movimento de descida para ambos. |
| A: B2 | Eles se movimentam igual. Aceleração gravitacional. | Observamos neste experimento que os carrinhos não têm padrão no processo de fabricação podendo apresentar pequenas imperfeições interferindo na observação final. |
| B: B1 | Ambos tem a mesma massa, formato e peso. Portanto são iguais | |
| B: B2 | Diferente, que quanto menor o peso menor a velocidade. | |
| C: B1 | Eles movimentaram de maneira igual, os carrinhos tem a mesma massa. | |
| C: B2 | Os carinhos descem igual. | |

Tabela 8 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.1 / grupos B1 e B2

Da análise da tabela 7, averiguamos que as respostas dos grupos A:A2, C:A1 e C:A2 aproximaram-se do esperado.

O grupo B:A2 se aproximou da resposta adequada na medida em que justificou a aderência da roupa como motivo da queda do cientista. No entanto, nada registram sobre a lei da Inércia. Já o grupo A:A1 se distancia da resposta almejada. O grupo B:A1 novamente não respondeu, fortalecendo a hipótese de que não tenham tido tempo suficiente para terminar a atividade.

5.2.2 Grupos B1 e B2 – Experimento movimento de queda dos corpos

Analisaremos as respostas às questões relativas ao experimento denominado "Movimento de queda dos corpos". Neste, os conhecimentos envolvidos abordam a 2ª lei de Newton. O experimento na íntegra encontra-se no apêndice B.

5.2.2.1 Análise das respostas à questão B.1.1

Questão B.1.1 *Soltem dois carrinhos lado a lado do alto do plano inclinado ao mesmo tempo. Usem um disco em cada carrinho. Vocês podem dizer que eles se movimentaram de maneira igual ou diferente? Qual o motivo físico, na opinião de vocês, para que isso tenha acontecido?*

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: B1 | Foi maior. Sim, pois o que tem mais pesado demora mais para chegar comparado ao que não tem nenhum disco. | Os carrinhos estão em queda livre ao longo da direção da rampa, portanto independente da quantidade de discos colocados (massas diferentes) eles devem apresentar o mesmo movimento, ou seja, mesma velocidade e tempo de percurso na rampa. Lembramos que os carrinhos não são ideais (há perdas diferenciadas de energia mecânica) e não têm padronização no processo de fabricação podendo apresentar, durante a experimentação, resultados um pouco diferente do esperado. |
| A: B2 | Foi o mesmo movimento. Sim | |
| B: B1 | Ambos os carrinhos descem juntos, Não era o esperado. Podemos explicar que o peso não influi na gravidade. | |
| B: B2 | Menor, sim. Um tem a quantidade de massa maior que a outra que foi mais leve. | |
| C: B1 | Menor que o carrinho sim, que $F = m \cdot a$ quanto mais massa, mais aceleração. | |
| C: B2 | O carrinho com 2 disco desceu mais rápido por causa do seu peso | |

Tabela 9 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.2 / grupos B1 e B2

Na tabela 8, os grupos A:B1, A:B2, B:B1, C:B1 e C:B2 analisaram conforme o esperado.

O grupo B:B2 se distanciou da resposta esperada por não ler corretamente a questão quando pedimos para que os carrinhos fossem carregados com um disco em cada um.

5.2.2.2 Análise das respostas à questão B.1.2

Questão B.1.2 *Repitam o experimento da questão 1), mas agora usem um disco em um carrinho e dois no outro. Neste caso, o movimento do carrinho mais leve foi maior ou menor que o carrinho mais pesado? O resultado bate com o que vocês esperavam? Qual é a explicação física na opinião de vocês?*

Na tabela 9, os grupos A:B2 e B:B1 responderam corretamente. O grupo B:B1 justificou dizendo que "não era o esperado". Isso mostrou que a experimentação proposta mudou o conceito inicial dos membros do grupo após a realização da prática.

Os grupos A:B1, B:B2, C:B1 e C:B2 se distanciam da resposta esperada. Talvez a explicação deste distanciamento pode ser devido ao fato de não haver processo padronizado de fabricação dos carrinhos (foram feitos por nós no laboratório da Universidade). Sendo assim, as observações podem ter resultado um pouco diferente do esperado.

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: B1 | Sim, pois a bola pequena foi mais rápida. | No experimento proposto, somente a força gravitacional atua ou seja, os corpos estão novamente em queda livre, agora na vertical. As esferas disponibilizadas aos alunos, embora de diferentes massas e diâmetros, eram suficientemente densas para que não houvesse diferença perceptível nos seus tempos de queda. Diante disso, esperávamos que os estudantes observassem a igualdade de velocidade, aceleração e tempo de queda na comparação entre corpos de diferentes massas e tamanhos. |
| A: B2 | Sim, a esfera de aço caiu primeiro que a de isopor. | |
| B: B1 | Todas as quedas as esferas caíram ao mesmo tempo. | |
| B: B2 | Sim, a bola menor chega primeiro. | |
| C: B1 | Não, porque elas contem massas diferentes, e por- m elas são de tamanho diferente dificultando ou facilitando queda da resistência do ar. | |
| C: B2 | A esfera amarela cai mais rápido pois o peso dela é maior. | |

Tabela 10 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.3 / grupos B1 e B2

5.2.2.3 Análise das respostas à questão B.1.3

Questão B.1.3 *Soltem várias combinações de esferas de diferentes massas e observem o movimento de queda. Houve casos em que a velocidade de queda foi diferente?*

Na tabela 10, os grupos A:B2 e B:B1 constataram igualdade no movimento de queda das esferas indo ao encontro do que esperávamos. Observamos que embora a resposta do grupo A:B2 esteja correta eles não seguiram as orientações do roteiro que dizia "não usem a esfera de isopor e a esfera de aço agora. Elas serão usadas na parte c)".

Os grupos A:B1, B:B2 e C:B2 observaram, diferentemente do que esperávamos: "a bola pequena foi mais rápida (A:B1) e "a bola menor chega primeiro"(B:B2) ou por que no caso da esfera amarela "o peso dela é maior"(C:B2). O grupo C:B1 respondeu corretamente, mas justificou de maneira confusa.

Esses resultados são reveladores. Em um dos grupos observamos uma discussão acirrada sobre se as esferas atingiam o solo ao mesmo tempo. Alguns integrantes argumentavam que não percebiam diferença alguma no tempo, enquanto outros resistiam à evidência experimental dizendo que eles estavam fazendo alguma coisa errada, uma vez que esperavam que a esfera mais pesada deveria cair mais rápido.

Vale salientar um fato constatado nas respostas acima, pois estas já haviam sido superadas cientificamente há bastante tempo. Segundo [Junior e Arnoni \(2013, 3401-1\)](#)

“muitos dos conceitos ditos espontâneos, que os alunos trazem para a sala de aula, nada mais são que pensamentos aristotélicos, interpretações baseadas no senso comum, naquilo que os sentidos mostram”.

Aristóteles, filósofo da Grécia antiga, acentuou o debate científico sobre questões como o movimento e a queda dos corpos, afirmando que quanto mais pesado fosse o objeto, mais rápido deveria cair. Segundo Hewitt (2000, p. 44), o pensamento aristotélico afirmava: "que um objeto mais pesado deveria esforçar-se mais fortemente. Portanto, argumentava Aristóteles, os objetos deveriam cair com rapidez proporcional a seus pesos: quanto mais pesado fosse o objeto, mais rápido deveria cair".

Este pensamento prevaleceu por quase 2000 anos na ciência da antiguidade até o final da idade média como uma verdade inquestionável. Segundo Hewitt (2000, p. 46), o físico italiano Galileu Galilei, ao contrário do que pensava Aristóteles, constatou "que objetos de vários pesos, soltos ao mesmo tempo, caíam juntos e atingiam o chão ao mesmo tempo". Este movimento é verificado experimentalmente quando a força gravitacional prevalece sobre a força de arrasto entre o ar e os corpos.

5.2.2.4 Análise das respostas à questão B.1.4

Questão B.1.4 *Com base nos experimentos das questões 2) e 3), vocês consideram que a massa do corpo irá influenciar no movimento de queda dos corpos? A conclusão de vocês muda se o experimento for feito na Lua ou na Terra?*

Na tabela 11, os grupos A:B2 e B:B1 responderam adequadamente após realizarem a experimentação. Mostrando coerência com as respostas dadas à questão B.1.3.

As respostas dos grupos A:B1, C:B1 e C:B2 afastaram-se do esperado.

Nesta questão, observamos que a maioria dos grupos se afastaram da resposta considerada adequada. Podemos inferir que mesmo após a realização das situações práticas os três grupos, ao que parece, não conseguiram estabelecer relação com os conceitos de massa e gravidade.

Vale ressaltar que é do senso comum que corpos de maior massa tem maior velocidade de queda.

Segundo Bachelard (1996) os estudantes entram na aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos que muitas vezes podem dificultar o acesso ao conhecimento científico, sendo este para o autor um obstáculo a ser superado.

5.2.2.5 Análise das respostas à questão B.1.5

Questão B.1.5 *Usando uma balança digital, meçam a massa da esfera de isopor e da*

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: B1 | Sim, pois a gravidade é diferente. | Quando os corpos estão em queda livre (submetidos somente a força gravitacional) e, desprezando-se a força de resistência do ar, a massa não influenciará na queda. Quaisquer corpos abandonados ao mesmo tempo e da mesma altura, independentemente da diferença entre suas massas, chegarão juntos ao solo lunar ou terrestre. |
| A: B2 | Não irá influenciar e também não irá mudar se for feito na Terra ou na Lua | |
| B: B1 | Não, pois o peso e a massa lunar diferente e caíram junto. Não, por causa que aferiu a gravidade de ambos | |
| B: B2 | | |
| C: B1 | Sim, não muda, pois onde tem gravidade a massa sempre vai influenciar. | |
| C: B2 | Sim. Sim, pois na lua a queda sera mais devagar por causa da gravidade. Já na Terra é mais rápido. | |

Tabela 11 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.4 / grupos B1 e B2

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: B1 | Isopor: 38,6g Aço: 23,7 as massas e os diâmetro são diferentes. | As massas das esferas de isopor e de aço são, respectivamente, de: $(38,6 \pm 0,1)g$ e $(23,7 \pm 0,1)g$. O diâmetro da esfera de aço é, conseqüentemente, muito menor que a de isopor. O objetivo aqui é, diferentemente das questões de B.1.3 a B.1.4, evidenciar o efeito da resistência do ar no movimento de queda dos corpos. Por isso, escolhemos objetos de densidade bastante diferentes. |
| A: B2 | 14,8 – aço/ 0 – isopor As massas são diferentes e o diâmetro também. | |
| B: B1 | As massas são a mesma, porém o diâmetro é diferente. | |
| B: B2 | (não responderam) | |
| C: B1 | Isopor = 38,6 metal = 23,8 as massas são parecidas, diâmetros muito diferentes. | |
| C: B2 | Isopor – 33,7 aço – 23,6 São pouca diferença. São diferentes | |

Tabela 12 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.5 / grupos B1 e B2

esfera de metal e anotem os valores aqui. As massas são muito diferentes ou são parecidas? E os diâmetros, são muito diferentes ou parecidos?

Na tabela 12, os grupos A:B1, C:B1 e C:B2 responderam adequadamente.

Os grupos A:B2 e B:B1 apresentaram dificuldades na aferição das massas e o grupo

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: B1 | Não caíram ao mesmo tempo. Sim, pois as duas chegam diferentes, qual pode ser a explicação? | Nesta experimentação a força de resistência do ar só é desprezível na descida da esfera de aço ocasionando um menor tempo de descida quando solta junto com a esfera de isopor. Nesta situação somente a esfera de aço se encontra em queda livre. O objetivo é explorar com os estudantes as condições em que a diferença de massas e/ou geometrias dos corpos interfere no seus tempos de queda. |
| A: B2 | Não caíram ao mesmo tempo. Não, só está de acordo com o B pois a A caíram juntas. | |
| B: B1 | Não, a de aço caiu primeiro. Não. O isopor é oco, porém cai mais lentamente. | |
| B: B2 | (não responderam) | |
| C: B1 | Não, não por conta do diâmetro e do material há diferença | |
| C: B2 | Não. Não, pois na parte a e b o material mais pesado que cai mais rápido. O isopor é oco por isso faz com que ele tenha menos velocidade que o aço | |

Tabela 13 – Respostas da etapa 1 / questão B.1.6 / grupos B1 e B2

B:B2 infelizmente não respondeu. Observamos que foi a primeira vez que os estudantes fizeram uso de uma balança de precisão. Provavelmente por este motivo os estudantes tiveram dificuldades. Em virtude disso, em diversos momentos foram auxiliados por nós. Gaspar (2014) salienta que apesar de existir um consenso da importância das atividades experimentais no ensino de Física para aprendizagem dos conceitos científicos, observa-se que a adoção desta prática é muito rara por parte da maioria dos professores. Talvez, esse tenha sido o motivo da falta de habilidade observada no manuseio da balança de precisão.

5.2.2.6 Análise das respostas à questão B.1.6

Questão B.1.6 *Soltem as duas esferas ao mesmo tempo com os braços erguidos. Veja o vídeo b³². As esferas caíram ao mesmo tempo? Esse resultado está de acordo com as medidas das partes a) e b)? Se há diferença, qual pode ser a explicação?*

Pelos resultados da tabela 13, a maioria observou corretamente a diferença de tempo de queda das esferas, porém não justificaram o motivo supostamente por falta

² Vídeo disponibilizado aos estudantes através de um netbook colocado sobre a mesa de cada grupo (SCOMPARI; CARVALHO-NETO, d).

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: B1 | (não responderam) | Os dados do fabricante informavam que o material do capacete tem capacidade para resistir a um impacto de 20 Km/h. O fato do cientista ter atingido o solo à velocidade de 21 Km/h independeu dele estar segurando a rocha consigo ou não. Portanto, é provável que o capacete tenha se rompido no impacto, causando a morte por asfixia. |
| A: B2 | Sim existe, a lei da inércia foi o motivo, pois a massa de Torres não tem diferença em nenhum local. | |
| B: B1 | Como o traje é oco, ele cai mais lentamente. Quando a pedra chegou primeiro, ele caiu em cima da rocha e rachou o capacete. | |
| B: B2 | (não responderam) | |
| C: B1 | Sim, lei da ação e reação. | |
| C: B2 | Achamos que realmente alguém deve ter quebrado o capacete de Dr. Torres, pois pela gravidade da Lua não teria impacto suficiente para quebrar o capacete. | |

Tabela 14 – Respostas da etapa 1 / questão 7 / grupos B1 e B2

de conhecimento de que a força de resistência do ar atua diferentemente a depender das características do material. O grupo B:B2 novamente não respondeu à questão.

5.2.2.7 Análise das respostas à questão B.1.7

Questão B.1.7 *Por fim, considerando os resultados dos experimentos que vocês fizeram e conhecendo as características do ambiente lunar, existe uma explicação física para o capacete ter quebrado mesmo tendo o Dr. Torres largado a pesada rocha no começo da queda? Em caso afirmativo, qual é essa explicação?*

Analisando a tabela 14, observamos nos grupos que todas as respostas afastaram-se da esperada. Além disso, notamos que as hipóteses utilizadas pelos grupos foram diferentes umas das outras, mas nenhuma se aproximou da considerada adequada. Esses fatos talvez possam ser explicados utilizando os referenciais de [Rego \(2000\)](#) ao discorrer sobre a importância da mediação.

A autora explica que a linguagem proporciona a mediação na medida em que possibilita a relação do homem com o mundo e com os outros homens, proporcionando o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Nessa vertente, talvez a mediação proporcionada não tenha sido, suficientemente, capaz de suprir as necessidades dos estudantes.

Segundo Vigotski (2008, p. 98), "mesmo depois de ter aprendido a produzir conceitos, o adolescente não abandona as formas mais elementares; elas continuam a operar ainda por muito tempo, sendo na verdade predominantes em muitas áreas do seu pensamento".

5.2.3 Grupos C1 e C2 – Experimento forças aplicadas entre corpos

Analisaremos as respostas às questões C.1.1 a C.1.5 dos grupos que realizaram o experimento denominado "Força aplicada entre corpos". Nesta atividade os conhecimentos envolvidos abordam a 3ª lei de Newton. O experimento encontra-se descrito no apêndice B.

5.2.3.1 Análise das respostas à questão C.1.1

Questão C.1.1 *Usando somente 2 ímãs em cada carrinho, encostem um de frente para o outro. Veja o vídeo c1³. As forças sentidas por cada carrinho (indicadas pela haste) foram iguais ou diferentes? Vocês sabem explicar o motivo usando alguma das leis de Newton?*

Na tabela 15, os grupos A:C2, B:C1, B:C2 responderam adequadamente.

Os grupos C:C1 e C:C2 se aproximaram da resposta adequada. O grupo C:C1 percebeu a aplicação da 3ª lei de Newton mas não percebeu a igualdade de inclinação das hastes.

O grupo C:C2 respondeu adequadamente o primeiro questionamento mas não citou a 3ª lei de Newton conforme esperávamos.

O grupo A:C1 se afastou da resposta esperada.

5.2.3.2 Análise das respostas à questão C.1.2

Questão C.1.2 *E se vocês usarem 4 ímãs em um carrinho e apenas 2 no outro, vocês esperam que as forças sejam as mesmas ou diferentes em cada carrinho? Façam o experimento e comparem com o que vocês esperavam. Relembrando: para medir a força, basta ver a inclinação da haste. O resultado bate com a lei de Newton que vocês usaram na questão 1)?*

Na tabela 16, os grupos A:C2, B:C1 e B:C2 responderam de forma assertiva. Em particular, o grupo B:C2 argumentou que o resultado experimental não correspondeu as suas expectativas. Esse é um resultado bastante positivo que demonstra que um dos objetivos importantes da atividade em certa medida foi alcançado.

³ Vídeo disponibilizado aos estudantes através de um netbook colocado sobre a mesa de cada grupo (SCOMPARIN; CARVALHO-NETO, e).

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: C1 | Foram diferentes. A lei correspondente é a Força e aceleração quanto mais massa você aplica sobre algo, se não for mais pesado vai ser facilmente empurrado. | Esperávamos que os estudantes respondessem que as forças sentidas por cada carrinho, baseado na observação da inclinação das hastes, fossem iguais. Na outra pergunta da mesma questão, esperávamos que os estudantes associassem o fenômeno a 3ª lei de Newton. (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008, p. 10-2) descreve a 3ª lei da seguinte forma: “Suponha que tenhamos dois corpos pequenos, digamos partículas, e suponha que a primeira exerce uma força sobre a segunda, empurrando-a com uma certa força. Então, simultaneamente, de acordo com a terceira lei de Newton, a segunda partícula irá empurrar a primeira com uma força igual na direção oposta; mais ainda, essas forças atuam na mesma linha”. |
| A: C2 | Iguais, força e reação. | |
| B: C1 | Iguais, pois na 3ª lei de Newton diz que toda ação tem uma reação, ou seja, a força aplicada no carrinho 1, é aplicada também no carrinho 2. | |
| B: C2 | Lei ação e reação porque a mesma força que o carrinho que representa o doutor faz o carrinho que representa a rocha é retribuída pelo mesmo. | |
| C: C1 | Diferentes, porque quando tentamos encostar um ao outro eles se repelem por os polos serem iguais, e se encaixam na 3ª lei de Newton que é a da Ação e Reação. | |
| C: C2 | São iguais pois a massa dos carrinho são a mesma. | |

Tabela 15 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.1 / grupos C1 e C2

O grupo C:C1 se aproximou da resposta adequada. Ao primeiro questionamento afirmaram como sendo diferentes as forças aplicadas em cada carrinho, contrariando a 3ª lei de Newton. Porém com relação à inclinação da haste responderam acertadamente.

Os grupos A:C1 e C:C2 se afastaram da resposta esperada.

5.2.3.3 Análise das respostas à questão C.1.3

Questão C.1.3 *Agora vamos encostar os carrinhos e soltá-los repentinamente para observar o movimento de repulsão. Usando 4 ímãs em cada carrinho sem nenhuma massa sobre eles, algum deles acelerou mais que o outro?*

Na tabela 17, os grupos A:C1, B:C1, B:C2 e C:C2 experimentaram e relataram objetivamente que “não” indo ao encontro da resposta esperada. Averiguamos, portanto, que a maioria dos grupos compreendeu aspectos importantes da lei de ação e reação.

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: C1 | Diferentes sim. | Baseando-se na observação da inclinação das hastes, esperávamos que os estudantes observassem que mesmo sendo diferente a quantidade de ímãs colocados nos carrinhos, os ângulos de inclinação, e conseqüentemente as forças, seriam os mesmos, em acordo com a 3ª lei de Newton. |
| A: C2 | Foram os mesmos, Sim. | |
| B: C1 | Mesma força. Sim bate com os resultados da questão 1, pois independente da força que você aplica em um, vai voltar no outro. | |
| B: C2 | Pensávamos que eram diferentes. Após o experimento vimos que as forças são iguais e acontece a mesma coisa da questão anterior. | |
| C: C1 | Diferentes, mas foi a mesma, as hastes se inclinaram no mesmo ângulo. | |
| C: C2 | Diferentes, pois o carrinho com mais ímãs tem uma massa maior, aplicando maior força na haste do carrinho com menor número de ímãs. | |

Tabela 16 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.2 / grupos C1 e C2

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: C1 | Não. | Como a massa dos carrinhos é a mesma e as forças aplicadas também são iguais de acordo com a 3ª lei de Newton pretendíamos que os estudantes respondessem que nenhum dos carrinhos acelerará mais que o outro. Esse experimento, nesta etapa, também envolve 2ª lei de Newton. Nussenzveig (2002, p.72) diz que: “A definição de Newton foi: A quantidade de movimento é a medida do mesmo, que se origina conjuntamente da velocidade e da massa”. |
| A: C2 | Sim. | |
| B: C1 | Não, pois não importa a força exercida, a força aplicada é a mesma. | |
| B: C2 | Não. | |
| C: C1 | O carrinho com menos ímãs vai mais longe devido a força do outro carrinho. | |
| C: C2 | O movimento da repulsão foi o mesmo, pois a quantidade de massas são iguais. | |

Tabela 17 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.3 / grupos C1 e C2

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: C1 | Sim. Ocorre isto pois um carrinho tem uma massa maior que o outro, que é mais leve. | Nesta questão os estudantes deveriam observar uma maior aceleração do carrinho sem massa adicional. Sabemos que quanto maior a massa de um corpo maior a inércia, ou seja, maior a dificuldade de colocar este corpo em movimento (aceleração) para uma mesma força aplicada. |
| A: C2 | Sim, o carrinho demora pra andar por causa do peso. | |
| B: C1 | Sim, a força aplicada ainda foi a mesma, no entanto o carrinho sem massa sofre mais aceleração. | |
| B: C2 | Sim, o sem massa. É a lei $F = m \cdot a$. Quanto menor a massa maior a força. Usamos também a 3ª lei. | |
| C: C1 | O carrinho com 1 massa não anda devido o peso sob ele, já o carrinho só com o ímã anda. | |
| C: C2 | O carrinho com menos massa teve uma aceleração maior. | |

Tabela 18 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.4 / grupos C1 e C2

Os grupos A:C2 e C:C1 se distanciaram da resposta esperada..

5.2.3.4 Análise das respostas à questão C.1.4

Questão C.1.4 *Repitam o experimento da questão 3) usando 1 massa em um carrinho e nenhuma massa no outro. Algum carrinho acelerou mais que o outro? Como vocês explicam esse resultado com base na força medida e na massa em cada carrinho?*

Na tabela 18, todos os grupos responderam adequadamente. Os estudantes demonstraram entendimento sobre a lógica envolvida na 2ª lei de Newton.

5.2.3.5 Análise das respostas à questão C.1.5

Questão C.1.5 *Com base nos experimentos realizados acima e nas leis de Newton que vocês usaram, como vocês podem explicar o movimento e o local de queda do corpo do Dr. Torres e da rocha que ele segurava?*

Na tabela 19, os grupos A:C2, B:C1, C:C1 e C:C2 responderam adequadamente. Observamos que o grupo A:C2 praticamente concluiu o motivo da morte do cientista da maneira esperada. Porém, essa conclusão faria parte da fase final (etapa 3) da resolução do problema. O grupo B:C2 se aproximou da resposta esperada enquanto o grupo A:C1 se distanciou da resposta esperada.

| Turma: Grupo | Resposta | Resposta esperada |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: C1 | O Dr Torres estava com uma massa muito grande devido a roupa especial também e quando caiu acabou empurrando a rocha para o outro lado. | Como a rocha ficou bem mais afastada da torre do que o corpo do Dr. Torres (desenho explicativo no roteiro) conclui-se que sua massa era menor e pela 2 ^a lei de Newton quanto menor a massa de um corpo maior será aceleração. |
| A: C2 | Ao inclinar para jogar a pedra, ele caiu junto com a ela e por ser outra gravidade na lua caiu lentamente e pensou em jogar a pedra para alcançar o parapeito do terraço abaixo, mas não conseguiu e caiu no chão batendo o capacete e rachando o vidro, ficando sem ar. (Ação e reação) | |
| B: C1 | Os dois caíram, O Dr. Torres jogando a pedra para pegar impulso para perto da torre, porém a massa da rocha é menor, a aceleração dela foi maior que a do Dr. Torres mesmo com esse impulso, ele não conseguiu chegar na torre. | |
| B: C2 | O dr. era mais pesado e a força que ele fez pra jogar a rocha voltou para ele e fez ele se afastar da linha. | |
| C: C1 | A rocha devido o seu pequeno peso foi mais longe que o corpo que era mais peso que a pedra | |
| C: C2 | A massa do Dr. Torres é maior do que a massa da rocha, por isso na hora da queda ele caiu mais perto da torre devido a força aplicada sobre a rocha, fazendo assim com que a rocha tenha uma aceleração maior do que a dele. | |

Tabela 19 – Respostas da etapa 1 / questão C.1.5 / grupos C1 e C2

5.3 Análises gerais da Etapa 1

Da análise da Etapa 1, constatamos que os experimentos representaram atividades desafiadoras na medida em que possibilitaram a ação dos estudantes junto ao problema proposto. Promoveu a exploração experimental e a busca de soluções por meio das trocas, levantamento de hipóteses e consenso entre pares para chegar nas respostas consideradas mais adequadas pelos grupos.

Embora nem todos os grupos tenham conseguido se apropriar dos conhecimentos envolvidos nas questões que abrangiam a pesquisa, ainda assim esta etapa teve contribuições significativas no percurso em busca da solução do problema. Além disso, representaram importantes ações que aproximaram os estudantes do fazer científico.

Vale ressaltar que o objetivo da execução desta etapa não era a de que os estudantes respondessem corretamente conforme o convencional, na medida em que o problema proposto foi de origem fictícia, possibilitando algumas outras interpretações.

Dessa forma, observamos que dos 18 grupos participantes da pesquisa, a maioria se mostrou atenta durante a realização desta etapa. Notamos, inclusive, que alguns membros ao término da leitura já trocavam, entre pares, ideias e hipóteses. Entretanto, também observamos alguns estudantes desatentos durante a realização da dinâmica, envolvidos em brincadeiras, apesar de que estas estavam em torno do texto.

Daí decorre que o problema proposto correspondeu as expectativas da pesquisa uma vez que proporcionou o início da discussão como forma de participação na investigação.

5.4 Etapa 2 – Interação inter grupos

Nesta etapa apresentamos os resultados escritos, das interações ocorridas com estudantes de grupos diferentes a fim de complementar possíveis soluções para o desfecho do acidente ocorrido na estação lunar.

Nesta fase do trabalho ocorreram as trocas de informações entre as equipes e, de cada grupo, saíram dois integrantes que visitaram grupos diferentes dos seus.

5.4.1 Grupos A1 e A2 – interação inter grupos

Mostramos na tabela 20 as interações entre os integrantes dos grupos que trabalharam na atividade experimental – Conjunto de pêndulos (A1 e A2) com os integrantes dos grupos que trabalharam nas atividades experimentais Movimento de queda dos corpos (B1 e B2) e Força aplicada entre corpos (C1 e C2).

Essas informações, obtidas através das interações, são importantes para que os estudantes possam entender a opinião de outros grupos que levantaram hipóteses para o acidente realizando outros experimentos. O objetivo dessa etapa é complementar e incorporar aspectos que facilitam a formulação para a conclusão das causas do acidente ocorrido com o cientista.

Esperávamos que os estudantes dos grupos B1 e B2 relatassem, após feitas as experimentações da Atividade B: Velocidade de queda do Dr. Torres, para os estudantes dos grupos A1 e A2 que corpos com massas diferentes possuem a mesma velocidade de queda quando soltos ao mesmo tempo e da mesma altura se somente a força gravitacional atuar sobre eles. Por isso independentemente do cientista estar segurando ou não a rocha sua velocidade de queda seria a mesma: 21 Km/h.

Os experimentos para se chegar a essa conclusão foram realizados na Etapa 1: Atividade experimental – Movimento de queda dos corpos. No Relato, os vigilantes, ao

| Turma: Grupo | Relato da visita ao grupo: | |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: A1 | B1: (Não identificada) | C1: O outro grupo falou que o peso da pedra era maior do que o Dr. Torres |
| A: A2 | B2: Independente do formato bola, a massa é igual | C2: Eles apresentaram que o astronauta fez força para empurrar a bola para frente empurrando o astronauta para trás. |
| B: A1 | B1: O grupo B1 informou que quando o doutor lançou a bola, a bola caiu primeiro no chão, ele caiu em seguida mais lento porque sua roupa era “oca” caindo em cima da pedra batendo o capacete na bola. | C1: O grupo C1 informou que a bola que o Dr. Torres jogou do para peito, e como a bola tinha uma massa mais leve que o Dr. Torres ela caiu mais rápido e foi para frente, já o Dr. Torres como era mais pesado ele caiu com mais força e foi para trás, em sentido contrário da bola. |
| B: A2 | B2: Quanto menor o peso, menor a velocidade 3ª Lei Ação e Reação. | C2: Ele caiu com a rocha, a rocha foi mais longe porque ela era mais leve e a força que ele fez para jogar a rocha foi a mesma que voltou para ele, aí ele andou menos. |
| C: A1 | B1: O corpo com mais caiu mas devagar pelo tamanho já com menos massa por ser menor | C1: O capacete e a pedra tinham massas diferentes, por isso elas se repeliram no momento do acidente. |
| C: A2 | B2: Os vigilantes após investigarem o acidente, perceberam que Dr. Torres morreu asfixiado – causa: rachadura no capacete. Os mesmos concluíram que apenas a massa do Doutor não seria suficiente para causar uma rachadura, sendo assim, alguém poderia ter rachado propositalmente seu capacete. | C2: Os vigilantes perceberam que o corpo próximo ao prédio e a rocha mais distante, após experimentos realizados, concluíram que isso poderia ter sido ocasionada pela diferença de massa entre os corpos, sendo que a do Dr. Torres era maior. |

Tabela 20 – Respostas da etapa 2 / interação inter grupos / grupos A1 e A2

observarem que a rocha caiu distante do corpo do Dr. Torres, levantam a hipótese de homicídio.

Esperávamos que os estudantes dos grupos C1 e C2 relatassem, depois de feitas as experimentações da Atividade C: A separação entre o corpo do Dr. Torres e a rocha, para os estudantes dos grupos A1 e A2 que o cientista ao cair da torre com a rocha na mão tentou arremessar a rocha com bastante força para que esta mesma força fosse aplicada sobre ele em sentido contrário ao do lançamento da rocha.

Com isso o Dr. Torres poderia se lançar a um terraço de algum andar inferior ao da sua queda. Os estudantes poderiam mencionar a 3ª lei de Newton (ação e reação) durante os experimentos feitos com os carrinhos na Etapa 1: Atividade experimental – Força aplicada entre corpos.

Os grupos B1 e B2 realizaram experimentos relativos à 2ª lei de Newton e os grupos C1 e C2, experimentos relativos à 3ª lei de Newton. Nesta etapa somente o grupo B1 do 1º ano B relatou elementos característicos da 2ª lei conforme tabela 20. O relato revela alguns conceitos assimilados pelo grupo, pois, quando comparamos dois corpos em queda, com tempo e velocidade diferentes, significa que a força de resistência do ar atua de modo diferente para cada um deles.

Os grupos C2 do 1º ano A, C2 do 1º ano B e B1 do 1º ano B se apropriaram dos conceitos envolvidos mediante as interações e trocas. Os dois primeiros forneceram informações condizentes com a 3ª lei para os grupos visitantes. Os relatos dos grupos C fazem menção a 3ª lei de Newton registrando que quando realizamos uma força sobre um corpo, receberemos a mesma força imposta a ele na mesma direção, porém em sentido contrário.

O grupo B1 do 1º ano B traz uma resposta correta quando comparamos corpos em queda livre com corpos onde a força de resistência do ar também atua na sua queda. Esta conclusão pode ter sido feita a partir da experimentação realizada na Etapa C da atividade experimental "Movimento de queda dos corpos".

Nesta etapa experimental os estudantes realizaram as atividades soltando duas esferas, uma de isopor (oca) e outra de aço (maciça). Como a força de resistência do ar atua somente na esfera de isopor os estudantes associaram a roupa do cientista como sendo oca (isopor) e a pedra maciça em comparação com a esfera de aço. Isto trouxe a conclusão observada na tabela.

Os grupos C1 e B2 do 1º ano A, C1 e B2 do 1º ano B e B1, C1, C2 e B2 do 1º ano C não demonstraram, em seus registros, adquirirem os conceitos trabalhados. No entanto é importante salientar um fato observado que talvez possa ter influenciado essa etapa de experimentação.

Nesta observamos, inicialmente, certa resistência de alguns estudantes para coletar

informações de outros grupos. Este fato, aparentemente, estava relacionado com desafetos entre pares, inibição e inimizades. Observação que deve ser objeto de consideração em oportunidades futuras.

Se nesses grupos os estudantes, aparentemente, encontram-se afastados da Zona de Desenvolvimento Proximal, faz-se necessário, em outras oportunidades, a reelaboração de situações que consigam atingir a superação das supostas dificuldades conceituais.

Considerando que talvez as mediações propostas foram insuficientes para a reelaboração ativa dos estudantes no que concerne aos objetivos propostos, há que se considerar situações que aproximem os estudantes dos conteúdos trabalhados.

É essencial, comentar aqui, que embora as contribuições não tenham sido registradas por todos os grupos participantes da atividade, observamos que o ambiente foi intelectualmente ativo proporcionando a cooperação e o intercâmbio entre os diferentes grupos por meio das trocas, discussões e interações durante a realização dos experimentos.

Nesses aspectos as atividades experimentais proporcionaram a reflexão sobre os conceitos envolvidos de maneira interativa e dinâmica entre os grupos. Buscou-se aqui com o desenvolvimento dos experimentos suscitar novas metodologias de ensino tendo em vista o que Vygotsky afirma sobre a importância de um meio estimulante e desafiador:

Se o meio ambiente não apresenta nenhuma dessas tarefas ao adolescente, não lhe faz novas exigências e não estimula o seu intelecto, proporcionando-lhe uma série de novos objetos, o seu raciocínio não conseguirá atingir os estágios mais elevados, ou só os alcançará com grande atraso (VIGOTSKI, 2008, p. 73).

Sendo assim, as atividades experimentais propostas alcançaram esses estímulos.

5.4.2 Grupos B1 e B2 – interação inter grupos

Mostramos na tabela 21 as interações entre os integrantes dos grupos que trabalharam na atividade experimental – Movimento de queda dos corpos (B1 e B2) com os integrantes dos grupos que trabalharam nas atividades experimentais Conjunto de pêndulos (A1 e A2) e Força aplicada entre corpos (C1 e C2).

Esperávamos que os integrantes do grupo A1 relatassem, depois de realizadas as experimentações da Atividade A: O tombamento do Dr. Torres sobre o parapeito, para o estudante do grupo B1/1ºA que o cientista ao fazer o movimento de descarte da rocha acabou acompanhando o movimento de queda dela por sobre o parapeito. O fato das luvas serem bem aderentes também acabaram contribuindo para que o cientista ficasse com a mão presa junto ao mineral ocasionando sua queda por sobre o parapeito. Os estudantes poderiam ter mencionado ainda a 1ª lei de Newton (Inércia) ao realizarem os experimentos feitos com os pêndulos de massas diferentes na Etapa 1: Atividade experimental – Conjunto

| Turma: Grupo | Relato da visita ao grupo: | |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: B1 | A1: Um homem na Lua estava com uma pedra (com massa maior que a dele) e quando ele a jogou caiu junto por conta da massa e da gravidade. | C1: Eles mostraram que quando o peso é maior os carrinhos meio que não se movem, e o que é mais leve vai mais para tras que o outro. |
| A: B2 | A2: A Lei da Inércia pode ter sido o motivo de sua morte. | C2: Força de ação e reação, quando Dr. Torres bateu na rocha, a rocha fez com que o Torres quebrasse seu capacete, a rocha tinha mais força que Torres |
| B: B1 | A1: Quando ele foi jogar a pedra, o corpo foi pra frente e caiu | C1: Quando o coutor caiu, ele jogou a pedra para frente, impulsiono o próprio corpo para tras. |
| B: B2 | A2: OBS: não escreveram | C2: OBS: não escreveram |
| C: B1 | A1: Eles fizeram o experimento para saber como e com quanta massa seria necessário para que a pedra influenciaria na hora de jogala. | C1: Eles fizeram experiências para saber porque a pedra caiu longe do corpo usando imãs e a massa dos corpos |
| C: B2 | A2: Um descuido do próprio Dr. Torres | C2: Por causa do impacto. |

Tabela 21 – Respostas da etapa 2 / interação inter grupos / grupos B1 e B2

de pêndulos. Esta lei nos diz, entre outras coisas, que se um corpo está em movimento ele tende a continuar em movimento. Este fato foi o ocorrido com o cientista durante o descarte da rocha da torre de observação.

Esperávamos que os estudantes do grupo C1 relatassem, depois de feitas as experimentações da Atividade C: A separação entre o corpo do Dr. Torres e a rocha, para o estudante do grupo B1/1ºA que o cientista ao cair da torre com a rocha na mão tentou arremessar a rocha com bastante força para que esta mesma força fosse aplicada sobre ele em sentido contrário ao do lançamento da rocha. Com isso o Dr. Torres poderia se lançar a um terraço de algum andar inferior ao da sua queda. Os estudantes poderiam mencionar a 3ª lei de Newton (ação e reação) durante os experimentos feitos com os carrinhos na Etapa 1: Atividade experimental – Força aplicada entre corpos.

Conforme é possível observar, os grupos A1 e A2 realizaram experimentos relativos à 1ª lei de Newton e os grupos C1 e C2 experimentos relativos a 3ª lei de Newton. Os grupos forneceram dados importantes para os colegas que os visitaram.

Os grupos A1 do 1º Ano A, A2 do 1º ano A, A1 do 1º ano B, A1 do 1º C e C1 do 1º ano B ofereceram contribuições referentes aos experimentos realizados aos grupos visitados.

Os grupos A1 do 1º ano A e A1 do 1º ano C mostraram preocupação com relação à massa da rocha e o esforço necessário para jogá-la.

Já o grupo A2 do 1º ano A citou diretamente a lei da inércia como motivo mais importante para contribuir na resolução do problema.

O grupo A1 do 1º ano B apontou a dificuldade do cientista em parar após realizar o movimento de descarte da rocha. Este fato remete diretamente ao princípio da inércia que é conceituada da seguinte forma: "Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele" (NEWTON, 2012, p. 48).

O grupo C1 do 1º ano B e C2 do 1º ano A apresentaram conceitos relativos à 3ª lei de Newton demonstrando entendimento de que as forças atuam em sentido contrário uma da outra. A lei diz que: "A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas" (NEWTON, 2012, p. 54).

Os grupos C1 do 1º ano A, C1 e C2 do 1º ano C e A2 do 1º ano C se distanciaram das respostas mais adequadas. Apesar do envolvimento no contexto instigante das experimentações e das mediações proporcionadas, há indicações de que foram insuficientes para a apropriação do que se esperava. Entretanto devemos considerar a mobilização de seus esforços na tentativa de alcançar a solução do problema. É possível inferir que esses estudantes talvez estejam mais preparados para possíveis experiências futuras.

Os grupos A2 e C2 do 1º ano B não responderam.

Essas trocas realizadas demonstram que as atividades desenvolvidas atingiram as expectativas e objetivos esperados.

Os estudantes tiveram papel ativo durante a realização da dinâmica experimental, alinhando suas ações rumo à proximidade com o método científico. Nessa trajetória de interações e trocas significativas sobre o problema a ser desvendado observa-se uma maior apropriação dos conceitos das leis fundamentais da mecânica.

5.4.3 Grupos C1 e C2 – interação inter grupos

Mostramos na tabela 22 as interações entre os integrantes dos grupos que trabalharam na atividade experimental – Força aplicada entre corpos (C1 e C2) com os integrantes dos grupos que trabalharam nas atividades experimentais Conjunto de pêndulos (A1 e A2) e Movimento de queda dos corpos (B1 e B2).

| Turma: Grupo | Relato da visita ao grupo: | |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: C1 | A1: De acordo com a experiência do grupo, a lei da Inércia foi aplicada pois um corpo tende a movimentar-se a menos que o pare no caso o parapeito apenas para o corpo, porém a força continuou e ele caiu. De acordo com a lei | B1: De acordo com a informação do grupo B1, os vigilantes fizeram um experimento com um boneco imitando o Dr. Torres e descobriram que ele caiu junto com a pedra e no impacto ele empurra a rocha para longe, pois o cientista tem mais massa que a rocha. |
| A: C2 | A2: Movimento Energia (1º) Corpo e pedra o astronauta estava levando a pedra e ao parar a força energia continuou atuando. | B2: Massa igual Lua/Terra (gravidade diferente) obtendo a massa cai ao mesmo tempo, força e aceleração (2º). |
| B: C1 | A1: Para eles, o Dr. Torres estava indo jogar a pedra, porém por estar na lua ele está em constante movimento e continuou em constante movimento, caindo do parapeito. | B1: O Dr. Torres caiu junto com a pedra, porém, por a roupa ser oca ele caiu mais devagar então o Dr. Torres soltou a rocha, e caiu com a cabeça nela, rachando o capacete. |
| B: C2 | A2: Ele foi caminhando até o parapeito, ele parou para jogar a pedra, ele lançou a pedra e acabou caindo, pois a força que ele usou para derubar a pedra e acabou o levando junto. | B2: A roupa era oca, ficou mais leve que a rocha e ele caiu mais rápido que a rocha e a mesma quebrou o capacete. |
| C: C1 | A1: Estão utilizando um pendulo para medir força de quedas. | B1: O Dr. Torres cai do parapeito, logo em seguida a pedra cai no capacete dele quebrando-o |
| C: C2 | A2: Se a massa for menor e o movimento for constante ele não cairia, mas como ele confundiu e estava com a massa maior e o movimento não foi constante, isso fez com que ele caísse. | B2: A queda não seria o suficiente para quebra o capacete dele, então suspeitei que se tratava de um homicídio, pois alguém quebrou o capacete dele logo após, empurrou ele do terraço, e ele então aplicou um força na rocha com isso a rocha foi para longe do dr torre e o corpo dele mais perto da torre. |

Tabela 22 – Respostas da etapa 2 / interação inter grupos / grupos C1 e C2

Esperávamos que os integrantes do grupo A1 relatassem, depois de realizadas as experimentações da Atividade A: O tombamento do Dr. Torres sobre o parapeito, para o estudante do grupo C1/1ºA que o cientista ao fazer o movimento de descarte da rocha acabou acompanhando o movimento de queda dela por sobre o parapeito. O fato das luvas serem bem aderentes também acabaram contribuindo para que o cientista ficasse com a mão presa junto ao mineral ocasionando sua queda por sobre o parapeito. Os estudantes poderiam ter mencionado ainda a 1ª lei de Newton (Inércia) ao realizarem os experimentos feitos com os pêndulos de massas diferentes na Etapa 1: Atividade experimental – Conjunto de pêndulos. Esta lei nos diz, entre outras coisas, que se um corpo está em movimento ele tende a continuar em movimento. Este fato foi o ocorrido com o cientista durante o descarte da rocha da torre de observação.

Esperávamos que os estudantes do grupo B1 relatassem, após feitas as experimentações da Atividade B: Velocidade de queda do Dr. Torres, para o estudante do grupo C1/1A que corpos com massas diferentes possuem a mesma velocidade de queda quando soltos ao mesmo tempo e da mesma altura se a resistência do ar for desprezível para eles, e que por isso independentemente do cientista estar segurando ou não a rocha sua velocidade de queda seria a mesma: 21 Km/h. Os experimentos para conclusão destes fatos foram realizados na Etapa 1: Atividade experimental – Movimento de queda dos corpos. No Relato os vigilantes, ao observarem que a rocha caiu distante do corpo do Dr. Torres, levantam a hipótese de homicídio.

Os grupos A1 e A2 realizaram experimentos relativos à 1ª lei de Newton e os grupos B1 e B2 realizaram experimentos referentes à 2ª lei de Newton apresentando aos colegas dados importantes para a resolução do problema.

Os grupos A1 do 1º ano A, A2 do 1º ano A, A1 do 1º ano B, A2 do 1º ano B e A2 do 1º ano C apresentaram elementos que envolvem os conceitos de força e movimento nos moldes que se seguem:

Os grupos B1 e B2 repassaram o que haviam entendido para os visitantes.

Somente o grupo B2 do 1º ano A citou a 2ª lei de Newton constatando a igualdade no tempo de queda. Citam força e aceleração que são grandezas que pertencem a 2ª lei de Newton. O grupo B1 do 1º ano B identificou diferença na queda entre o Dr. Torres e a rocha, sendo a queda desta ocorrida primeiro e depois a queda do cientista.

Vale ressaltar que em uma das experimentações propusemos a comparação entre as quedas de uma esfera de isopor oca e uma de aço (Etapa 1 – questão 6). Como a resistência do ar atua na bola oca e não na esfera, possivelmente de maneira desatenta podem ter comparado a bola oca com a roupa do cientista como sendo oca também. No entanto, este fato não procede uma vez que o cientista estava usando a roupa, portanto não era oca.

Já os grupos B1 do 1ºA e B2 do 1ºC revelam em suas respostas que se encontram

em um processo de transição entre os conhecimentos espontâneos e os conhecimentos científicos. Desta forma, aparentemente encontram-se em vias de apropriação dos conceitos envolvidos. Da análise de suas respostas observamos elementos característicos das leis trabalhadas apontando que o aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a Zona de Desenvolvimento Proximal.

Os grupos B2 do 1º B, A1 e B1 do 1º ano C, ao que tudo indica, apesar das trocas ocorridas por meio das interações sociais diversas, não superaram o senso comum. Desta forma inferimos que as mediações proporcionadas foram insuficientes para a superação dos conhecimentos espontâneos.

Por fim, constatamos que as trocas e engajamento ocorreram na maioria dos grupos. Apesar de algumas vezes trazerem informações não consideradas convencionalmente corretas, ainda assim representaram envolvimento e foram importantes, na medida em que possibilitaram a proximidade com a ciência de maneira ativa e interativa.

Nesta etapa ficaram evidenciadas as opiniões de outros grupos que levantaram hipóteses diferentes para o acidente. Esta dinâmica auxiliou na complementação e incorporação de aspectos facilitadores de formulação da conclusão das causas da morte do cientista.

De sua análise, vale ressaltar um aspecto que podem ter influenciado em parte as trocas e interações desejadas. Nesta etapa observamos que alguns membros, por motivos individuais, estabeleceram obstáculos motivados por manifestações de desafetos e antipatia.

Entretanto, é importante considerar que nas relações sociais esse tipo de manifestação não são raras, pois muitas vezes podem ser caracterizadas por conflitos provenientes de diferenças de ordem diversas. Fato que precisa ser considerado em pesquisas futuras.

5.5 Etapa 3 – Retorno aos grupos e conclusão da atividade

Nesta etapa, apresentamos os resultados finais escritos pelos grupos após as interações ocorridas nas etapas 1 e 2. Como conclusão da atividade, os estudantes apresentaram para a sala e para os pesquisadores a resposta para a solução da situação problema proposta. Esta interação final foi denominada por nós de interação grupos-classe e interação grupos-pesquisadores.

Partimos da premissa de que as informações obtidas em um único experimento não seriam suficientes para uma resposta satisfatória ao problema. Este fato realmente se comprovou no decorrer do desenvolvimento da dinâmica. Motivados e instigados a resolverem o problema efetivaram várias trocas de ideias e discussões que possibilitaram um consenso entre pares para registrarem a conclusão das atividades experimentais.

A seguir, apresentamos as conclusões finais de cada grupo usando a identificação (**Turma: Grupo**):

- **A: A1** Uma morte de causa natural na Lua e maluco foi jogar a pedra e o corpo do mano pra frente.
- **A: A2** Bom foi um acidente devido ao nosso entendimento, pois o movimento da inércia aplicada sobre o corpo fez levar o astronauta a órbita.
- **B: A1** Quando o doutor Torres foi jogar a bola do parapeito, mas com a Lei da inercia e a massa da bola, foi junto levando a nunca parar.
- **B: A2** Sendo a primeira vez dele pra arremessar a pedra ele confundiu com a gravidade assim aplicando uma força maior pra jogar a pedra mais sua roupa aderente continuou segurando na pedra, assim ele indo junto com a pedra para fora do parapeito.
- **C: A1** Foi um acidente, porque no espaço, não tem gravidade.
- **C: A2** Concluimos que foi um homicídio, juntando todos os pontos, mesmo que ele tivesse confundido as rochas e caído sob o para-peito, sua massa em relação a gravidade da lua, não seriam suficientes para rachar o capacete, levando em consideração que a pedra caiu mais distante de seu corpo. Então assim os vigilantes acreditamos que alguém tinha rachado propositamente seu capacete.
- **A: B1** Como ele queria voltar para o parapeito ele jogou a bola com toda sua força para ver se ele conseguia voltar ao prédio. Então eu acho que não foi um homicídio e sim um acidente, pois Dr. Torres tentou voltar e não conseguiu.
- **A: B2** Fizemos a análise e chegamos a tal conclusão, que foi um acidente, pois ele perdeu o controle da situação e seu capacete acabou caindo (quebrando), lei da inércia
- **B: B1** Quando ele foi jogar, ele desequilibrou e caiu. Enquanto caía, ele jogou a pedra para frente, atirando o próprio corpo para trás. Quando ele foi, a para trás, bate a cabeça no parapeito rachando o capacete
- **B: B2** (em branco)
- **C: B1** Concluimos que a morte do Dr. Torres foi um acidente, após a análise da pedra ele foi até o parapeito descartá-la, após jogá-la, o seu traje foi atraído pela pedra, com isso ele caiu no parapeito e durante a queda ganhou velocidade com sua massa e a atração da rocha, prestes a chegar no chão a pedra se repeliu, Torres ao entrar em contato com o chão quebrou o capacete ocasionando sua morte.
- **C: B2** Chegamos na conclusão que foi um homicídio pois na lua não tem gravidade para causar impacto independente se ele estivesse com mais peso ou não, não teria

impacto o suficiente para causar a morte dele, por isso acreditamos que alguém tenha quebrado o capacete dele para ele ficar sem oxigênio e leva a morte.

- **A: C1** Nos entendemos que o ocorrido foi um grande acidente, pois quando ele estava caminhando acabou tropeçando ele se chocou com o parapeito. E por conta da inércia ele continuou caindo e estava com a rocha na mão que era mais leve do que ele, que o impacto com o chão por conta disso e por conta da força e aceleração a rocha foi para o lado.
- **A: C2** Ao levar a pedra para jogar do terraço, o cientista parou perto ao parapeito, mas o movimento da energia continuou atuando na pedra e o puxou para fora do terraço. Enquanto ele estava caindo por a gravidade da lua ser diferente da terra, estava caindo mais lento e pensou em uma solução para se salvar, pensando ação e reação jogando a pedra para empurrar ao terraço abaixo, mas não tem sucesso e caiu no chão quebrando o capacete e ficando sem oxigênio (O_2). 1º 2º e 3º Leis de Newton foram usados.
- **B: C1** O Dr. Torres, foi fazer um experimento jogando a pedra do para-peito e foi para frente junto com a pedra, com isso, ele bateu a cabeça na pedra e sua roupa ficou oca. Então, ele jogou a pedra para pegar impulso mas não havia mais oxigênio e morreu quando caiu.
- **B: C2** Ele foi jogar a rocha, perdeu o equilíbrio e acabou caindo junto, ele caiu mais rápido, ai caiu em sua cabeça, quebrando o capacete, empurrando ele para o lado e jogando a rocha para o outro lado.
- **C: C1** Foi um acidente, ao descartar a rocha o corpo dele se lançou para frente fazendo-o escorregar, repelindo a pedra para longe como na lua a gravidade é diferente ele flutuou e tentou segurar em um dos para peitos batendo sua cabeça onde havia um capacete de oxigênio, que foi quebrado, fazendo-o morrer de asfixia.
- **C: C2** Ele estava no terraço, quando foi atingido por uma rocha ao uma velocidade superior acima a 22 Km/h, quebrando o capacete fazendo com que ele caia do terraço, e ao cair foi tentando se segurar e não conseguiu, pelo fato da rocha esta num movimento continuo ela foi parar longe de seu corpo, pelo fato do capacete estar quebrado ele morreu asfixiado. (achamos que foi um meteoro não homicídio)

Diante disso, analisando as respostas, obtivemos que a maioria dos grupos, concluiu que a morte do cientista foi um acidente. Nesta explicação apontaram diferentes conceitos envolvidos nas experimentações. Foram eles: A1 do 1º ano B, A2 do 1º ano B, A2-1ºB; A1-1ºC; B1-1ºA; B2-1ºA; B1-1ºB; B1-1ºC; C1-1ºA; C2-1ºA; C1-1ºB; C2-1ºB, conforme apresenta a tabela 23.

| Grupos | Conclusão |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| A: A1 do 1º ano B, A2 do 1º ano B, A2-1ºB; A1-1ºC; B1-1ºA; B2-1ºA; B1-1ºB; B1-1ºC; C1-1ºA; C2-1ºA; C1-1ºB; C2-1ºB | Acidente |
| A1-1ºA; B2-1ºB | Nenhuma |
| A2-1ºC; B2-1ºC; C2-1ºC. | Homicídio |

Tabela 23 – Resumo das respostas da etapa 3 / conclusão / todos os grupos

Analisando os dados da tabela acima averiguamos que apesar das trocas e discussões proporcionadas no decorrer das etapas das experimentações, não foram todos os grupos que se apropriaram dos conceitos envolvidos.

Na conclusão sobre a causa da morte do Dr. Caio Torres, notamos que dois grupos não concluíram a etapa final da atividade experimental proposta e, três grupos classificaram o ocorrido como um homicídio. Diante desta constatação, consideramos que o ensino deve ser um processo contínuo onde os resultados das estratégias didáticas utilizadas servem de patamar para reorganização das ações tendo em vista a superação das dificuldades apresentadas no trajeto percorrido. Consideração esta que poderá ser alvo de pesquisas futuras.

Apesar das ponderações acima, as atividades propostas foram consideradas exitosas na medida em que foram desenvolvidas em ambiente problematizador, instigante, provocador, desafiador e interativo. Esse ambiente interativo promoveu engajamento e envolvimento dos estudantes durante a execução da dinâmica proporcionada, favorecendo o ensino das três leis de Newton.

Essa proposta afastou-se do ensino considerado tradicional cuja característica principal pauta-se no professor como centralizador e detentor dos saberes e o estudante mero receptor desses saberes, tal como mencionam Gaspar (2014) e Alves-Filho (2000).

Na abordagem que os autores discorrem cabe ao estudante memorizar os conceitos para reproduzi-los nas avaliações, sendo que o papel ativo é do professor.

6 Conclusão

Nesta pesquisa desenvolvemos atividades experimentais como estratégia de ensino das três leis de Newton, as quais foram aplicadas aos estudantes de três salas de primeiro ano do ensino médio. O objetivo principal foi o de envolver e engajar os estudantes na participação e aproximação das atividades científicas, favorecendo a aprendizagem dos conceitos físicos.

Durante o decorrer da execução das etapas das atividades experimentais foi possível averiguar que os objetivos propostos foram atingidos na medida em que os estudantes se motivaram e se envolveram nas tentativas de solucionar o problema da morte do cientista, Dr. Caio Torres.

A partir das respostas dos estudantes avaliamos que o desenvolvimento das atividades foram bem sucedidas pois demonstraram fortes indícios de apropriação e uso de conceitos formais além das capacidades analíticas e de síntese.

Entretanto, apesar disso, houveram alguns aspectos observados durante a realização da pesquisa que dificultaram o alcance da plenitude dos objetivos propostos.

Um deles foi a grande heterogeneidade que se caracterizou por grupos mais e menos motivados, sendo estes a minoria. Isso foi constatado durante a execução da etapa 2 onde observamos certa resistência de alguns estudantes para coletar informações de outros grupos na intenção de complementar aspectos do problema.

Possivelmente esta situação tenha sido ocasionada por certa antipatia ou inimizade entre pares. É importante destacar que na dinâmica proposta houve somente duas opções de troca por tipo de experimento, situação que pode ter favorecido este tipo de problema.

Talvez, esse acontecimento poderia ter sido minimizado se a flexibilidade das trocas fosse considerada e estudada anteriormente, por meio de instrumentos de mapeamento prévio realizado junto com o professor da disciplina. Com isso, podemos inferir que as manifestações de desprezo poderiam ser equacionadas, dado que deve ser considerado em atividades futuras.

Além disso o fator tempo também pode ter interferido no desempenho esperado dos estudantes na medida em que alguns grupos usaram mais tempo na execução da etapa 1, comprometendo, ao que tudo indica, as respostas de algumas questões da etapa 2. Em dinâmicas experimentais futuras, como a que foi proposta nesta pesquisa, faz-se necessário aumentar o tempo de desenvolvimento para, pelo menos, 6 horas aula possibilitando maior qualidade na proposta pedagógica da atividade experimental.

Diante disso reconhecemos que estas limitações influenciaram, em parte, a dinâmica

proposta.

Apesar desses problemas, obtivemos êxito na maior parte da dinâmica proposta considerando as discussões e trocas em diferentes níveis de interação social para solucionar o problema.

Nesta perspectiva é preciso salientar que para chegarem à etapa 3 – última fase das atividades propostas – os estudantes desenvolveram várias ações próximas ao fazer científico: ouvir com atenção o problema proposto (etapa i) apresentado no texto fictício; concentração na realização dos experimentos oferecidos, fazendo levantamento e testes de hipóteses com trocas entre os diferentes membros, protagonizando-se como sujeitos ativos no processo ensino-aprendizagem (etapa 1); complementação dos aspectos diferenciados do acidente interagindo e argumentando durante a coleta de informações com grupos distintos que realizaram experimentos diferentes (etapa 2).

Também é importante esclarecer que o objetivo principal da proposta não foi de que os alunos encontrassem “a resposta certa” para o problema. Um problema como esse não admite uma única resposta certa. Trata-se de uma problema fictício que, ao que se sabe nunca foi observada na prática, mas que permite muitas interpretações e análises enriquecedoras.

Em meio a isso, trazemos o pensamento de [Fonseca \(2008, p. 365–366\)](#) quando discorre sobre a pedagogia científica de Bachelard. Ele diz que o erro se apresenta como práticas pedagógicas que colocam o conhecimento sempre em dúvida, proporcionando a necessidade de corrigir-se. Este pensamento, traz na sua essência, a crítica e o estímulo a professores e estudantes a praticarem um “pensamento aberto na busca de fenômenos e problemáticas complexas e na capacidade de formular questões-problemas e de construir objetos de pesquisa”.

Além do mais, o saber científico deve estar em estado de constante mudança substituindo os conhecimentos consolidados e prontos pelo conhecimento aberto e dinâmico.

Consideramos o ensino um processo contínuo em que os resultados da ação didática deve ser alvo de replanejamento para a elaboração de estratégias diferenciadas de intervenção tendo em vista a apropriação dos conteúdos pelos estudantes. Além disso, proporcionou uma alternativa de superação de atividades mecânicas focadas na concentração de equações e memorização de leis e conceitos desarticulados das atividades científicas.

A pesquisa partiu do entendimento de que o professor deve atuar na Zona de Desenvolvimento Proximal dos estudantes (ZDP) proporcionando situações de interação e trocas para internalização dos saberes envolvidos.

Segundo [Vigotski \(2000\)](#), os conceitos se formam e se desenvolvem de maneiras diferentes, mas sempre surgem no processo de solução de algum problema. Só como resultado da solução desse problema surge o conceito.

De acordo com [Rego \(2000\)](#), o aprendizado é o responsável por criar a ZDP na medida em que, ao interagir com outras pessoas, é possível colocar em movimento vários processos de desenvolvimento que, sem ajuda externa, seriam impossíveis de ocorrer.

Baseados nesses pressupostos, sempre incentivávamos os estudantes a discutirem e a procurarem soluções com seus colegas através da troca de ideias e do debate. Segundo [Fonseca \(2008, p. 366\)](#), a pedagogia científica de Bachelard “incentiva relações pedagógicas construtivas e permitem desenvolver a capacidade de autonomia intelectual, de construção de novos conhecimentos e de novas questões científicas que possam se contrapor à visão empiricista”.

Dessa forma, o mais importante foi propiciar aos estudantes uma situação e um ambiente para sentirem-se engajados, motivados a tentarem utilizar conceitos físicos para explicar o problema.

Para ([CARVALHO, 2010, p. 21](#)) “é importante que uma atividade de investigação faça sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno que a ele é apresentado”.

Parte dos resultados desta dissertação foram apresentados em forma de trabalho completo no XVII EPEF ([SCOMPARIN; CARVALHO-NETO, 2018a](#)). Além disso, surpreendemo-nos com a eficácia dos dinamômetros magnéticos criados por nós para a exploração da 3ª lei de Newton (Apêndice B) e publicamos um artigo dedicado à sua explicação e exploração no ensino de Física ([SCOMPARIN; CARVALHO-NETO, 2018b](#)).

Por fim, considerando todos os aspectos da proposta pedagógica e os indícios de apropriação e uso de conceitos formais por parte dos estudantes, apresentados na dinâmica, concluímos que a presente pesquisa atingiu os objetivos propostos em direção ao potencial a que foi almejado.

Referências

- ALVES-FILHO, J. P. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista*. 297 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2000. Citado 5 vezes nas páginas 11, 17, 18, 19 e 68.
- ANTUNES, C. A.; GALHARDI, V. B.; HERNASKI, C. A. On newton's laws and the space-time structure of classical mechanics. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40, n. 3, 2018. Citado na página 27.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. [S.l.]: Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. Citado 4 vezes nas páginas 12, 13, 39 e 48.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. [S.l.]: Lisboa: EDIÇÕES 70, LDA, 1977. Citado na página 34.
- BOSS, S. L. B. et al. Inserção de conceitos e experimentos nos anos iniciais do ensino fundamental: uma análise à luz da teoria de Vigotski. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 14, n. 3, p. 289–312, 2012. Citado na página 25.
- CACHAPUZ, A. et al. *A Necessária renovação do ensino das ciências*. [S.l.]: São Paulo: Cortez, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 38.
- CAMBI, F. *História da Pedagogia*. [S.l.]: UNESP, 1999. Citado na página 17.
- CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de física. In: *Ensino de Física – Coleção Ideias em Ação*. [S.l.]: São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 53–78. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 71.
- CARVALHO, A. M. P. et al. *Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico*. [S.l.]: São Paulo: Scipione, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 40.
- DEWEY, J. *Experiência e educação*. [S.l.]: Companhia Editora Nacional, 1976. (Atualidades pedagógicas). Citado na página 17.
- FARIAS, S. A.; BORTOLANZA, A. M. E. Concepção de mediação: o papel do professor e da linguagem. *Profissão Docente*, v. 13, n. 29, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- FEYNMAN, R.; LEIGHTON, M.; SANDS, M. *Lições de física*. [S.l.]: Porto Alegre: Bookman, 2008. Citado na página 53.
- FONSECA, D. M. da. A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. *Educação e pesquisa*, Universidade de São Paulo, v. 34, n. 2, p. 361–370, 2008. Citado 3 vezes nas páginas 13, 70 e 71.
- GADOTTI, M. *História das ideias pedagógicas*. 8. ed. [S.l.]: São Paulo: Ática, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.
- GALBIATTI, D. A.; CAMARGO, E. P. de. Uma abordagem histórico-cultural para o ensino de física: análise e proposta de uma sequência didática. *Revista Ibero-americana de Educação*, v. 72, n. 1, p. 111–130, 2016. Citado na página 25.

GASPAR, A. *Atividades Experimentais no Ensino de Física: Uma Nova Visão Baseada na Teoria de Vigotski*. [S.l.]: Livraria da Física, 2014. Citado 4 vezes nas páginas 11, 13, 50 e 68.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. de C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 227–254, 2005. Citado na página 24.

HEWITT, P. G. *Fundamentos de Física Conceitual*. [S.l.]: Porto Alegre: Bookman, 2000. Citado 4 vezes nas páginas 27, 28, 29 e 48.

JUNIOR, P. B. da S.; ARNONI, M. E. B. Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, FapUNIFESP (SciELO), v. 35, n. 3, set. 2013. Citado na página 47.

MAINARDES, J.; PINO, A. Publicações brasileiras na perspectiva vigotskiana. *Educação & Sociedade*, v. 21, n. 71, p. 255–269, jul. 2000. Citado na página 20.

NEWTON, I. *Principia. Princípios Matemáticos de Filosofia Natural - Livro I*. [S.l.]: Edusp, 2012. Citado 4 vezes nas páginas 28, 29, 30 e 62.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica – Mecânica*. 4. ed. [S.l.]: São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002. v. 1. Citado na página 40.

REGO, T. C. *Vygotsky : Uma Perspectiva Histórico-cultural da Educação*. [S.l.]: Vozes, 2000. Citado 8 vezes nas páginas 20, 21, 22, 24, 35, 41, 51 e 71.

SCOMPARIN, P. R.; CARVALHO-NETO, J. T. *Playlist contendo todos os experimentos elaborados para a atividade Acidente na Lua*. Disponível em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLXtr-UCND_UMnfZTAAtGZy-jqp0ML92g0Q>. Citado na página 86.

SCOMPARIN, P. R.; CARVALHO-NETO, J. T. *Video of two magnometers collision*. Disponível em: <https://youtu.be/l_OgxHzPDfg>. Citado na página 89.

SCOMPARIN, P. R.; CARVALHO-NETO, J. T. *Vídeo a5: simulação do andar do Dr. Torres usando duas rochas de massas diferentes*. Disponível em: <<https://youtu.be/UV2PEkg5vZ8>>. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 79.

SCOMPARIN, P. R.; CARVALHO-NETO, J. T. *Vídeo b3: movimento de queda de duas esferas com densidades bem diferentes*. Disponível em: <<https://youtu.be/S7YKhU4INoo>>. Citado 2 vezes nas páginas 50 e 82.

SCOMPARIN, P. R.; CARVALHO-NETO, J. T. *Vídeo c1: dinamômetros magnéticos são aproximados com o objetivo de explorar a 3ª lei de Newton*. Disponível em: <<https://youtu.be/EZ4i2euQB3A>>. Citado 3 vezes nas páginas 52, 83 e 89.

SCOMPARIN, P. R.; CARVALHO-NETO, J. T. Proposta de uma situação problema envolvendo atividades experimentais investigativas em um ambiente com diferentes interações sociais. In: VII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, Campos do Jordão. *Anais*. Sociedade Brasileira de Física, 2018. Disponível em: <<https://sec.sbfisica.org.br/eventos/epf/xvii/sys/resumos/T0233-1.pdf>>. Citado na página 71.

- SCOMPARIN, P. R.; CARVALHO-NETO, J. T. A simple and effective magnetic dynamometer to teach Newton's third law. *Physics Education*, v. 53, n. 6, ago. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 71 e 88.
- SILVA, A. V. M. da. A pedagogia tecnicista e a organização do sistema de ensino brasileiro. *Revista HISTEDBR On-line*, Universidade Estadual de Campinas, v. 16, n. 70, p. 197, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 28.
- VIGOTSKI, L. *Formação Social da Mente*. 7. ed. [S.l.]: São Paulo: Martins Fontes, 2008. Citado 5 vezes nas páginas 23, 35, 41, 52 e 60.
- VIGOTSKI, L. S. *Construção do Pensamento e da Linguagem*. [S.l.]: São Paulo: Martins Fontes, 2000. Citado 3 vezes nas páginas 23, 36 e 70.
- VIGOTSKI, L. S. *Pensamento e Linguagem*. 4. ed. [S.l.]: Martins Fontes, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- WERLANG, R. B. et al. Análise da inserção da teoria sociointeracionista em atividades de laboratório de física básica em um curso de geofísica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 29, n. 2, set. 2012. Citado 6 vezes nas páginas 19, 23, 25, 32, 36 e 39.
- ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 13, n. 3, p. 67–80, dez. 2011. Citado na página 17.

Apêndices

APÊNDICE A – Atividade *Acidente na Lua*

Neste apêndice, incluímos todo o material escrito utilizado pelos alunos durante a atividade. A seção [A.1](#) contém o texto explicativo e introdutório que foi dado de forma impressa e lido para todos os grupos no início da atividade. A seção [A.2](#) contém os roteiros referentes às atividades experimentais, as quais são diferenciadas para os grupos A, B e C. A seção [A.3](#) contém as orientações para a troca de informações entre os grupos e a seção [A.4](#) contém a etapa de conclusões finais alcançadas pelos grupos. Essas duas últimas seções possuem o mesmo formato para todos os grupos. O que muda são os grupos visitados, sendo que utilizamos somente os roteiros dos grupos A1 como exemplo.

A.1 Etapa i: Apresentação da atividade *Acidente na Lua*

Estamos no ano de 2115 e há alguns anos o Brasil construiu uma estação exploratória na Lua. Vários profissionais trabalham na estação. Entre eles existe o grupo dos vigilantes que passam vários anos na estação exercendo funções de administração e segurança. Eles realizam atividades mais burocráticas e não possuem muitos conhecimentos científicos. Existe também o grupo dos cientistas que é formado por novatos e veteranos. Esse grupo realiza estudos sobre a constituição da Lua e a adaptação dos humanos ao ambiente lunar.

Pois bem, no dia 13 de novembro ocorreu um acidente fatal na estação. Um dos novatos, o Dr. Caio Torres, caiu de um dos terraços da torre de observação e morreu. Ele acabara de ser designado para estudar rochas lunares e, após analisá-las, deveria descartá-las de um dos terraços da torre de observação. Os terraços eram abertos e possuíam parapeitos na altura da cintura. Por ser um lugar aberto, era necessário usar traje espacial com luvas bastante aderentes para garantir a segurança.

O acidente foi investigado por uma comissão de vigilantes que não conseguiu chegar a uma resposta convincente para a causa do acidente. Essa comissão, inclusive, levantou a hipótese de não se tratar de um acidente, mas sim de um homicídio. Essa alegação, embora sem fundamentos claros, acendeu um alerta para o governo brasileiro. Isso necessitava urgentemente ser esclarecido, pois a principal fonte de renda para a manutenção da estação vinha do turismo espacial. E caso o acidente não fosse explicado, a estação brasileira perderia turistas para a estação vizinha comandada por argentinos.

Diante dessa situação, o governo montou uma equipe de investigadores formada por aproximadamente 30 pessoas, dividida em 6 grupos de trabalho.

Vocês farão parte dessa comissão, e o seu grupo, assim como os demais, possuem a missão de solucionar o caso. Para isso, o governo disponibilizou conjuntos específicos de informações obtidos pela comissão de vigilantes que investigou previamente o caso. Ofereceu, também, materiais experimentais para os investigadores testarem suas hipóteses. Como estamos no ano de 2115, toda investigação tem que ser baseada em conhecimentos científicos. Portanto, para construir seus argumentos, vocês terão que embasá-los nos conteúdos da Física, particularmente nas leis de Newton.

A.2 Etapa 1: Atividade experimental

A.2.1 Grupos A1 e A2

Atividade A: O tombamento do Dr. Torres sobre o parapeito

Relato dos vigilantes

Os vigilantes analisaram o parapeito de todos os terraços e não identificaram nenhum sinal de avaria. Esse foi um dos motivos para eles suspeitarem de um homicídio, pois por qual motivo o Dr. Torres tombaria sobre o parapeito do terraço e cairia?

Foi verificado que esse foi, de fato, o primeiro dia de trabalho do Dr. Torres na estação. Então, se não foi um homicídio, pode ter sido algum descuido do próprio Dr. Torres ao se aproximar do parapeito. Entretanto, os vigilantes consideraram estranho que fosse um descuido qualquer. Pois, apesar de novato na Lua, o Dr. Torres tinha trabalhado durante vários anos como estudioso de rochas na Terra e, inclusive, exerceu esse mesmo trabalho de descarte de rochas em uma torre de observação terrestre que era uma réplica da torre lunar.

Etapa 1: Atividade experimental – Conjunto de pêndulos

Descrição:

Esta é a parte experimental, em que vocês irão discutir somente entre si (colegas do mesmo grupo).

Vocês dispõem de um conjunto de 2 pêndulos. Ambos possuem fios de mesmo comprimento que simulam os braços do Dr. Torres. Entretanto, a massa de cada pêndulo é diferente e ela faz o papel da rocha conduzida para descarte. O objetivo de vocês é simular o movimento do Dr. Torres de lançar a rocha

sobre o parapeito e verificar o efeito que rochas de diferentes massas podem produzir.

Materiais:

- 1 prancha de madeira de MDF.
 - 2 conjuntos de pêndulo com pesos diferentes.
 - 2 blocos de madeira.
-

a) Primeira parte: simulação do caminhar do Dr. Torres.

Para fazer essa simulação, coloque um dos pêndulos sobre a prancha de madeira, conforme a figura. Deslize a prancha de madeira para a frente na direção em que o Dr. Torres caminharia para levar as rochas ao longo do terraço. O desafio é manter esse movimento sem que o pêndulo oscile ou caia da prancha, segurando somente a prancha. Treine esse movimento revezando com os colegas até adquirir alguma destreza.

Perguntas:

- 1) Ao conseguir manter o pêndulo em movimento sem balançar, o que vocês podem dizer sobre a velocidade de movimento da prancha. Ela manteve-se constante ou variável?
 - 2) Após conseguirem manter o pêndulo em movimento sem balançar, o que acontece quando vocês mudam a velocidade da prancha repentinamente (acelerando-a ou desacelerando-a)?
 - 3) Vocês conseguem identificar qual lei de Newton é responsável por explicar esse efeito? Expliquem com suas palavras.
-

b) Segunda parte: simulação da parada para soltar a rocha.

No item a), simulamos o movimento de caminhar do Dr Torres com velocidade constante carregando a rocha. Agora, vamos simular o que aconteceu quando o Dr. Torres parou para soltar a rocha por cima do parapeito. Para fazer o papel de parapeito, usem o bloco de madeira deitado sobre a mesa, deixando-o fixo. Movimentem a prancha de forma a simular o caminhar do Dr. Torres sem balançar os pêndulos, da mesma forma que foi feito no item a). Movimentem a prancha em direção ao bloco e pare-a ao aproximar-se do bloco, assim como o Dr. Torres faria ao aproximar-se do parapeito.

Perguntas:

4) Façam esse experimento com os dois pêndulos lado a lado ao mesmo tempo sobre a prancha. Tentem desenvolver uma velocidade em que, ao serem parados em frente ao bloco, um pêndulo tombará e outro não. Nesse caso, qual dos pêndulos tombará sobre o parapeito e qual permanecerá de pé? Por qual motivo vocês acham que isso acontece? Veja o vídeo a5¹.

5) Com base na lei de Newton que vocês identificaram na questão 3), vocês consideram que o resultado da questão 4) seria diferente caso a aceleração da gravidade fosse menor aqui onde vocês fizeram o experimento? Por que vocês acham isso? Atenção: nesta questão estamos analisando a tendência de ir para a frente na horizontal e não a tendência de cair na vertical após o pêndulo já ter tombado.

6) Na superfície da Lua, a aceleração da gravidade é menor do que na superfície da Terra, pois a Lua possui menos massa que a Terra. Consequentemente, o peso (força peso) de um objeto é menor na Lua do que na Terra, apesar da massa não mudar. Sabendo que o Dr. Torres era um novato na Lua, você acha que ele pode ter se confundido sobre qual era a massa da rocha ao segurá-la com a mão? Explique o porquê e qual seria a confusão.

7) Com base nas suas análises das questões 5) e 6) explique o que você acha que pode ter acontecido para que o Dr. Torres caísse do terraço?

A.2.2 Grupos B1 e B2

Atividade B: Velocidade de queda do Dr. Torres

Relato dos vigilantes

Os vigilantes verificaram que a causa da morte do Dr. Torres não foram os danos causados pelo impacto da queda sobre o seu corpo. Ele morreu devido ao visor do seu capacete ter quebrado com o impacto, fazendo com que ficasse exposto diretamente ao ambiente lunar, o qual não possui atmosfera.

Para verificar se o capacete realmente quebraria por causa do impacto, os vigilantes montaram um boneco exatamente igual ao Dr. Torres (mesmo tamanho e mesma massa) e vestiram o boneco com um traje espacial novo do mesmo modelo que o Dr. Torres usava. Além disso, eles prenderam ao boneco uma rocha igual a que o Dr. Torres usou.

Ao lançar o boneco do terraço e observar a sua queda, os vigilantes verificaram que o boneco colidiu com o solo a uma velocidade de 21 km/h. O fabricante

¹ Vídeo disponibilizado aos estudantes através de um netbook colocado sobre a mesa de cada grupo (SCOMPARI; CARVALHO-NETO, c).

do capacete garante que ele resiste a um impacto de até 20 km/h. Portanto, se ao cair, o Dr. Torres estivesse segurando a rocha na mão, o capacete de fato quebraria.

Entretanto, os vigilantes observaram que o local de impacto da rocha no acidente foi bem afastado do local de impacto do Dr. Torres, indicando que o Dr. Torres conseguiu se livrar da rocha na parte inicial da queda. Como a rocha era bem pesada, os vigilantes concluíram que o Dr. Torres deve ter colidido com velocidade bem menor que os 21 km/h medidos com o boneco.

Os vigilantes levantaram, então, a possibilidade de que alguém possa ter empurrado o Dr. Torres do terraço e, ao verificar que o impacto da queda não foi suficiente para matá-lo, foi lá e quebrou o visor do capacete para parecer que ele quebrou devido à queda.

Etapa 1: Atividade experimental – Movimento de queda dos corpos

Descrição:

Nesta atividade, vocês irão estudar o movimento de queda dos corpos sob a ação da gravidade com o objetivo de responder se a quebra do capacete do Dr. Torres foi devido à queda. Para isso vocês farão o lançamento de diferentes corpos com diferentes massas.

Materiais:

- 2 bolas de bocha de massas diferentes.
- 1 bola de isopor
- 1 bola de metal
- 1 plano inclinado.
- 2 carrinhos.
- pesos para os carrinhos.

a) Simulação da gravidade lunar.

A aceleração da gravidade lunar é bem menor do que da Terra. Para simular essa gravidade menor, usaremos carrinhos deslizando por um plano inclinado. A inclinação do plano faz com que a aceleração de queda do carrinho seja menor se comparada ao lançamento vertical.

Atenção: os carrinhos não são perfeitos, então é normal que apresentem resultados um pouco diferentes mesmo fazendo tudo igual. Por isso, para terem convicção nos resultados, repitam algumas vezes os experimentos a seguir.

Perguntas:

1) Soltem dois carrinhos lado a lado do alto do plano inclinado ao mesmo tempo. Usem um disco em cada carrinho. Vocês podem dizer que eles se movimentaram de maneira igual ou diferente? Qual o motivo físico, na opinião de vocês, para que isso tenha acontecido?

2) Repitam o experimento da questão 1), mas agora usem um disco em um carrinho e dois no outro. Neste caso, o movimento do carrinho mais leve foi maior ou menor que o carrinho mais pesado? O resultado bate com o que vocês esperavam? Qual é a explicação física na opinião de vocês.

b) Movimento de queda na vertical 1.

O objetivo agora é fazer lançamentos de queda livre na vertical sob ação completa da aceleração da gravidade terrestre. Para isso, vocês segurarão uma esfera em cada mão, com os braços erguidos, e soltaram elas ao mesmo tempo.

Atenção:

Cuidado para as esferas não caírem nos seus pés, pois pode machucar. Façam com que elas caiam sobre as duas camadas de tapete para que não haja danos na esfera e nem no piso. Simplesmente abram as mão para soltá-las sem empurrá-las para baixo ou para os lados.

Não usem a esfera de isopor e a esfera de aço agora. Elas serão usadas na parte c)

Perguntas:

3) Soltem várias combinações de esferas de diferentes massas e observem o movimento de queda. Houve casos em que a velocidade de queda foi diferente?

4) Com base nos experimentos das questões 2) e 3), vocês consideram que a massa do corpo irá influenciar no movimento de queda dos corpos? A conclusão de vocês muda se o experimento for feito na Lua ou na Terra?

c) Movimento de queda na vertical 2.

Vocês irão repetir o experimento da parte b) usando somente a esfera de isopor e a esfera de aço.

Perguntas:

5) Usando uma balança digital, meçam a massa da esfera de isopor e da esfera de metal e anotem os valores aqui. As massas são muito diferentes ou são parecidas? E os diâmetros, são muito diferentes ou parecidos?

6) Soltem as duas esferas ao mesmo tempo com os braços bem erguidos. Veja o vídeo b3². As esferas caíram ao mesmo tempo? Esse resultado está de acordo com as medidas das partes a) e b)? Se há diferença, qual pode ser a explicação?

7) Por fim, considerando os resultados dos experimentos que vocês fizeram e conhecendo as características do ambiente lunar, existe uma explicação física para o capacete ter quebrado mesmo tendo o Dr. Torres largado a pesada rocha logo no começo da queda? Em caso afirmativo, qual é essa explicação?

A.2.3 Grupos C1 e C2

Atividade C: A separação entre o do Dr. Torres e a rocha

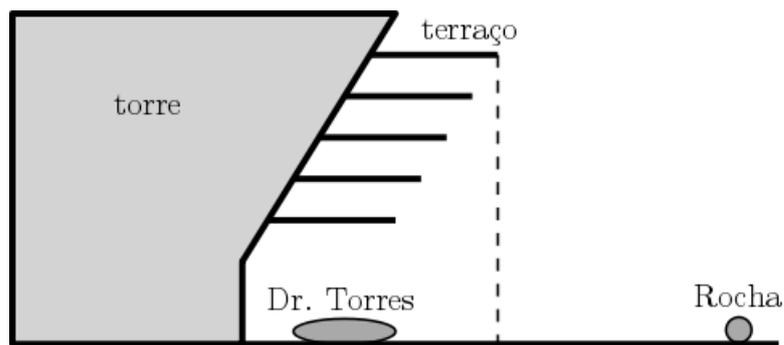
Relato dos vigilantes

No local do acidente, foi verificado que o ponto de impacto do Dr. Torres com o solo ocorreu mais próximo da torre do que a linha vertical imaginária que passa pela borda do terraço (veja figura abaixo). Portanto, mesmo que o Dr. Torres tivesse caído do terraço, como que o seu corpo teria se deslocado para perto da torre durante a queda? Essa parece ter sido, de fato, uma tentativa dele tentar se agarrar nas paredes da torre durante a queda. Vale lembrar que como a aceleração da gravidade lunar é pequena comparada com a terrestre, o tempo de queda foi um pouco mais longo, dando tempo para que ele tentasse executar alguma manobra. Infelizmente, o traje que ele usava não possuía jatos propulsores que poderiam ajudá-lo a deslocar-se durante a queda. Outro fato curioso foi observado: a rocha que o Dr. Torres carregava não estava próxima ao seu corpo. O ponto de impacto da rocha estava mais afastado da vertical em relação à torre, sendo essa distância bem maior que a distância do corpo do Dr. Torres à vertical (veja a figura).

Etapa 1: Atividade experimental – Força aplicada entre corpos

Descrição:

² Vídeo disponibilizado aos estudantes através de um netbook colocado sobre a mesa de cada grupo (SCOMPARI; CARVALHO-NETO, d).



Nesta atividade vocês vão simular o que aconteceu caso o Dr. Torres, durante a queda, tenha empurrado a pedra para longe horizontalmente. Para isso vocês usarão dois carrinhos. Um carrinho poderá fazer o papel do Dr. Torres e o outro o papel da rocha. Para isso, vocês poderão mudar as massas dos carrinhos colocando mais ou menos objetos sobre eles (o carrinho com mais massa poderá fazer o papel do Dr. Torres e o de menor massa será a rocha). Para simular uma possível força que o Dr. Torres tenha aplicado sobre a rocha durante a queda, cada carrinho possui um ímã preso a uma haste. O ímã de um carrinho irá exercer uma força repulsiva sobre o ímã do outro carrinho (os ímãs estão com os mesmos polos voltados um contra o outro).

Para saber qual é a força que um carrinho está recebendo devido ao outro carrinho, basta ver a inclinação da haste em que o ímã está grudado. Quanto maior a força, maior será a inclinação da haste.

Ao variar o número de ímãs de um carrinho, usem sempre o mesmo número de ímãs de um lado e do outro da haste.

Atenção: os carrinhos não são perfeitos, então é normal que apresentem resultados um pouco diferentes mesmo fazendo tudo igual. Por isso, para terem convicção nos resultados, repitam algumas vezes os experimentos das questões abaixo.

Materiais:

- 2 carrinhos com hastes.
- 4 discos de ímãs.
- 3 pesos para os ímãs.

Perguntas:

1) Usando somente 2 ímãs em cada carrinho, encostem um de frente para o outro. Veja o vídeo c1³. As forças sentidas por cada carrinho (indicadas

³ Vídeo disponibilizado aos estudantes através de um netbook colocado sobre a mesa de cada grupo (SCOMPARI; CARVALHO-NETO, e).

pela haste) foram iguais ou diferentes? Vocês sabem explicar o motivo usando alguma das leis de Newton?

2) E se vocês usarem 4 ímãs em um carrinho e apenas 2 no outro, vocês esperam que as forças sejam as mesmas ou diferentes em cada carrinho? Façam o experimento e comparem com o que vocês esperavam. Relembrando: para medir a força, basta ver a inclinação da haste. O resultado bate com a lei de Newton que vocês usaram na questão 1)?

3) Agora vamos encostar os carrinhos e soltá-los repentinamente para observar o movimento de repulsão. Usando 4 ímãs em cada carrinho sem nenhuma massa sobre eles, algum deles acelerou mais que o outro?

4) Repitam o experimento da questão 3) usando 1 massa em um carrinho e nenhuma massa no outro. Algum carrinho acelerou mais que o outro? Como vocês explicam esse resultado com base na força medida e na massa em cada carrinho?

5) Com base nos experimentos realizados acima e nas leis de Newton que vocês usaram, como vocês podem explicar o movimento e o local de queda do corpo do Dr. Torres e da rocha que ele segurava?

A.3 Etapa 2: Troca de informações entre os grupos

Descrição:

Esta é a etapa inter grupos. Ela possui duas partes que ocorrem ao mesmo tempo.

Dois colegas do seu grupo irão obter informações com outros grupos diferentes do seu. Ou seja, um colega irá visitar o grupo B1 e outro colega irá visitar um grupo C1. É importante que esses colegas somente obtenham informações do outro grupo, mas que não deem informações para o outro grupo.

Ao mesmo tempo, os colegas que ficaram no seu grupo irão receber a visita de um colega do grupo B1 e um colega do grupo C1. Vocês deverão passar para o visitante todas as informações e conclusões que vocês acharem importantes sobre a atividade do seu grupo.

1) Relato do colega que visitou o grupo B1.

Escreva aqui as informações mais importantes que o colega que visitou o grupo B1 trouxe e que podem ajudar a desvendar o acidente na Lua:

2) Relato do colega que visitou o grupo C1.

Escreva aqui as informações mais importantes que o colega que visitou o grupo C1 trouxe e que podem ajudar a desvendar o acidente na Lua:

A.4 Etapa 3: Conclusão final das análises do acidente na Lua

Descrição:

Nesta etapa vocês vão juntar as informações que vocês obtiveram nas Etapas 1 e 2 para chegar a uma explicação de cada parte do acidente. Após essas explicações, vocês deverão concluir se a morte do Dr. Torres foi realmente devido a um acidente ou foi um homicídio.

Faça um resumo das suas análises e conclusões.

APÊNDICE B – Conjuntos experimentais

Descrevemos a seguir os detalhes teóricos e experimentais dos três conjuntos de experimentos utilizados na atividade "Acidente na Lua". Vídeos desses experimentos estão disponibilizados na internet ([SCOMPARIN](#); [CARVALHO-NETO](#), a).

B.1 Conjunto de pêndulos

O objetivo do conjunto de pêndulos é simular o caminhar do Dr. Torres carregando a rocha lunar até o parapeito da torre de observação e o efeito que a rocha produziria sobre o seu corpo caso ele subestimasse a massa da rocha durante o seu lançamento.

Para isso, confeccionamos dois pêndulos que foram dispostos lado a lado sobre uma prancha. Os cabos e o suporte do pêndulo representam o corpo do Dr. Torres e o chumbo representa a rocha sendo carregada. Os pêndulos foram projetados de forma a evidenciar o efeito que a inércia dos chumbos produziria na estabilidade do pêndulo quando este fosse submetido a uma parada abrupta. De tal forma que, para uma faixa de desacelerações, o pêndulo com chumbo mais massivo o fará tombar, enquanto o de chumbo mais leve se manterá de pé. Esses efeitos são consequências das leis de Newton, em que buscamos evidenciar a 1ª lei. O tratamento matemático a seguir não possui o objetivo de ser trabalhado com os alunos. Serve apenas para nós pesquisadores como base para a construção bem sucedida do conjunto experimental.

Considere as duas situações da figura 1. Ambas são descritas no sistema de referência solidário ao suporte. A é o ponto de suspensão do pêndulo no suporte e B é a posição do centro de massa do suporte.

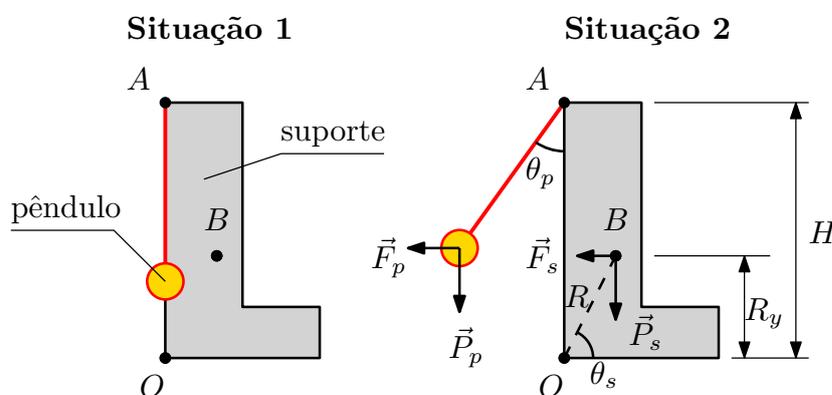


Figura 1 – Forças envolvidas nas situações 1 (pêndulo em equilíbrio em MRU) e 2 (pêndulo desacelerando em MRUV).

- **Situação 1:** o suporte encontra-se em velocidade constante para a esquerda em relação à mesa e o pêndulo encontra-se na posição de equilíbrio.
- **Situação 2:** partindo da situação 1, o suporte sofre uma desaceleração constante, de magnitude a , horizontal até o repouso em relação à mesa. Nessa situação, o pêndulo alcança uma nova posição de equilíbrio em um ângulo θ_p .

Queremos encontrar a condição em que o suporte entre na iminência de girar em torno do ponto O devido à desaceleração. Portanto queremos que:

$$|\vec{\tau}_p| < |\vec{\tau}_s|, \quad (\text{B.1})$$

em que $\vec{\tau}_p$ e $\vec{\tau}_s$ são os torques devido às forças que atuam na massa do pêndulo e no centro de massa do suporte, respectivamente. Desprezamos a massa do fio.

Como na situação 2 o referencial está desacelerado, surgem as forças fictícias de magnitude $F_p = m_p a$ e $F_s = m_s a$, em que m_p e m_s são as massas do peso e do suporte, respectivamente. Aplicando essas forças na situação 2 ilustrada na figura 1 e na equação (B.1) temos:

$$\tau_p = H(F_p \sin \theta_p + P_p \cos \theta_p) \sin \theta_p < \tau_s = R(P_s \cos \theta_s - F_s \sin \theta_s). \quad (\text{B.2})$$

Na condição de equilíbrio, temos que o torque sobre o pêndulo em relação ao ponto A é nulo. Portanto:

$$\begin{aligned} P_p \cos(\pi/2 - \theta_p) &= F_p \cos \theta_p \\ m_p g \sin \theta_p &= m_p a \cos \theta_p \\ \tan \theta_p &= \frac{a}{g}. \end{aligned} \quad (\text{B.3})$$

Aplicando a equação (B.3) na equação (B.2), obtemos após algumas manipulações algébricas o valor da aceleração:

$$a < \frac{g R_x m_s}{H m_p + R_y m_s}, \quad (\text{B.4})$$

em que $R_x = R \cos \theta_s$ e $R_y = R \sin \theta_s$.

Notamos que para uma configuração que satisfaz a desigualdade (B.4), se aumentarmos m_p a aceleração será demasiada e o torque do pêndulo será maior que o torque do suporte, causando a rotação em relação à O (tombamento).

Da equação (B.4), a configuração que maximiza a sensibilidade a m_p é:

$$H m_p \gg R_y m_s \rightarrow \boxed{\frac{m_p}{m_s} \gg \frac{R_y}{H}}. \quad (\text{B.5})$$

Portanto, construímos o conjunto de pêndulos em observância à relação (B.5).

B.2 Movimento de queda dos corpos

Para este conjunto experimental, foram pensadas duas atividades:

- Lançamento de carrinhos contendo diferentes massas em um plano inclinado.
- Lançamento de esferas na vertical.

O objetivo dessas atividades é evidenciar a independência da aceleração dos corpos em função de suas massas na condição de queda livre quando podemos desprezar os efeitos da resistência do ar. Nas situações em que a resistência do ar torna-se importante, queremos explorar como as massas podem interferir no movimento de queda.

Após a realização desses experimentos, pretendíamos que os alunos fizessem suas previsões sobre a velocidade de queda do Dr. Torres caso ele tivesse mantido a rocha consigo ou a tivesse largado logo no começo da queda.

Pela simplicidade dos experimentos, não necessitamos de nenhum tratamento matemático para o planejamento da atividade. O ponto crucial foi do ponto de vista técnico, em que tentamos montar carrinhos semelhantes o suficiente a ponto de descerem o plano inclinado com a mesma aceleração. Para isso, era determinante que o atrito dos eixos fosse muito semelhante entre os dois carrinhos. Essa condição foi bastante difícil de satisfazer e pode ter contribuído para dificultar a compreensão dos estudantes referente ao movimento de queda dos corpos. Por esse motivo, pensamos que em outras oportunidades essa parte da atividade possa ser retirada do roteiro. O lançamento das esferas na vertical mostrou-se muito mais simples e eficiente.

B.3 Força aplicada entre corpos

Durante a queda do Dr. Torres, cogitou-se que ele tivesse lançado a rocha horizontalmente durante a queda com o objetivo de receber uma força contrária na direção dos terraços da torre e, assim, conseguir interromper sua queda.

O principal conceito envolvido nessa situação é descrito pela 3ª lei de Newton. De forma a explorar o didaticamente e interativamente os efeitos da lei de ação e reação, desenvolvemos um instrumento novo que denominamos de dinamômetro magnético, ou mais simplesmente de *magnômetro*. A figura 2 contém as forças envolvidas na interação entre dois magnômetros, as quais resultam na mesma deflexão da haste que indica a força trocada pelos pares de ação e reação.

O detalhamento das condições de funcionamento e os exemplos de aplicação desse equipamento podem ser apreciados em (SCOMPARI; CARVALHO-NETO, 2018b). Também disponibilizamos vídeos que mostram o seu funcionamento (SCOMPARI;

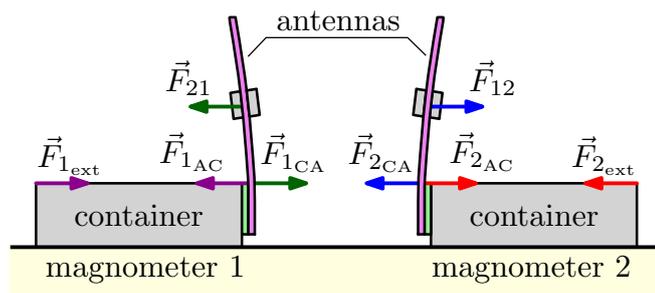


Figura 2 – Forças envolvidas entre os dinamômetros magnéticos utilizados na atividade experimental "Força aplicada entre corpos".

CARVALHO-NETO, e; SCOMPARI; CARVALHO-NETO, b). Observamos que esse foi um conjunto experimental que permitiu grande interatividade entre os alunos e o experimento.