



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

CARINA CRISTINA OLIVEIRA DE LIMA

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO UTILIZANDO BRINQUEDOS EM BUSCA DE
UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ENERGIA MECÂNICA**

Caruaru
Agosto de 2024

CARINA CRISTINA OLIVEIRA DE LIMA

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO UTILIZANDO BRINQUEDOS EM BUSCA DE
UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ENERGIA MECÂNICA**

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

Orientador:
Augusto César Lima Moreira

Caruaru
Agosto de 2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Lima, Carina Cristina Oliveira de.

Ensino por investigação utilizando brinquedos em busca de uma aprendizagem significativa: energia mecânica / Carina Cristina Oliveira de Lima. - Caruaru, 2024.

123f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Centro Acadêmico do Agreste, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2024.

Orientação: Augusto César Lima Moreira.

1. Ensino por investigação; 2. Brinquedos; 3. Energia mecânica. I. Moreira, Augusto César Lima. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

CARINA CRISTINA OLIVEIRA DE LIMA

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO UTILIZANDO BRINQUEDOS EM BUSCA DE UMA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física PROFIS-Polo 46 do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Mestre Profissional em Ensino de Física.

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

Aprovado em: 16/08/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. AUGUSTO CÉSAR LIMA MOREIRA
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. Dr. JOÃO EDUARDO FERNANDES RAMOS
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador Interno)

Prof. Dr. JOÃO FRANCISCO LIBERATO DE FREITAS
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador Interno)

Prof. Dr. HENRIQUE PATRIOTA ALVES
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE (Examinador Externo)

Dedico esta dissertação a todos que de
alguma forma auxiliaram nesta jornada.
À minhas filhas queridas Agatha e Sophia.
Minhas irmãs Ana e Andrea pela ajuda nesta construção.
Meu pai José Fernandes por seu apoio.
Meu esposo Renato pelo incentivo e paciência.
Em memória da minha amada mãe Lindalva.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo graça da vida!

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

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

A todos os professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física que participaram do meu enriquecimento intelectual e profissional, partilhando comigo seu conhecimento.

Ao meu orientador Augusto César de Lima Moreira orientações, paciência e dedicação para produção deste trabalho.

As caríssimas colegas do MNPEF/CAA, em especial a Adriana, Anita, Rosângela e Tereza pelos trabalhos que realizamos, pelas longas conversas e apoio no CAA.

Ao SESI - Paulista (Serviço Social da Indústria) onde realizei a implementação do meu produto educacional.

As colegas de trabalho que tanto incentivaram nesta trajetória, com palavras, apoio e compreensão.

Aos alunos dos segundo ano do ensino médio de 2024 que se dispuseram em participar da aplicação do produto educacional.

A todos os colegas e familiares que direta ou indiretamente me incentivaram.

RESUMO

Este trabalho busca auxiliar professores e alunos do ensino médio a melhorar o interesse e desempenho na disciplina de física. Onde muitas vezes as aulas são apenas explanadas com a teoria de forma expositiva, aplicando equações em questões objetivas com alternativas fechadas. Buscando a construção de uma aprendizagem significativa, e formas de mostrar aos alunos aplicações práticas de teorias e cálculos estudados nos livros, foi construída uma sequência didática com cinco atividades experimentais, explorando os conteúdos de Lei de Hooke, Energia mecânica (cinética, potencial elástica e potencial gravitacional), sua dissipação, conservação e transformação. Para o desenvolvimento das atividades utilizamos brinquedos e materiais de baixo custo. O professor acompanha a montagem do aparato experimental e a coleta de dados, buscando confiabilidade ao processo, o desenvolvimento dos cálculos, construção de tabelas, gráficos e comentários sobre as atividades realizadas é feito pelos alunos. Esta proposta busca assim a construção de uma aprendizagem que traga significado para os alunos, onde os mesmos puderam observar a utilização de fenômenos físicos em elementos simples de sua rotina, mostrando que eles são agentes ativos de sua própria história. Utilizando como fundamentação os Campos Conceituais de Vergnaud, propondo um ensino por investigação no modelo de laboratório aberto. A aplicação do produto educacional elaborado foi realizado com grupos de dois alunos, baseado na teoria sociointeracionista de Levy Vygotsky onde a interação social e a mediação do professor exercem papel fundamental na construção do conhecimento.

Palavras-chave: Ensino por investigação; Brinquedos; Energia mecânica.

ABSTRACT

This work seeks to help high school teachers and students improve interest and performance in the subject of physics. Where classes are often just explained with theory in an expository way, applying equations to objective questions with closed alternatives. Seeking to build meaningful learning, and ways to show students practical applications of theories and calculations studied in books, a didactic sequence was constructed with five experimental activities, exploring the contents of Hooke's Law, Mechanical Energy (kinetic, elastic potential and gravitational potential), its dissipation, conservation and transformation. To develop the activities, we use low-cost toys and materials. The teacher monitors the assembly of the experimental apparatus and data collection, seeking reliability in the process, the development of calculations, construction of tables, graphs and comments on the activities carried out is done by the students. This proposal thus seeks to build learning that brings meaning to students, where they can observe the use of physical phenomena in simple elements of their routine, showing that they are active agents of their own history. Using Vergnaud's Conceptual Fields as a basis, proposing research-based teaching in the open laboratory model. The application of the educational product developed was carried out with groups of two students, based on Levy Vygotsky's socio-interactionist theory where social interaction and teacher mediation play a fundamental role in the construction of knowledge.

Keywords: Research-based teaching; Toys; Mechanical energy.

Sumário

Capítulo 1	Introdução	9
Capítulo 2	Fundamentação teórica	13
2.1	Campos Conceituais de Vergnaud	13
2.2	Ensino por investigação	19
2.2.1	Demonstrações investigativas	24
2.2.2	Questões abertas	25
2.2.3	Problemas abertos	25
2.2.4	Laboratórios abertos	26
2.3	Teoria Sociointeracionista - Vygotsky	32
2.4	Física e Brinquedos	35
2.5	Atividades lúdicas e brinquedos buscando despertar o interesse pela ciência	40
2.6	Conservação de energia	44
Capítulo 3	Metodologia	48
3.1	Experimentos utilizados	49
3.1.1	Carrinho <i>hot wheels</i> em pista formato U	50
3.1.2	Bolinha “pula-pula”	52
3.1.3	Mola comprimida X Altura do carrinho (Subindo a rampa)	55
3.1.4	Pistola com dardo de ventosa	57
3.1.5	Carrinho de fricção subindo a rampa	62
Capítulo 4	Aplicações e comentários	65
4.1	Aplicação	67
4.2	Comentários	79
Capítulo 5	Conclusão e Perspectivas	81
	Referências Bibliográficas	83
	Apêndice A Produto educacional	

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O desempenho e o interesse pela disciplina de física tem sido um desafio diário para estudantes e professores. Na maioria das aulas, a abordagem dos conteúdos é expositiva, restrita à aplicação de fórmulas prontas em questões pré-determinadas através das quais o professor mostra o caminho que o estudante deve seguir, limitando-se a resolver os cálculos, sem nenhum questionamento sobre os problemas ou resultados. As atividades práticas são escassas e na sua maioria, quando ocorrem, são propostas como receitas culinárias em que o aluno segue um guia de orientações descritas ou demonstradas pelo professor com o objetivo de alcançar determinado resultado.

Estuda-se física na maioria das escolas “resolvendo” problemas, decorando equações e as aplicando no momento da prova, porém isso não significa que se compreenda onde o professor pretende chegar com estas aplicações de fórmulas que foram desenvolvidas por alguns estudiosos. Assim, segundo Laburú, 2006, “estudar, frequentar as aulas, fazer as lições constituem tarefas árduas, pior ainda, maçantes e muitos só o fazem porque são obrigados, devido à pressão da família, sociedade ou para obter um certificado, na tentativa de garantir um futuro profissional.” Logo, para Lima, 2018, uma forma de contornar a situação descrita anteriormente consiste em estimular a curiosidade das crianças e assim facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

A construção do conhecimento deveria ser feita de forma a levar o aluno a pensar sobre o porquê de determinado conteúdo ser necessário e como esse poderá ser utilizado no mundo que o cerca. Esta nova exigência vem sendo destacada nos documentos oficiais que regem nosso sistema educacional. Para Carvalho, 2010, “ao ‘vivenciar’ o conhecimento estudado, cria-se a oportunidade de levar os alunos a questionar, argumentar, dando-lhes a oportunidade de criar ao invés das respostas fechadas.” Assim, com a finalidade de diminuir a distância entre o que o professor ensina e o que o aluno realmente aprende, Carvalho, 2010, propõe que o professor deve proporcionar maior liberdade intelectual aos alunos, ou seja, que o aluno possa observar o

mundo que o contexto social que o cerca e pensar onde determinado conceito físico pode ser aplicado de forma prática, quais variáveis são relevantes para determinado experimento, sendo o próprio discente autor e protagonista da situação vivenciada.

A utilização das atividades práticas em sala de aula, embora seja proposta em vários estudos segundo Medeiros, 2005; Laburú, 2006; Carvalho, 2010, e incentivada pelas leis que regem a educação básica nacional (Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN), ainda tem sido um desafio para várias escolas e professores. Muitos associam as atividades ao uso exclusivo de laboratórios com equipamentos caros e de difícil manuseio, além de dificuldades enfrentadas pelo despreparo de alguns professores quando não dominam os equipamentos. Porém, muitas atividades práticas têm sido realizadas com a utilização de materiais de baixo custo e com brinquedos, abordando conceitos físicos fundamentais para um bom desempenho e desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. Isso é trabalhado nos livros: O Circo voador da Física, Jearl Walker, 1945; Física mais que divertida, Eduardo Valadares, 2000; Manual do mundo, Iberê Thenório, 2014. Esta proposta vem crescendo, pois a facilidade de acesso a materiais de baixo custo e a brinquedos, além de utilização simples, permitem aos alunos repetir ou criar atividades em casa, sem a supervisão do professor, já que o material utilizado em sua maioria não apresenta riscos e pode ser adquirido facilmente, não havendo necessidade de uso exclusivo na escola.

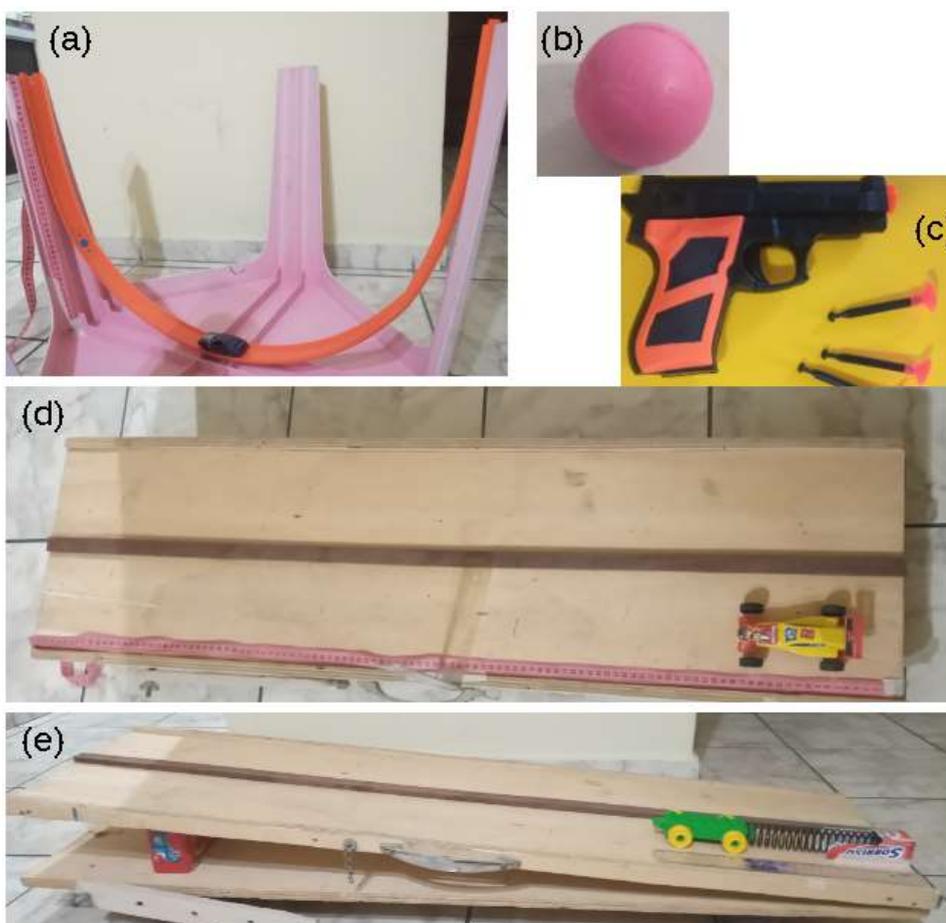
Entende-se por viabilidade a possibilidade de implementação de uma proposta investigativa, em condições normais de uma sala de aula: duas aulas geminadas de 50 min. (100 min), contendo em média 40 alunos por turma. Como será visto no capítulo 3, a proposta aqui apresentada sugere que os conceitos sejam abordados anteriormente à realização do experimento. Sugere-se grupos de três ou quatro alunos, para que todos participem.

A fim de explorar a conservação de energia mecânica (potencial elástica convertida em cinética e potencial gravitacional), recomendam-se atividades experimentais com utilização de brinquedos simples. Os experimentos propostos podem ser desenvolvidos facilmente na sala de aula e até mesmo em casa pelos alunos, visto que tais brinquedos são de baixo custo. Adotar-se-á como referencial teórico o ensino por investigação baseado em Carvalho,

2010; Azevedo, 2004; e Moreira, 1983. Em particular laboratórios abertos em seus diversos graus de liberdade, discutida por Carvalho 2010..

Na Figura 1 (itens a, b, c, d, e) se referem aos brinquedos utilizados nas atividades experimentais, propostas visando uma aprendizagem significativa e assim auxiliar os alunos a melhorar seu interesse e desempenho na disciplina de física. Cada item traz um brinquedo utilizado em um dos experimentos realizados pelos alunos. Todos os itens escolhidos são materiais simples de fácil acesso e baixo custo.

Figura 1 (brinquedos utilizados nas atividades experimentais): Em (a) carrinho *hot wheels* com pista utilizado no experimento 1. Em (b) bolinha pula pula utilizado no experimento 2. Em (c) pistola com dardos de ventosa, utilizado no experimento 4. Em (d) carrinho de fricção subindo a rampa de madeira, utilizado no experimento 5. Em (e) mola com carrinho subido a rampa de madeira, utilizado no experimento 3.



Fonte: A autora, 2023.

A utilização de uma atividade lúdica é inovadora, chama a atenção dos alunos. Este pode ser um caminho alternativo para a melhoria do desempenho escolar na disciplina. A proposta é acessível, já que os brinquedos utilizados são de baixo custo, podendo ser encontrados em lojas de brinquedos infantis.

Através do Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), é dado à criança o direito de brincar, porém com o passar dos anos e com a introdução dos recursos tecnológicos, as brincadeiras tão saudáveis e fundamentais ao desenvolvimento humano vêm sendo ignoradas. Atividades lúdicas com brinquedos são de fundamental importância na pré-escola, entretanto, tornam-se desprestigiadas à medida que a criança vai crescendo. Conseqüentemente observa-se um distanciamento entre os conteúdos abordados em sala de aula, e o mundo real do aluno, proporcional, ao seu avanço na vida escolar. Para Oliveira, 1995, “o comportamento do jovem se torna mais avançado com o auxílio de brinquedos, onde o aprendizado se torna mais fácil e divertido”.

Segundo o dicionário Michaelis, o significado da palavra Brincar é “divertir-se com jogos infantis; entreter-se com objetos ou atividades lúdicas; simular situações da vida real; distrair-se, folgar, recrear-se”. Por conseguinte, nada melhor para dar mais leveza a uma atividade complexa e muitas vezes sem sentido para os alunos como propor uma boa brincadeira.

A dissertação traz, atividades práticas para demonstrar sistemas conservativos e dissipativos de energia mecânica através de atividades investigativas no modelo do Laboratório Aberto.

A presente dissertação está composta com a seguinte estrutura:
No capítulo 2 tem-se a fundamentação teórica abordando os Campos conceituais de Vergnaud, Vygotsky com sua teoria sociointeracionista a Teoria do ensino por investigação e a relação entre a Física e Brinquedos.
No capítulo 3 tem-se a descrição dos experimentos realizados no trabalho.
No capítulo 4 encontram-se os resultados dos experimentos realizados com os alunos do segundo ano do ensino médio, com grupos de dois alunos.
No capítulo 5 tem-se as considerações finais do trabalho, e quais as perspectivas para que outras atividades experimentais possam ser desenvolvidas. Quais as conquistas alcançadas no desenvolvimento geral dos alunos na disciplina.
Apêndice “A” temos a descrição do nosso produto educacional.

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

As práticas pedagógicas para um desenvolvimento satisfatório do ensino onde o conhecimento desenvolvido pode ser observado na rotina diária do aluno e os conteúdos vistos em sala de aula podem ser observados com contextualizações práticas. Sendo estas práticas, atividades simples contidas na vivência de nossos alunos.

Para Vergnaud, 1998, o ponto principal do processo de aprendizagem passa pela conceitualização do real, sendo o ensino o princípio básico para o desenvolvimento cognitivo. Ele desenvolveu a teoria dos campos conceituais, a qual parte do princípio da contextualização, onde o conhecimento está organizado em campos conceituais e são um conjunto estruturado de ideias, pensamentos e conteúdos que se relacionam de forma estruturada durante todo processo de compreensão e aprendizagem.

Segundo Moreira, 2002, “a teoria dos campos conceituais é uma teoria cognitivista neopiagetiana que agrega uma aprendizagem por competências complexas, pois envolve principalmente estudos nas áreas de matemática, ciências e tecnologia”. Embora a teoria dos campos conceituais possa ser utilizada em outras áreas do conhecimento, ele é baseado em esquemas e concepções específicas.

Os campos conceituais sugeridos por Vergnaud dizem respeito à forma como se organiza o conhecimento. A aprendizagem vai acontecendo gradativamente por um longo período de tempo, através de experiências vividas pelo indivíduo, que segue dando complemento aos conhecimentos prévios com novas experiências vividas a cada nova etapa desse processo.

“É através de situações e problemas para resolver que um conceito adquire sentido para o aprendiz, Moreira 2002”.

“Um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. “

Vergnaud, 1982 pg. 40

Baseado nas teorias de Vygotsky e Piaget, nas quais há a necessidade de interação, adequação e socialização, a teoria dos campos conceituais ganha espaço nas atividades sugeridas como atividades investigativas, laboratório aberto nos quais os próprios alunos buscam de forma prática (experimental) soluções para problemas, sugeridos pelos professores. Um dos principais desafios enfrentados pelo professor é o de buscar problemas, oportunizando os alunos a encontrarem soluções experimentais sem a intervenção direta do professor. A maturidade do indivíduo vai sendo demonstrada ao passo que ele busca novas soluções sem o intermédio de pessoas mais “experientes”.

Os campos conceituais são um conjunto de situações e problemas para o qual a resolução requer o envolvimento sobre conceitos e problemas. Segundo Vergnaud, 1983 o campo conceitual é composto por quatro elementos fundamentais (Situação, Conceito, Esquema, Invariantes operatórios), os quais seguem detalhados abaixo:

1. Situação: Uma situação não pode ser observada seguindo a linha de um único conceito. As respostas propostas pelos sujeitos a uma determinada situação envolvem não apenas a situação em questão, mas várias outras já observadas pelo indivíduo (levando em consideração seus conhecimentos prévios).

2. Conceitos: Um conceito não pode ser definido ou formado, baseando apenas em uma única situação, podem ser analisadas diferentes situações para se formar ou estudar um único conceito.

3. Esquema: Organização do comportamento para uma determinada situação, segundo Moreira, 2002, “um esquema gera ações que contêm regras básicas, porém não deve ser seguido como um estereótipo, já

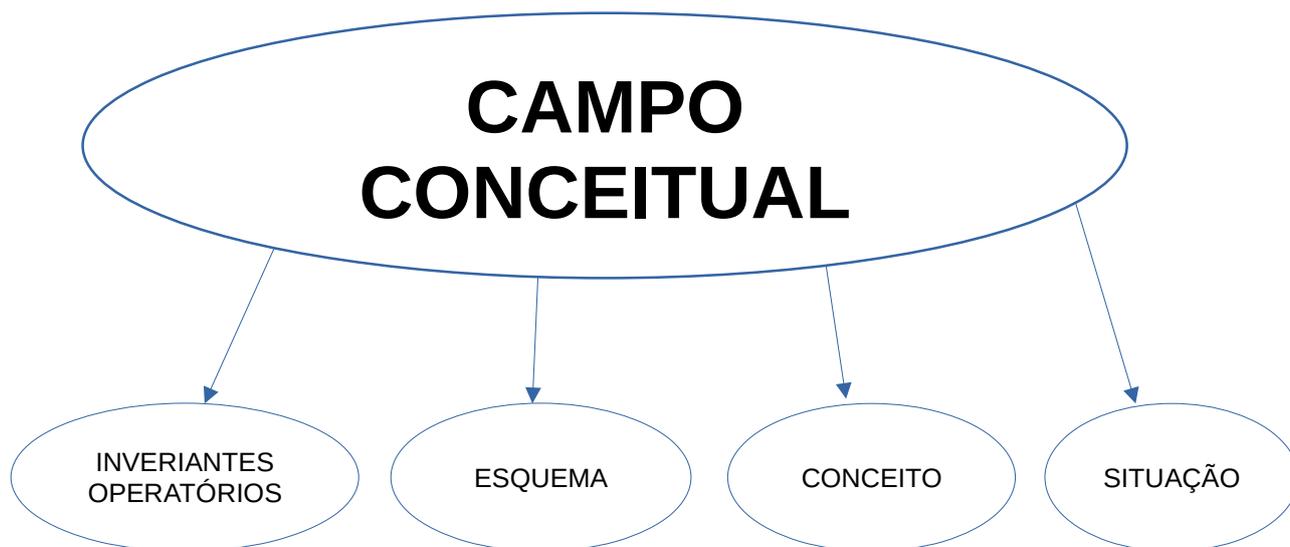
que cada situação é única e deve ser analisada de forma individual. O esquema é apenas um guia ao qual deve se seguir com um objetivo de melhor organizar pensamentos e atividades”.

4. Invariantes operatórios: Esta é a base conceitual para resolução da situação-problema em questão, nela haverá informações conceituais bem fundamentadas, os alunos devem inserir em seus esquemas todas as variáveis utilizadas em seus estudos. Item fundamental para a construção do conhecimento utilizando os campos conceituais.

Utilizamos como base para nossa fundamentação teórica o esquema do campo conceitual desenvolvido por Vergnaud para estudos não apenas de ciências e matemática, mas sim para áreas diversas em que o professor pode sugerir variadas tarefas com seus alunos, sugerindo situações problemas simples do conhecimento e da rotina simples dos alunos para explorar e dar significado a determinados conteúdos já trabalhados em sala de aula.

O esquema demonstrado na Figura 2 representa como deve ser composto um campo conceitual proposto por Vergnaud e quais seus principais elementos.

Figura 2: Esquema da composição de um campo conceitual.



Fonte: A autora, 2023.

O grande desafio ao propor a utilização dos campos conceituais refere-se ao tempo de maturação, pois um conceito físico não irá se definir tão rapidamente para o indivíduo, já que os campos conceituais são um processo construtivo, no qual não há um início e fim, ele vem sendo construído ao longo das experiências vivenciadas pelo aluno. Contudo, pode-se observar que os muitos conteúdos possuem uma ligação em sua lógica de construção, sendo este um ponto positivo, já que o processo de conhecimento é definido como uma construção contínua e infinita.

Abaixo no Quadro 1 descrevemos um comparativo onde identificamos pontos do nosso trabalho com cada um dos elementos contidos na Figura 2.

Quadro 1

Associação dos elementos do Campo Conceitual e o trabalho desenvolvido	
Elementos	Ponto no trabalho
Situação ou problema:	“Como determinar a constante elástica “k” de uma mola. Como determinar quando um sistemas de energia mecânica é dissipativo ou conservativo. Utilizando para isso materiais simples e de baixo custo”
Conceito em questão:	Lei de Hooke, Energia mecânica (Cinética, Potencial Elástica e Potencial Gravitacional) Sistemas conservativos e dissipativos.
Esquemas:	A organização de todo trabalho para determinar a constante da mola, qual aparato experimental devemos utilizar, como colher os dados e realizar cálculos e esquemas para confirmar a teoria estudada.
Invariantes operatórios:	Será a utilização, propriamente dita, dos conceitos e quais fatores interferem ou são fundamentais para resolução do nosso problema.

Em suma, a teoria dos campos conceituais de Vergnaud pode ser descrita como a utilização do mundo real para a construção do conhecimento e, dessa forma, a contextualização constitui um dos pilares mais importantes dessa teoria. O conhecimento do indivíduo é organizado em campos conceituais, os quais são construídos por um longo período de tempo através de vivências, experiências, maturidade e realidade.

A construção do conhecimento em desenvolvimento nos alunos não segue o processo descrito nos livros, ou seja, cada conceito deve ser introduzido individualmente e apenas após sua total compreensão se parte para um novo conceito/teoria porque esta construção ocorre de forma gradativa, ou seja, os conceitos vão se complementando e um dando mais sentido, significado e compreensão ao outro.

O ensino das ciências de forma geral segue uma linha tradicional na qual é perceptível a teoria, a prática (atividades realizadas em laboratórios, muitas vezes distantes do contexto social de muitos alunos) e a resolução de exercícios (problemas fechados, direcionados a uma única resposta correta) estes também situações em sua maioria sem sentido significativo para os alunos, ou seja que não ocorrem em sua rotina. Percebe-se, então, que muitas vezes a física contida nos livros não condiz com a realidade dos educandos. Sabendo que a construção do conhecimento necessita de mais que apenas resolução de exercícios com lápis e papel ou realização de experimentos preestabelecidos pelo professor.

Baseado nos campos conceituais, em que há uma exigência da utilização de contextualização e vivência com o mundo real, será utilizado aqui a mesma concepção e exploram-se as teorias do ensino por investigação, propondo assim como Vergnaud a aplicação de situações relacionadas com a realidade do indivíduo. Dentre os tipos de ensino por investigação será proposto o Laboratório aberto segundo, Carvalho 2010 e Azevedo 2004, o qual será detalhado no tópico 2.2 logo a frente em nosso texto. Enfatiza o uso de um experimento para validar determinada situação, ou seja, solucionar o problema através de uma atividade experimental. Neste ponto pode-se sugerir que as ideias de Vergnaud 1998 e Azevedo 2004 se complementam.

Numa linha mais construtivista será feito uso da teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, junto com Atividades investigativas de Azevedo

2004, para desenvolver esta proposta de atividade em sala de aula, com grupos de três alunos para os quais se propôs o problema, entretanto os alunos fazem a montagem do arranjo experimental, a coleta de dados, suas análises e conclusões.

Na seção a seguir falaremos detalhadamente sobre o Ensino por investigação e as várias abordagens investigativas que podem ser desenvolvidas seguindo esta a proposta de um ensino que desperte a curiosidade e incentive o processo investigativo por parte dos alunos.

2.2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O ensino por investigação tem sido proposto e defendido por vários autores como Carvalho, 2010; Azevedo, 2004; e Moreira, 1983, contudo essa proposta difere muito da resolução de problemas tradicionais em nossas salas de aula. Para a resolução de exercícios (problema) há todo um esquema para sua resolução, problema esse que não leva o aluno a pensar. Nesta situação o aluno apenas executa tarefas operacionais, a aplicação de fórmulas determinando uma resposta fechada pré estabelecida pelo professor.

[...] propostas de atividades com natureza de investigação percebe-se que é possível alcançar uma vasta gama de diferentes objetivos educacionais, uma vez que estas atividades apresentam uma maior flexibilidade metodológica, quando contrastada com as atividades de demonstração e de verificação, embora seja possível, também para estas duas modalidades, o emprego de ações que enriqueçam a sua aplicação prática.

ARAÚJO; ABIB, 2003, p.186

Em um processo de ensino com objetivo no desenvolvimento do aluno, para que esse seja capaz de desenvolver um pensamento crítico, se faz necessário implementar o ensino por investigação, pelo qual se pode propor uma situação-problema, mas é preciso diferenciar uma problematização de um problema, aquele tão comum em nossas salas de aula, pelos quais se aplicam fórmulas para sua resolução. A problematização consiste em propor apenas a situação-problema e nela os alunos devem criar suas próprias linhas investigativas. Pode-se dizer que se trata de uma investigação propriamente dita, pois não é dado caminho para resolução do problema, mas apenas o objetivo a ser alcançado.

As atividades investigativas têm sido confundidas com atividades experimentais. As atividades investigativas não precisam ser obrigatoriamente práticas experimentais, pois é possível se deparar com questionamentos investigativos teóricos, porém sem respostas fechadas sem “receitas de bolo” seguidas pelos alunos.

Segundo Baptista, 2010, “esta prática requer mudanças nas atitudes do professor, alterações na rotina e no padrão das aulas”. Essas alterações causam desconforto nos profissionais o que muitas vezes se torna uma barreira, já que não se sabe qual será reação dos alunos, pais e coordenação escolar ao propor atividades com esta nova abordagem. O professor ao propor uma atividade investigativa deve, ele mesmo, ser questionador sobre todo o mundo que o cerca e sua própria prática didática. De acordo com Carvalho, 2010, o professor passa de um simples expositor a orientador de atividades experimentais, argumentando e estimulando por parte dos alunos a argumentação de seus pontos de vista, porém com embasamento teórico e experimental. Logo, a ideia defendida pelo aluno não pode ser baseada apenas em suas opiniões pessoais, ou senso comum, mas que tenha argumentação firmada em algum conceito físico e qual experimentação demonstra a teoria defendida por ele. Porém, muitas vezes o professor precisa estudar e compreender as ideias dos alunos para que este possa argumentar e orientá-los.

O Quadro 2 é uma proposta para as mudanças de ênfase feita pelas Orientações Curriculares para o Ensino das Ciências Naturais e Físicas, segundo Freire (2004).

Quadro 2: orientações curriculares para o ensino de ciências naturais e física.

Menor Ênfase	Maior Ênfase
<i>Professor como transmissor de conhecimentos científicos através da exposição oral e da demonstração experimental</i>	<i>Professor como guia e facilitador da aprendizagem ao apoiar atividades de investigação</i>
<i>Interpretação rígida do programa e seguimento do livro de texto</i>	<i>Flexibilidade curricular e adaptação do currículo ao contexto de ensino</i>
<i>Ensino orientado para um hipotético aluno médio que tipifica um grupo de alunos</i>	<i>Ensino orientado para os alunos atendendo aos seus gostos, interesses, necessidades e experiências</i>
<i>Valorização exclusiva de factos, leis, teorias e princípios científicos</i>	<i>Compreensão da Ciência atendendo às suas diversas dimensões (substantiva, sintáctica, social, epistemológica, histórica e ética)</i>
<i>Utilização de questões fechadas que requerem</i>	<i>Utilização de questões abertas que promovem</i>

<i>respostas únicas, reproduzindo conhecimento factual memorizado</i>	<i>o pensamento crítico, relacionando evidências e explicações, com utilização de estratégias cognitivas diversas</i>
<i>Aprendizagem individualizada</i>	<i>Aprendizagem colaborativa</i>
<i>Avaliação daquilo que é facilmente medido</i>	<i>Avaliação de competências de conhecimento, raciocínio, comunicação e atitudes</i>
<i>Aprendizagem passiva que requer o ouvir do professor e a escrita de apontamentos</i>	<i>Aprendizagem ativa que envolve os alunos em processos investigativos</i>
<i>Ensino centrado no professor, com predomínio na transmissão de conhecimentos</i>	<i>Ensino centrado nos alunos, com utilização de processos investigativos</i>
<i>Ensino baseado na resolução de exercícios com base na aplicação das expressões matemáticas</i>	<i>Ensino baseado na resolução de problemas e no desenvolvimento de projetos</i>
<i>Utilização de testes como fonte única de recolha de dados</i>	<i>Utilização de fontes múltiplas de recolha de dados</i>
<i>Professor como técnico</i>	<i>Professor como investigador</i>

Fonte: Baptista M., 2010, pg. 86.

É necessário que haja uma mudança naquilo que deve ser enfatizado, a ciência desenvolvida por cientistas em laboratórios se dá por atividades investigativas, filósofos desde a antiguidade observavam a natureza. O relato da descoberta da densidade por Arquimedes descreve uma atividade investigativa em que quando o rei Herão solicita que confirme se sua coroa realmente foi fabricada com todo ouro que ele destinou ao artesão, ou seja, se a coroa é de ouro maciço.

As atividades investigativas propostas aos alunos devem ser bem fundamentadas para que façam sentido para o aluno e para o professor. O aluno deve saber claramente qual o objetivo de sua investigação. Algumas características são fundamentais em uma atividade investigativa, pois esta deve ir além da observação e coleta de dados, pois segundo Carvalho, 2010, é importante que a atividade abranja observações, análises, discussões, características de um trabalho científico. Estas atividades são libertadoras para

o aluno por meio das quais ele mesmo escolhe o caminho que deve ser seguido. Até porque a sociedade contemporânea preza por indivíduos mais autônomos, que buscam seus próprios caminhos. Gil e Castro,1996, citam alguns pontos importantes numa atividade investigativa:

1. Apresentar situação-problema aberta: Como podemos determinar a constante elástica de uma mola. Como podemos determinar se um sistema dissipa ou conserva energia mecânica.
2. Reflexão sobre situações propostas: Qual montagem experimental podemos utilizar, quais variáveis são relevantes ou irrelevantes.
3. Análise qualitativa: Ao montarmos o experimento fazemos várias repetições para observarmos que um determinado fenômeno realmente é observado em determinada situação.
4. Elaboração de hipóteses: Após realizar uma análise fazemos um levantamento de hipóteses observando o que interfere no resultado final.
5. Analisar as hipóteses em questão: Das hipóteses observadas discutiremos quais são importantes para nosso resultado.
6. Conceder importância à memória científica: Saber utilizar os conceitos científicos corretamente, qual fórmula utilizar e como fazer cálculos, construção e análise de tabelas e gráficos.
7. Trabalho coletivo: Este item é de fundamental importância no trabalho, pois um aluno pode complementar o trabalho de outro, ou mesmo desenvolver melhor um determinado aspecto no qual tem mais habilidade.

Nesse tipo de atividade o aluno é autônomo dando ao estudo seu toque pessoal, sendo seu o poder de decisão sobre todos os aspectos, o professor na verdade é apenas o ponto de apoio em que se busca ajuda quando não se consegue desenvolver algum ponto da atividade, ou alguma orientação.

Alguns pontos a serem desenvolvidos numa atividade investigativa, segundo Blosser, 1988, são:

- Habilidades – de manipular, questionar, investigar, organizar e comunicar;
- Conceitos – hipóteses, modelos teóricos;
- Habilidades cognitivas – pensamento crítico, solução de problemas, aplicação de síntese;
- Compreensão da natureza da ciência – forma de trabalhar dos cientistas, como são realizadas as descobertas científicas;
- Atitudes – curiosidade, interesse, perseverança, responsabilidade, colaboração;

Muitos associam atividades investigativas com experimentos, porém elas vão muito além podendo ser de vários tipos.

As atividades investigativas, encontram-se descritas na Figura 3 a seguir.

Figura 3 – Mapa conceitual abordagens investigativas



Fonte: Mourão, 2018, pg. 432.

2.2.1. Demonstrações investigativas

Nas demonstrações investigativas pretende-se demonstrar algo já definido, dito, proposto ou falado por outra pessoa. Geralmente utilizam-se demonstrações na Física para provar alguma teoria já desenvolvida. Porém é necessário ir além do experimento, analisar as variáveis envolvidas em todo processo é de fundamental importância.

Segundo Azevedo, 2010, demonstrações investigativas em sala de aula partem de um problema proposto pelo professor para a turma, em que alguns questionamentos são feitos aos alunos e o professor observa qual tipo de pensamento estes desenvolvem, intuitivo ou de senso comum. Desenvolvendo nos alunos poder de argumentação para defender e acreditar na demonstração observada por ele.

Respeitando a diversidade dos alunos e as diferenças entre suas rotinas diárias fora da escola, uma mesma demonstração pode ser familiar para alguns e totalmente desconhecida para outros. Aos alunos com mais familiaridade, no que diz respeito ao conhecimento prévio haverá no geral uma melhor habilidade para “resolução” do problema proposto, as observações sobre a demonstração tendem a parecer mais simples. O professor tem papel de fundamental importância na transposição do saber cotidiano, ou senso comum, para o saber científico. Ele segue como mediador na discussão argumentativa entre os alunos. Caso as argumentações científicas não sejam satisfatórias, o professor poderá propor outras demonstrações para concluir o trabalho investigativo.

Demonstrações levam os alunos a pensarem, organizarem, participarem e formularem seus argumentos e ideias, trazendo assim novas formas de desenvolver o ensino científico, dando a este significado para o aluno.

Falaremos brevemente das diversas atividades investigativas e detalharemos o Laboratório aberto, o qual será utilizado em nossa pesquisa.

2.2.2. Questões abertas

Esta atividade investigativa consiste no estudo de algum fenômeno relacionado com o dia a dia do aluno cuja explicação está relacionada com conceitos estudados e construídos em sala de aula. Para estas atividades os conceitos já foram abordados pelo professor. Nestas situações o professor deve propor que os alunos analisem de uma situação na qual possam ser aplicados seus conhecimentos prévios em sala de aula, essas atividades ajudam os alunos a desenvolverem seu poder argumentativo, organização de suas ideias, reflexões sobre problemas e situações, como deve agir e quais caminhos ele deve seguir.

Para Carvalho, 2014, as atividades de questões abertas devem ser propostas em grupos que podem ser de três ou quatro alunos, ou até mesmo em dupla. Estas atividades sugerem que ao final das observações os alunos façam suas anotações e após as avaliações feitas por cada um deles, o professor proponha uma interação entre toda a turma, para que as observações realizadas sejam socializadas para toda a turma em forma de debate. Analisando assim qual das observações chegou mais próxima da teoria exposta pelos livros didáticos.

2.2.3. Problemas abertos

Os alunos devem ser levados a solucionar um problema que não tenha solução única e objetiva, esta situação pode levá-los a formular hipóteses através de reflexões e estratégias. Os problemas abertos devem apresentar a matematização dos resultados segundo Mourão, 2018. De acordo com Carvalho, 2010, o que se chama de resolver problemas em Física é apenas resolver exercícios, ou seja, solucioná-los de forma mecânica com aplicação direta de fórmulas pré estabelecidas, havendo até mesmo uma sequência para esta resolução..

As atividades desenvolvidas pelos alunos podem despertar sua curiosidade, o interesse por algo relacionado com sua rotina e que tenha relação com ciência e tecnologia. Este tipo de atividade pode ser demorada,

pois envolve várias etapas desde discussões sobre as condições em que ocorre a situação, ou seja, as situações de aplicabilidade, até suas possíveis soluções. Os alunos devem registrar por escrito todo desenvolvimento da atividade investigativa em questão a fim de se apropriarem do conhecimento desenvolvido e construído durante a realização da atividade em questão.

As atividades devem ser desenvolvidas em grupo, devem envolver mais que questões puramente teóricas. Nestes casos foi envolvido matemática no processo de desenvolvimento da resolução em que há realmente construção do conhecimento. No desenvolvimento desta pesquisa foi sugerida ao aluno uma atividade investigativa do tipo – laboratório aberto – valendo-se de situações-problema com brinquedos de baixo custo e fácil acesso, que podem ser modelados através da matemática elementar do ensino básico.

2.2.4. Laboratório aberto

Esse tipo de atividade de ensino por investigação propõe buscar a solução para uma questão sugerida pelo professor através de uma atividade experimental, onde os próprios alunos montam, observam e analisam os dados coletados no experimento.

Nas atividades de laboratório aberto os alunos devem formular uma resposta ao problema inicial, após montagem do aparato experimental, coleta e análise dos dados encontrados, no qual o aluno busca solucionar um questionamento utilizando um experimento. Sabe-se que várias propostas têm surgido para um ensino de ciências mais atrativo e ativo para o aluno, em que os eles participem da construção do conhecimento sendo o sujeito ativo que produz ciência e não apenas aquele que faz uso dela.

Seguindo a sequência sugerida por Carvalho, 2010, todo processo de conhecimento científico deve seguir a seguinte sequência:

1. *Problema a ser pesquisado*: Para o problema em questão é necessário determinar a constante elástica de uma mola “k” e observarmos situações reais onde há apenas dissipação de energia mecânica, para isso há cinco experimentos.

O problema a ser resolvido deve despertar o interesse dos alunos e fazer parte da sua vivência diária, além de gerar certa discussão entre eles ao final da atividade.

2. *Levantamento de hipóteses*: Depois de conhecer os problemas os alunos fazem um levantamento das hipóteses para solucioná-lo, através de discussões entre eles.

Os alunos precisam avaliar quais fatores influenciarão no resultado final, se o atrito e a resistência do ar devem ser desprezados ou considerados para efeitos de cálculos. Estas são algumas das situações que devem ser levadas em consideração para construção de hipóteses.

3. *Elaboração de um plano de trabalho*: Nesta etapa os alunos discutem como cada experimento deve ser montado, quais materiais necessários e como serão coletados os dados. O professor deverá discutir com todos os grupos para avaliar a montagem sugerida por cada um deles a fim de observar qual delas será a mais viável para coleta de dados de forma mais confiável e determinar com maior precisão o objetivo. Verifica-se nesta etapa que nem todas as hipóteses podem ser levadas em consideração.

Uma das vantagens deste processo é que haverá várias ideias propostas e testadas pelos alunos, a partir disso será possível escolher qual melhor se adapta ao objetivo do trabalho.

4. *Montagem do arranjo experimental e coleta de dados*: Esta consiste na etapa puramente prática, fazendo o experimento, sua montagem e coleta de dados de forma sequencial e organizada. Esta é uma etapa de fundamental importância, pois é nela que os estudantes manipulam os materiais, muitos nunca vistos ou utilizados por eles. Assim, esta etapa sugere que eles são os cientistas.

O professor deve supervisionar este momento muito detalhadamente para verificar se as montagens experimentais estão de acordo com o plano de trabalho, pois uma alteração na montagem do experimento

acarreta alterações nos dados coletados. Os dados devem ser coletados de forma clara, objetiva e organizada com construção de tabelas caso seja necessário. É imprescindível o envolvimento de todo grupo.

Quanto mais organizada a montagem experimental e a coleta de dados mais preciso será o resultado final do experimento.

5. *Análise de dados*: Esta pode ser a etapa mais chata da atividade, do ponto de vista dos alunos, aquela em que muitos apresentam maior dificuldade, pois requer o trabalho de cálculos com construções de gráficos, equações e tabelas.

Nesta etapa cabe ao professor mostrar aos alunos sua importância, pois neste ponto é demonstrado que o experimento é funcional, ou seja, prova a teoria física. Também é necessário mostrar a utilização prática para os cálculos, que muitas vezes os alunos desprezam e acreditam serem inúteis. Entretanto, os cálculos são capazes de confirmar ou não determinada teoria física através de uma montagem experimental.

Esta é uma parte fundamental do trabalho científico, quando é utilizada a linguagem matemática para finalizar o trabalho.

6. *Conclusão*: Nesta etapa formalizou-se uma resposta ao problema proposto no início da atividade. Assim demonstrando ou não sua validade. Vale salientar que a demonstração pode também ser uma comprovação falsa da teoria aplicada ou a não funcionalidade do aparato experimental.

Esta é uma etapa de conclusões e discussões em que se sabe que nem todos chegam à resposta “correta”, porém a validade da atividade vai muito além de alcançar determinada resposta e sim da importância e vivência que foi construída durante toda a produção e desenvolvimento da atividade proposta.

O estudo desenvolvido por Pella, 1969, segundo descrição das etapas acima, foi esquematizado na tabela pela qual o professor deve propor a atividade segundo o grau de liberdade intelectual para os alunos.

Quadro 3 – Graus de liberdade professor/aluno em aulas experimentais

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

Fonte: Carvalho, 2012, pg. 39.

Grau de liberdade I – Neste modelo o aluno apenas faz a coleta de dados, atividade conhecida como “receita de bolo”. Não recomendada para um bom desenvolvimento intelectual dos alunos, porém realizadas até hoje.

Exemplo: O professor indica o problema, determina a constante elástica de uma mola em um brinquedo, dá a montagem do experimento, todo plano de trabalho e faz a conclusão aos alunos é dado apenas a tarefa de obtenção de dados. Ou seja, verificar o experimento para realização dos cálculos. Este modelo tem grande intervenção do professor e é visto como receita de bolo, onde os alunos apenas seguem um passo a passo que foi descrito.

Grau de liberdade II – Neste modelo os alunos coletam os dados e fazem suas próprias conclusões, este é um modelo que propõe maior liberdade a eles porque já foram levados a pensar, analisar, refletir e concluir sobre os dados coletados em sua atividade.

Exemplo: O professor indica o problema, determina a constante elástica da mola nos brinquedos, formula as hipóteses e todo plano de trabalho, os alunos apenas realizam a coleta dos dados e fazem a conclusão. A interferência do professor é grande e não há muita alteração dos alunos no processo, os alunos coletam os dados e fazem os cálculos e finalizam o processo com a conclusão do trabalho.

Grau de liberdade III – Nesta proposta o aluno monta seu próprio plano de trabalho, ou seja, realiza a montagem do experimento, sendo levado a manusear mais o material além de coletar os dados e analisá-los ao final da atividade investigativa. Cada proposta que leva o aluno a ser mais liberto e assim mais questionado, ele também se torna mais capaz, autônomo e seguro do que está fazendo e porque está fazendo.

Exemplo: O professor indica um problema, como determinar a constante elástica dos brinquedos, e também dá as hipóteses, ou seja, quais variáveis são fundamentais para que os alunos consigam desenvolver a atividade, deixando por conta dos alunos a montagem do aparato experimental, coleta de dados e conclusão. O desenvolvimento da atividade neste método é muito construtivo para os alunos pois eles precisam desenvolver o plano de trabalho, a coleta de dados e a conclusão do trabalho.

Grau de liberdade IV – Nesta etapa o aluno recebe apenas o problema, e todo restante do trabalho deve ser proposto e realizado por ele. O professor apenas acompanha o desenvolvimento do processo, ou seja, faz o mínimo possível de intervenção.

Exemplo: O professor apenas indica o problema de determinar a constante de uma mola para alguns brinquedos que utilizam o princípio do sistema massa mola e os alunos escolhem como fazer o experimento, coleta de dados, análise e conclusões do problema, a interferência do professor ocorre apenas na formulação dos problemas. Nesta atividade há grande desempenho dos alunos no processo de ensino aprendizagem.

Grau de liberdade V – O aluno propõe até mesmo o problema que deseja estudar, resolver e ele é quem leva ao professor sua proposta de estudo. Nesta proposta o aluno é totalmente autônomo intelectualmente, desenvolve ciência de forma real.

Exemplo: Temos alguns brinquedos que utilizam o princípio de sistema massa mola e os próprios alunos precisam determinar a constante elástica da mola, sem que haja interferência do professor em nenhum ponto. Todo processo deve ser desenvolvido por eles, desde a proposta do problema, montagem do aparato, coleta de dados, e conclusões. Esta seria uma

proposta, sem dúvida, inovadora para nosso sistema de ensino, porém de um enriquecimento fantástico para nossos alunos.

Segue-se nesta pesquisa uma proposta de atividades no formato do laboratório aberto. Infelizmente a realidade é de que por questões culturais e de metodologias nossos estudantes não estão preparados para seguir a proposta para um laboratório aberto com grau IV ou V onde ele tem total liberdade intelectual, por isso desenvolveu-se aqui a atividade seguindo um grau de liberdade II.

Dentre as abordagens investigativas utilizamos o Laboratório aberto e visando um melhor desempenho nas atividades propostas sugerimos que as atividades experimentais sejam realizadas em grupo, tendo assim uma forte interação social entre os alunos utilizamos como embasamento a teoria do sociointeracionista proposta por Lev Semenovitch Vygolsky, a mesma será detalhada na próximo tópico 2.3.

2.3 VYGOTSKY, TEORIA SOCIOINTERACIONISMO

Lev Semenovitch Vygolsky, nasceu em 17 de novembro de 1896 na Bielo-Russia filho de família judia. Formou-se em Direito, estudou História, Filosofia e Medicina com o objetivo de compreender o desenvolvimento psicológico do homem. Faleceu em Moscou no dia 11 de junho de 1934, aos 37 anos vítima de tuberculose. Desenvolveu diversos trabalhos sobre educação, teorias a respeito das formas de ensino e aprendizagem. Dentre elas comentaremos a teoria sociointeracionista ou socioconstrutivismo a qual afirma que a interação do indivíduo é ponto de fundamental importância no seu desenvolvimento, estudos baseado no livro de Cipolla 2010 onde estão informações importantes sobre a vida e obra Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem.

Segundo a Teoria sociointeracionista, que descreve o homem como um produto “sociocultural” onde a influencia do meio no qual está inserido participa significativamente no seu desenvolvimento. Contrario ao que é proposto por Piaget que sugere um desenvolvimento onde a maior influencia parte da maturidade biológica, ou seja há uma idade aproximada para cada etapa do desenvolvimento intelectual.

Vygotsky dividiu o desenvolvimento do conhecimento em zonas (partes, como se fossem caminhos a serem seguidos para a construção do conhecimento esperado).

Descrição das zonas de desenvolvimento Real – Proximal – Potencial (Figura 4)

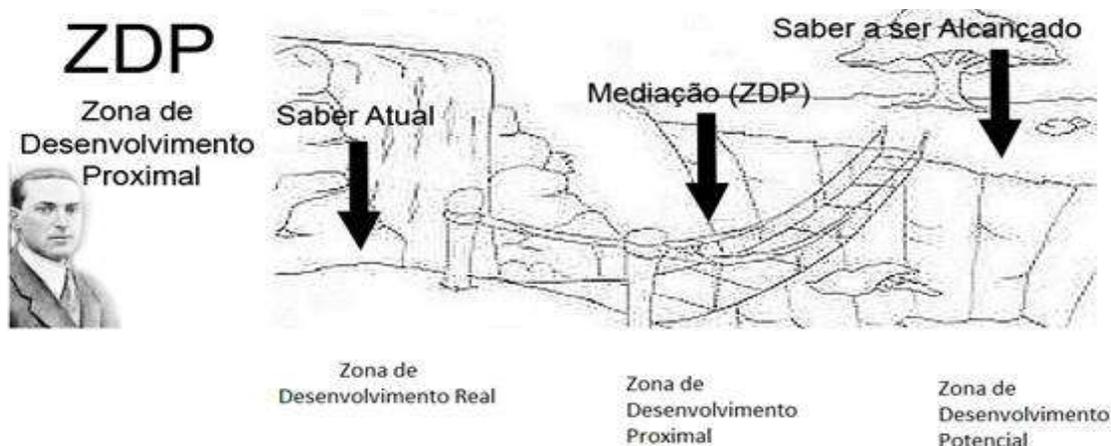
Zona de desenvolvimento Real – Aquela caracterizada como conhecimento prévio. Aquele que o aluno traz de experiências anteriores, podendo ser dentro ou fora do ambiente escolar.

Zona de desenvolvimento Proximal – Caracterizada pela zona onde a interação com o meio, estímulos externos e a comunicação com o professor e os colegas de sala. Desta relação, interação e estímulo é desenvolvido um conhecimento.

Zona de desenvolvimento Potencial – Ponto que o aluno pode alcançar, ou seja, algo que está em potencial e pode ser desenvolvido somando o

conhecimento prévio ao conhecimento desenvolvido através da interação, relação com outros indivíduos.

Figura 4 – Zonas de desenvolvimento segundo Vygotsky



Fonte: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/15/8/breve-estudo-sobre-lev-vygotsky-e-o-sociointeracionismo> (Acessado 09/12/2023).

“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.”

Vygotsky, 1991, p. 97

Com a finalidade de alcançar este desenvolvimento em potencial dos alunos. Partindo do conhecimento prévio, denominado por Vygotsky de zona de desenvolvimento real, tomamos como base a teoria sociointeracionista. Os alunos trabalham em pequenos grupos onde uns auxiliam aos outros e tendo a orientação e apoio do professor, sendo esta a zona de desenvolvimento próxima, visando alcançar ou, pelo menos, iniciar a construção do saber a ser alcançado, aquele que pode ser desenvolvido pelo aluno, zona de desenvolvimento em potencial.

Este formato pode auxiliar a compreensão e construção da aprendizagem dos conteúdos trabalhados nos experimentos. Onde alcançar e desenvolver algumas habilidades podem ser melhor evidenciado quando temos pontos de apoio.

“A mente se defronta com problemas diferentes quando assimila os conceitos na escola e quando é entregue aos seus próprios recursos. Quando transmitimos à criança um conhecimento sistemático, ensinamos-lhes muitas coisas que ela não pode ver ou vivenciar diretamente.”

Vygotsky, 2003, p. 108

Aplicamos o sociointeracionismo no nosso trabalho através de atividades experimentais abertas do tipo II, as mesmas foram trabalhadas em grupos com utilização de brinquedos, que vem sendo explicado na seção 2.4 onde falamos dos brinquedos e suas interações com a física, vivenciando assim aplicabilidade para os conceitos trabalhados com nossos alunos.

2.4 FÍSICA E BRINQUEDOS

A utilização de princípios físicos para desenvolver brinquedos tem sido algo utilizado desde brinquedos simples aos mais sofisticados, logo pensamos porque o processo contrário não é amplamente explorado em sala de aula para facilitar e dar significado a compreensão de conteúdos que possam ser relacionados ao funcionamento dos brinquedos. Ou seja, utilizar os brinquedos para ensinar física, demonstrar onde há utilização e aplicabilidade dos princípios físicos em diversos brinquedos.

A física tão presente em nossas vidas poderia ser demonstrada de forma prática em sala de aula a fim de demonstrar mais significado ao aprendizado trazendo utilizações práticas e diárias aos seus princípios. Alguns brinquedos podem ser citados como exemplo para variados conteúdos físicos abordados em sala de aula, em muitos casos, de forma teórica.

Figura 5 – Brinquedos simples que utilizam princípios físicos. Em (a) Pião de madeira, demonstra princípios de rotação, equilíbrio e inércia, dentre outros. Em (b) urso a corda, utiliza energia em potencial e transformação de energia.



Fonte: <https://www.navegantes.sc.gov.br/brincadeira-piao> (Acessado 11/02/2024)

Figura 6 – Iô Iô



Fonte:

<https://www.bambalalaobrinquedos.com.br/brinquedos-de-madeira/io-io-brinquedo-classico-e-tradicional-de-madeira> (Acessado 11/02/2024).

Observando os princípios de funcionamento de brinquedos simples, como exemplo, um pião tão comum e um dos mais antigos, segundos relatos sua origem consta de a. C., seu funcionamento traz conceitos de rotação, atrito e inércia dentre outros. Este sempre despertou o fascínio das crianças. Os brinquedos mostrados na Figura 5 e 6, os a corda, que armazenam uma energia em potencial, através do barbante enrolado em seu corpo, no caso do pião e o iô iô. O urso (tem um sistema interno com o princípio de armazenar energia através de uma enroscada). Ambos realizam sua transformação de energia, geralmente na forma de Energia cinética (movimento).

Na Figuras 7, clássico das brincadeiras infantis traz conceitos importantes de quantidade de movimento e colisões, podendo estes serem abordados e explorados de forma, lúdica, divertida e significativa.

Figura 7 – Jogo de bola de gude



Fonte: <https://odeliriodabruxa.blogspot.com/2012/05/bolas-de-gude.html>
(Acessado 11/02/2024).

As dificuldades sobre os conteúdos e a falta de interesse demonstrada pelos alunos nas aulas de física podem ser minimizadas com o uso de recursos diversificados na abordagem dos conteúdos. Estes recursos não necessitam ser apenas laboratórios sofisticados e bem equipados, podem ser brinquedos simples e materiais de baixo custo. Os PCN's incentivam o uso do lúdico no processo do ensino e aprendizagem, focalizando que as atividades vivenciadas em sala de aula sejam aproximadas com a realidade vivenciada pelos alunos.

Variados autores como Medeiros 2005, Baier 1983, Ferreira e Carvalho 2004 utilizaram atividades lúdicas em suas pesquisas o que comprova e favorece a utilização dos brinquedos como um valioso recurso para auxiliar o despertar no interesse da disciplina e assim melhorar o processo de ensino e aprendizagem.

Com o objetivo de associar as atividades lúdicas vivenciadas na infância com conteúdos fundamentais na área de física, buscamos uma aprendizagem significativa na proposta de um ensino por investigação seguindo o quadro 3 num grau de liberdade 2, onde o aluno é capaz de obter os dados de sua atividade experimental e pode, através das observações dos dados coletados, tirar suas conclusões.

“Além de proporcionar prazer e diversão, o jogo, o brinquedo e a brincadeira podem representar um desafio e provocar o pensamento reflexivo da criança. Assim, uma atitude lúdica efetivamente oferece aos alunos experiências concretas, necessárias e indispensáveis às abstrações e operações cognitivas.. “

Dallabona; Mendes, 2004, pg.111

Brinquedos são objetos destinados a divertir uma criança, segundo o dicionário. Porém é possível complementar esta definição, pois além de divertir o brinquedo pode instruir, auxiliar no desenvolvimento, ensinar, orientar e ter muitas outras finalidades para crianças e também para adultos. Existe uma grande variação de brinquedos para crianças e adultos com fins que vão muito além do simples entretenimento.

A indústria dos brinquedos constitui uma grande parte de todo setor industrial e também comercial de toda sociedade, os brinquedos não se restringem apenas às crianças, incluem adolescentes e adultos de várias idades. Fazem parte da vivência humana desde o nascimento, auxiliando bebês no desenvolvimento cognitivo, motor e comportamental. Porém, à medida que crescemos, a interação com o mundo imaginário vai se distanciando cada vez mais, até haver um desligamento total do mundo de “faz de conta” e se entrar num estado de em muitas situações sem sentido no cotidiano.

Ao iniciar a vida escolar, nossos primeiros contatos na escola são quase totalmente lúdicos. Muitas atividades com diferentes cores, formas, consistências e assim segue toda a etapa da Educação Infantil, na qual há uma exploração máxima do construtivismo com uso frequentes de várias atividades investigativas, talvez não seguindo toda sequência do processo oficial.

Também se pode observar que neste período há uma forte presença da teoria dos campos conceituais, descritos por Vergnaud.

De acordo com Vygotsky, 1984, brinquedos são a porta para um mundo imaginário onde os desejos podem ser realizados. Um mundo ideal de fantasias descrito por Monteiro Lobato, Maurício de Souza e outros autores são exemplos de como o mundo imaginário segue tendo influência não apenas na percepção de mundo das crianças mas muitos adultos que conseguem o equilíbrio de seguir em um mundo lúdico, durante toda sua existência.

“... o brinquedo aparece na criança em idade pré-escolar. Ela surge a partir de sua necessidade de agir em relação não apenas ao mundo dos objetos diretamente acessíveis a ela, mas também em relação ao mundo mais amplo dos adultos. Uma necessidade de agir como um adulto surge na criança, isto é, de agir da maneira que ela vê os outros agirem, da maneira que lhe disseram, e assim por diante.”

Vygotsky 2010 p.125

A utilização de brincadeiras infantis para demonstrar situações que serão mais tardes vivenciadas na idade adulta é primordial para um desenvolvimento sadio. Durante a infância as crianças brincam sobre suas profissões, relações pessoais, familiares e sociais.

“ Para uma criança que está brincando com cubos de madeira, por exemplo, o alvo da brincadeira não consiste em construir uma estrutura, mas em fazer, isto é, no conteúdo da própria ação. Isto é verdadeiro não apenas no caso das brincadeiras do período pré-escolar, mas também no de qualquer jogo em geral. A fórmula geral da motivação dos jogos é " competir, não vencer.

Por isso, nos jogos dos adultos, quando a vitória, mais do que a simples participação, torna-se o motivo interior, o jogo deixa de ser brincadeira.”

Leontiev 2010 p.123

O estudo de ciências se desenvolve em grande parte no ensino fundamental, através de atividades experimentais e lúdicas, o que auxilia muito sua compreensão, embora não se tenha conhecimento dos conceitos

científicos na sua íntegra. Este modelo lúdico e construtivista vai sendo abandonado à medida que se avança na idade e na vida escolar.

A evolução das atividades lúdicas pode ser descrita, segundo Piaget, com três tipos de estrutura em diferentes fases de desenvolvimento: os exercícios, o símbolo e a regra.

Esta divisão ocorre segundo a idade dos indivíduos:

- O exercício idade média, até os dois anos, em que as brincadeiras são realizadas como atividades repetitivas observando os efeitos e resultados. Exemplo: Bater um objeto e fazer barulho.
- O símbolo idade média, dos dois aos sete anos, enfatiza a utilização de símbolos e representam sua realidade na brincadeira. A criança demonstra a simbologia da sua rotina nas brincadeiras.
Exemplos: Brincadeiras com profissões, famílias, conversas com bonecas, mãe e filha.
- Na regra idade média, dos sete aos doze anos, ocorre um desligamento com a fantasia e o mundo do “faz de conta”, a criança tendo início o desenvolvimento da sociabilização respeitando as regras pré estabelecidas anteriormente. Muitas das regras compostas nos jogos irão acompanhá-la até a idade adulta.
Exemplo: Jogos de tabuleiro individuais e em grupo.

Conforme Almeida, 2000, as idades podem variar, porém os estágios de desenvolvimento sempre seguem “uma ordem sucessiva e fixa”.

2.5 ATIVIDADES LÚDICAS E BRINQUEDOS BUSCANDO DESPERTAR O INTERESSE PELA CIÊNCIA

Conforme abordado na seção 2.4 mostra como a utilização de brinquedos no processo de ensino tem sido defendido e muito utilizado em todos os níveis da educação e suas áreas do conhecimento. Documentos importantes que fundamentam nossa educação como a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) as DCN's (Diretrizes Curriculares Nacionais) e o ECA (estatuto da Criança e do Adolescente), incentivam a utilização de jogos, brinquedos, brincadeiras. A utilização do lúdico como forma de que a criança, adolescente ou adulto busque em geral nas atividades simples aplicações e soluções para problemas complexos que rodeiam sua vida.

Com o objetivo de divulgar o conhecimento científico e incentivar o interesse de crianças e adolescentes na área científica (Biologia, Física e Química), Centros de demonstrações e incentivo a ciência tem se tornado popular em nosso país buscando trazer em sua essência variados conceitos científicos, sendo estes demonstrados de forma simples, barata e lúdica.

Esta tem sido uma iniciativa de várias universidades e centros de pesquisas, com o apoio de instituições públicas e privadas. A iniciativa além de popularizar o conhecimento científico visa despertar o interesse em um aprofundamento na área das ciências, que muitas vezes é vista apenas pelo grau de dificuldade por conta dos cálculos envolvidos.

A exemplo destes temos como exemplo:

Parque de Ciência e Tecnologia da USP

Espaço Ciência PE

Estação Cabo Branco Ciência Cultura e Arte PB

Parque Das Ciências UFRN

As figuras abaixo trazem demonstrações com aplicações com experimentos simples e lúdicos onde os visitantes podem interagir de forma prática na realização dos experimentos. As Figuras 8, 9 e 10 trazem aplicações de princípios simples sendo vistos de forma prática e interativa com o visitante.

Figura 8 – Criança aplicando o princípio da alavanca para levantar o carro
Espaço ciência – PE



Fonte: A autora, 2019.

Figura 9 – Visitante fazendo uso do balanço de ressonância
Estação Cabo Branco Ciência Cultura e Arte PB



Fonte: A autora, 2013.

Figura 10 – Relógio do sol. Estação Cabo Branco Ciência Cultura e Arte PB



Fonte: A autora, 2013.

“O que fascina no brinquedo parece ser essa sua capacidade misteriosa, essa possibilidade de ser visto como uma porta para o reino do faz de conta no qual a criança sente-se livre para dar asas à sua imaginação, transformando essa realidade imaginária e construindo assim a sua própria realidade.”

Medeiros 2005 p.305

Baseado no estudo de Araújo e Abid, 2003, onde foi realizado um levantamento baseado em literaturas importantes sobre o ensino de física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física e Revista Brasileira de Ensino de Física. Onde é comprovado através de publicações o aumento de atividades investigativas com utilização de práticas, muitas delas fazendo uso de materiais simples.

“é possível constatar que o uso da experimentação como estratégia de ensino de Física tem sido alvo de inúmeras pesquisas nos últimos anos, havendo extensa bibliografia em que diferentes autores analisam as vantagens de se incorporar atividades experimentais.”

Araújo e Abid 2003 p.177

Logo percebemos e evidenciamos alterações no ensino de ciências especificamente o de física buscando como objeto a aprendizagem significativa através de atividades investigativas. Sendo o aluno o centro do processo, ou seja, o protagonista aquele responsável por desenvolver os experimentos propostos e não apenas observá-los.

É preciso deixar claro a importância do professor neste novo processo, pois as atividades experimentais precisam ser pensadas e planejadas, propostas com finalidade e objetivo bem definidos, não trata se apenas do brincar. Ao desenvolver a atividade e sugerir o uso de determinado brinquedo o professor tem definido qual o objeto de conhecimento abordado e quais as habilidades a serem alcançadas com aquela proposta.

“..o planejamento das atividades teve como objetivo colaborar para a construção de um espaço de ensino-aprendizagem que possibilitasse o processo de problematização e evidenciasse a existência de uma articulação do conhecimento científico a ser estudado sobre os fenômenos da realidade observados..”

Feitas e Teixeira 2022 p.162

“Como Arquimedes comprovou que a coroa do rei não era feita de ouro puro?” Esta é uma evidência de como atividades práticas simples podem nos levar a resposta de questões muitas vezes consideradas de alta complexidade.

“..o uso de demonstrações de experimentos em atividades de divulgação científica foi possível criar momentos propícios para a aprendizagem, pois os alunos ficaram realmente intrigados com os fenômenos que estavam observando. Nesse cenário, o professor tem o papel de trabalhar pedagogicamente com as diferentes características fenomenológicas observadas para provocar um processo dinâmico de questionamento e de aprofundamento no corpo de conhecimentos científicos existentes que possam produzir uma explicação satisfatória para aquilo que foi experimentado. “

Feitas e Teixeira 2022 p.172

Também traremos o embasamento físico no qual esta consolidado nosso trabalho. O uso da Energia mecânica (Cinética, Potencial Gravitacional e Elástica), suas transformações e uma abordagem dos sistemas conservativos e dissipativos.

2.6 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

A conservação de energia está ligada ao conceito de trabalho (W) de uma força (F) e se este trabalho depende ou não do caminho que um objeto faz sob a ação dessa força. Matematicamente, o trabalho realizado por uma força ao deslocar uma partícula de um ponto $a = (x_a, y_a, z_a)$ para um ponto $b = (x_b, y_b, z_b)$ pode ser definido (em coordenadas cartesianas) como (Moysés 1998):

$$W_{ab} = \int_{x_a}^{x_b} F_x(r) \cdot dx + \int_{y_a}^{y_b} F_y(r) \cdot dy + \int_{z_a}^{z_b} F_z(r) \cdot dz \quad (1)$$

Se o trabalho realizado pela força F for independente da trajetória, dependendo apenas dos pontos inicial e final desta, então estamos diante de uma força conservativa que, por sua vez, pode ser escrita como o negativo do gradiente de uma função escalar (neste caso chamada de energia potencial) $U_{(x,y,z)}$.

Em coordenadas cartesianas temos que (Moysés 1998)

$$\vec{F} = - \left(\frac{\partial}{\partial x} \hat{x} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{y} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{z} \right) U(x, y, z) = -\vec{\nabla}U(x, y, z) \quad (1)$$

de modo que:

$$W_{ab} = \int_a^b \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r} = - \int_a^b \vec{\nabla}U(\vec{r}) \cdot d\vec{r} = - \int_a^b dU(\vec{r}) = -(U_b - U_a) \quad (2)$$

Na expressão acima, usamos o fato de que $\vec{\nabla}U(\vec{r}) \cdot d\vec{r} = dU(r)$. Contudo, há também uma relação geral entre o trabalho W e a energia cinética k de uma partícula. Essa relação é dada por:

$$W_{ab} = \int_a^b \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r} = \int_a^b m\vec{v} \cdot d\vec{v} = (K_b - K_a) \quad (3)$$

onde a energia cinética no i -ésimo ponto é definida como: $k_i = m(v_i)^2/2$, onde o módulo ao quadrado da velocidade no ponto i é dado por $(v_i)^2 = (v_{xi})^2 + (v_{yi})^2 + (v_{zi})^2$.

Se apenas forças conservativas realizam trabalho, não havendo, portanto forças dissipativas de qualquer natureza, podemos igualar as equações (2) e (3) e, definindo a energia mecânica no i -ésimo ponto como $E_i = k_i + U_i$, vemos que essa energia mecânica se conserva e temos (Moysés 1998) que:

$$E_a = E_b \quad U_a + \frac{mV_a^2}{2} = U_b + \frac{mV_b^2}{2} \quad (4)$$

onde U_a e U_b correspondem às energias potenciais nos pontos a e b , respectivamente. Assim, por exemplo, se o sistema envolve força gravitacional, temos que para o i -ésimo ponto: $U_i = mgh_i$, ao passo que se a força envolvida, for a força elástica $U_i = k(x_i)^2/2$. Essas expressões podem ser obtidas de forma direta, substituindo-se a expressão da força peso ($F_p = m.g$) ou da força elástica ($F_{el} = -k.r$) na equação (2). Ressaltamos aqui que, nas atividades que envolvem carrinhos, medidas diretas em uma balança com precisão de 10^{-2} g, mostram que, em média, para um carrinho de massa m , a massa das quatro rodas (supondo idênticas) somadas equivale a um percentual muito baixo ($\sim 4\%$) da massa total do carrinho de modo que, se o carrinho está em movimento sem escorregar ($v = \omega_{rod} R$), a contribuição rotacional da energia cinética equivale apenas a 2% da fração da energia cinética translacional podendo, com boa aproximação (ou a depender dos objetivos), ser desprezada.

Na prática, dificilmente temos sistemas conservativos, visto que forças tais como resistência do ar e de atrito (dos mais diversos), em sistemas reais, sempre atuarão nos objetos. Neste caso (se o sistema não for conservativo) a energia mecânica não será a mesma nos pontos a e b , ocorrendo dissipação de energia entre esses pontos. Além disso, em se tratando de carrinhos em planos inclinados, como para ângulos menores do que um ângulo crítico θ_c , não há deslizamento, podemos concluir que caso haja dissipação, a mesma, poderá ter diversas origens tais como:

- Colisões que geram atrito entre as paredes laterais da pista com as laterais do carrinho, ocasionadas por leves irregularidades na pista para casos em que a atividade envolve kits com *hot wheels*.

- Atritos internos entre molas, dardos com a pistola (para o caso da pistola de dardo) ou entre as rodinhas e a carenagem dos carrinhos.

É necessário evidenciar que a energia mecânica, quando conservada, ou seja, transformada em outros tipos como exemplo, sonora, térmica. É denominada energia dissipada.

Vemos então que para um sistema dissipativo temos para a energia mecânica que: $\Delta E_m = -W_{diss}$. Assim, desprezando-se a variação de energia interna (aquecimento) das entidades que compõem o sistema (carrinho e pista), podemos adicionar um termo (mais precisamente uma função) correspondente ao trabalho realizado pelas forças dissipativas $W_{diss}(s)$ entre os pontos a e b . A função $W_{diss}(s)$ (s é uma variável – velocidade, distância ou outra qualquer – a ser convenientemente escolhida) que descreve esta perda de energia não é conhecida. Contudo, tal função pode ser empiricamente obtida de forma que, somado à energia mecânica no ponto b , tenhamos (Moysés 1998):

$$\begin{aligned} \Delta E_m &= -W_{diss} \\ E_b - E_a &= -W_{diss} \\ -E_a &= -E_b - W_{diss} \\ E_a &= E_b - W_{diss} \\ mg h_a + \frac{mV_a^2}{2} &= mg h_b + \frac{mV_b^2}{2} + |W_{diss}| \end{aligned} \quad (5)$$

Considere, por exemplo, uma força de resistência do ar proporcional ao vetor velocidade de um determinado objeto, ou seja (Moysés 1998): $F_{ar} = -b.v$ (com $b > 0$). Neste caso, considerando-se que a velocidade é constante, o trabalho desta força dissipativa entre os pontos a e b pode ser obtido através da equação (2), a saber:

$$W_{diss} = -b \int_a^b \vec{v} \cdot d\vec{r} = -b \int_a^b \vec{v} \cdot \vec{v} dt = -bv^2 (t_b - t_a) \quad (6)$$

Note que, como $t_b - t_a > 0$, vemos que, de fato, $W_{diss} < 0$ e, portanto, a energia mecânica não se conserva de modo que a equação (4) deixa de ser válida em detrimento da equação (5).

Para o carrinho *hot wheels* com pista em formato “U” teremos um sistema dissipativo e aplicaremos a equação (5). Determinando a energia dissipada através da diferença entre a energia potencial inicial e a energia potencial final, nos pontos inicial e final a energia cinética do sistema é zero, logo definimos a equação (7)

$$mg h_a - mg h_b = |W_{diss}| \quad (7)$$

O mesmo princípio é utilizado para o experimento que utiliza a bolinha pula pula, pois temos uma diferença entre as energias potencial inicial e final, considerando um sistema dissipativo.

Para o experimento da pistola, usamos a teoria da conservação de energia mecânica e suas transformações de potencial elástica para potencial gravitacional.

Na seção seguinte há a explanação da metodologia do trabalho desenvolvido. Mostrado como são propostas as aplicações das atividades investigativas, os brinquedos utilizados e o que cada atividade deseja desenvolver, bem como as habilidades a serem desenvolvidas e os conteúdos trabalhados.

Capítulo 3

METODOLOGIA

Neste capítulo, estão descritas, detalhadamente, as atividades experimentais nas seções de 3.1 a 3.5, encontram-se as cinco atividades experimentais envolvendo os conceitos de energia mecânica, suas transformações, conservação e dissipação. Como elas foram desenvolvidas e trabalhadas com os alunos, logo após como foi realizada a aplicação do produto educacional.

Foram utilizadas duas aplicações, sendo a primeira uma aplicação piloto, buscando observar sua perfeita compreensão por parte dos alunos. A segunda aplicação houve um maior acompanhamento por parte do professor, os momentos de montagem do aparato experimental e coleta dos dados. Com a finalidade de garantir a veracidade e credibilidade dos dados coletados.

Após o acompanhamento das atividades práticas desenvolvida pelos alunos e análise dos dados, foram realizadas conclusões e comentários pertinentes a respeito do que os alunos entendem por Energia mecânica, suas transformações, conservação e dissipação e como a compreensão e aplicabilidade destas teorias na vida diária dos nossos alunos podem ser melhoradas.

Na seção 3.1 descreveremos os experimentos utilizados nas atividades investigativas desenvolvidas no modelo de laboratório aberto aplicando as equações desenvolvidas acima.

3.1 EXPERIMENTOS UTILIZADOS

Foram utilizadas duas aulas geminadas para realização de cada experimental: montagem do aparato, coleta dos dados, cálculos e gráficos. Mais duas aulas geminadas para discussões e conclusões com todo grupo que participou da realização da atividade. As retas construídas nos gráficos, tem como objetivo demonstrar uma tendência, ou aproximação dos resultados encontrados com o que na teoria estudada nos livros didáticos.

A atividade investigativa sugerida, numa proposta de laboratório aberto com grau de liberdade II. Para isto foram utilizados vários brinquedos, os experimentos encontram-se descritos nas seções 3.1.1 a 3.1.5. Relacionado conceitos de energia mecânica, cinética, potencial elástica e potencial gravitacional, bem como sistemas dissipativo e conservativo de energia.

As atividades foram realizadas em turmas do segundo ano do ensino médio, com grupos de dois alunos, onde os próprios montaram os grupos. Recomenda-se que as atividades sejam aplicadas em grupos, pequenos com um máximo quatro componentes, passando deste quantitativo acredita-se que alguns integrantes não terão funções ou interesse em desenvolver as tarefas propostas, gerando assim ociosidade entre eles.

A atividade se classifica dentre as “**Atividades Investigativas**” classificadas por Mourão e proposta por Carvalho 2014, as quais se encontram na Figura 3 e detalhadas na seção 2.1. A atividade elaborada e proposta neste trabalho se classifica Laboratório Aberto, o qual se baseia na resolução de uma, questão a partir de um experimento. As etapas sugeridas por Pella 1969, para a resolução do problema se encontram no Quadro 3. Para a atividade sugerir um grau de liberdade II, onde o professor é responsável por elaborar, o problema, as hipóteses e o plano de trabalho, sendo de responsabilidade dos alunos a coleta de dados e conclusões sobre a atividade realizada.

A proposta sugere o máximo de autonomia aos alunos na coleta de dados, cálculos, construção de gráficos e elaboração dos textos de conclusão, explicando que não há uma resposta exata para cada uma das atividades. O professor orientará os alunos na montagem dos aparatos experimentais para que a coleta de dados seja realizada com a máxima precisão.

3.1.1 Carrinho *hot wheels* em pista formato U

Esta atividade tem como objetivo demonstrar a não conservação de energia mecânica em sistemas dissipativos, que é pouco explorada nos livros didáticos. Com isso mostrar aos alunos que em sua rotina diária ele pode utilizar este princípio, e até mesmo fazendo conexão com outras formas, experimentos e demonstrações para este princípio.

Como aparato experimental, utilizar uma montagem com régua ou fita métrica, carrinho *hot wheels* em pista formato U, algo muito comum e popular na vida dos alunos que em sua grande maioria tem familiaridade com o material utilizado, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Material utilizado no experimento 1



Fonte: A autora, 2023.

Montagem segue conforme Figura 12.



Fonte: A autora, 2023.

Após a montagem do aparato experimental mostrado na Figura 12. Foi realizada pelos alunos a coleta dos dados, além de observar a altura onde o carrinho é solto e qual a altura atingida do lado oposto.

É proposta uma comparação entre as energias mecânica inicial e final, além de realizarem as medições e coleta de dados com alturas inicial e final.

Foram utilizadas quatro alturas diferentes de onde o carrinho deve ser solto e para cada uma das alturas realizar cinco medições da altura alcançada pelo carrinho do lado oposto da pista, para tirar uma média.

A energia potencial gravitacional é dada pela equação (8): (Halliday 2002)

$$E_{pg} = mgh \quad (8)$$

Em que:

E_{pg} - Energia potencial gravitacional

m - Massa

g - Aceleração da gravidade (consideramos 10 m/s^2)

h - Altura

O comparativo das energias inicial, ponto no qual o carrinho é solto (E_{pg_i}), e a energia final (E_{pg_f}), altura máxima alcançada pelo carrinho, é dada por:

$$E_{pg_i} \neq E_{pg_f} \quad (9)$$

Os índices i e f na equação (9) refere-se a (i – inicial e f – final)

$$\text{De acordo com a equação (8), teremos: } mgh_i \neq mgh_f \quad (10)$$

$$\text{Assim: } h_i \neq h_f \quad (11)$$

Após a coleta de dados, os mesmos são registrados em uma tabela. Estes dados são utilizados na construção do gráfico ($h_i \times h_f$) no qual o aluno pode ser capaz de observar com maior clareza a dissipação de energia mecânica no sistema estudado. Também é solicitado aos alunos que conversem entre si e façam um breve resumo de suas perspectivas, observações e conclusões, cite quais parâmetros são irrelevantes ou determinantes e, assim, associar com a teoria já estudada nos livros didáticos.

3.1.2 Bolinha pula-pula

Para um sistema dissipativo, utilizamos uma bolinha tipo pula-pula. O experimento se baseia no simples ato de soltar a bolinha de uma determinada altura e observar qual a altura atingida após a colisão da bolinha com o solo. Além do conceito de sistema dissipativo também trabalhamos colisão (parcialmente elástica, onde apenas parte da energia mecânica inicial é preservada), transformação de energia mecânica (Potencial gravitacional \rightarrow Cinética e após o choque Cinética \rightarrow Potencial gravitacional).

Para esta atividade utilizamos bolinha tipo pula-pula, fita métrica e fita adesiva. Todo material está mostrado na Figura 13

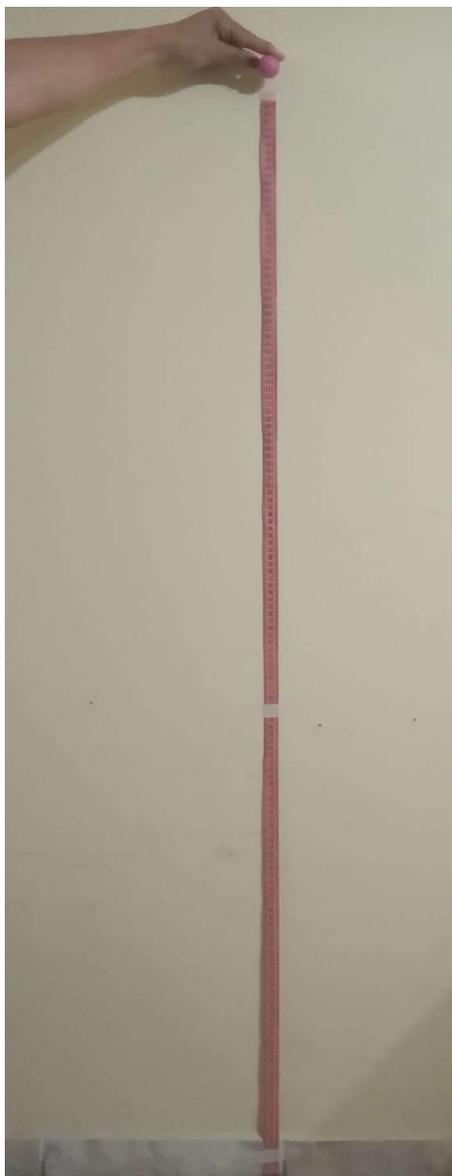
Figura 13 - Material utilizado no experimento 2



Fonte: A autora, 2023.

A montagem experimental é simples, pender a fita adesiva à parede para medir a altura da bolinha ao colidir com o chão. Medir apenas uma vez para cada vez que a bolinha for solta. Montagem mostrada na Figura 14

Figura 14 - Montagem experimento 2



Fonte: A autora, 2023.

Após a montagem do aparato experimental, é solicitado que os alunos realizem a coleta de dados. Foram utilizadas cinco alturas iniciais para soltar a bolinha e se deve medir a altura alcançada após o choque com o solo (medir apenas uma altura imediatamente após o choque). Para cada altura foram realizadas cinco medições, tirando a média e determinando uma altura final

para cada uma das cinco alturas iniciais. Os dados coletados são registrados em uma tabela.

Comparou-se a energia inicial, no ponto em que a bolinha é solta (E_{pg_i}), e a energia final (E_{pg_f}), na altura máxima alcançada pela bolinha ao quicar no chão.

De acordo com as equações de (1) a (4) a altura inicial é diferente da altura final, comprovando a não conservação de energia.

Para determinar o valor da energia dissipada (E_d), temos:

$$E_d = E_{pg_i} - E_{pg_f} \quad (12)$$

Trabalhando transformações de energia mecânica (Halliday 2002)

$$E_{pg} = E_c \quad (13)$$

A energia cinética é dada pela equação: (Halliday 2002)

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (14)$$

Em que:

E_c - Energia cinética

v - velocidade

Para determinar a velocidade da bolinha ao final da queda, imediatamente antes de toca o solo, utilizamos as equações (8) e (14), teremos a equação:

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (15)$$

Isolando v , temos:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (16)$$

Assim determinamos as velocidades antes (v_i) e após o choque (v_f) utilizando as alturas inicial, altura da qual a bolinha é solta (h_i) e altura após o choque (h_f).

Utilizando a equação (16) temos:

$$v_i = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_i} \quad (17)$$

$$v_f = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_f} \quad (18)$$

Após coleta de dados e cálculos é solicitado aos alunos que preencham as tabelas, e construam o gráfico ($h \times Ed$).

Solicitamos também que dialoguem e façam uma conclusão sobre o trabalho realizado, relação entre teoria trabalhada em sala de aula e nos livros e o que é observado durante a realização do experimento, quais variáveis são relevantes e irrelevantes.

3.1.3 Mola comprimida X Altura do carrinho (Subindo a rampa)

Nesta atividade calcularemos a constante elástica da mola, baseado na transformação de energia mecânica (Potencial elástica \rightarrow Cinética \rightarrow Potencial gravitacional). Utilizamos uma rampa, uma mola (espiral de caderno), um carrinho, onde a única propulsão será através transformação da energia potencial elástica em cinética e potencial gravitacional

O material utilizado neste experimento consiste. Em uma rampa de madeira, um carrinho de material "lego" (podendo ser modificado por outro tipo, desde que não utilize fricção), mola (espiral plástico retirado caderno), caixa de creme dental, régua, fita adesiva, balança. O material é mostrado na Figura 15

Figura 15 - Material utilizado no experimento 3



Fonte: A autora, 2023.

Para nossa atividade temos uma montagem simples, mostrada na Figura 16.

Figura 16 - Montagem experimento 3



Fonte: A autora, 2023.

A energia Potencial elástica é dada pela equação: (Halliday 2002)

$$E_{pe} = \frac{k \cdot x^2}{2} \quad (19)$$

Em que:

E_{pe} - Energia potencial elástica

k – Constante elástica da mola

x - Deformação

Para determinar k, relacionamos as equações 8 e 19 temos:

$$k = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{x^2} \quad (20)$$

Após os cálculos, nossos alunos são orientados a redigirem uma pequena conclusão sobre a teoria abordada nos livros e o que foi observado na atividade experimental. Quais as variáveis relevantes e irrelevantes no desenvolvimento do experimento e suas percepções sobre os itens questionados.

3.1.4 Pistola com dardo de ventosa

Esta atividade, tem como objetivo calcular a constante elástica “k” da mola contida na parte interna da pistola. A mesma é composta por uma mola na parte interna, inicialmente em estado indeformável, nem comprimida nem distendida. Ao inserir o dardo, o mesmo empurra a mola, causando sua compressão, assim, ao puxar o gatilho, o dardo é liberado, através da transformação da energia mecânica (Potencial elástica → Cinética → Potencial gravitacional).

Para a atividade utilizar pistola com os dardos tipo ventosa, fita métrica e fita adesiva (para fixar a fita métrica a parede e assim realizar a medição). Material mostrado na Figura 17.

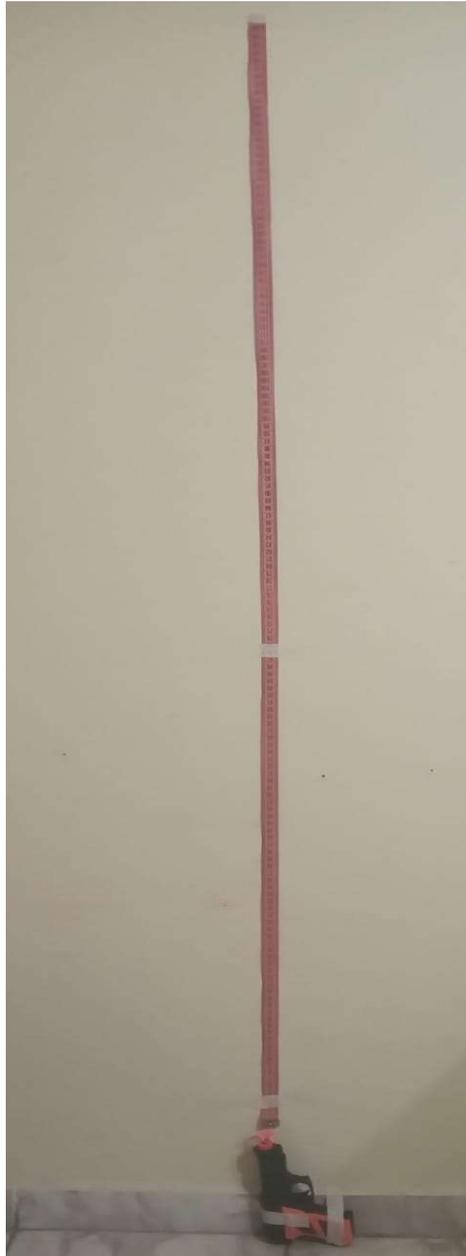
Figura 17 - Material utilizado no experimento 4



Fonte: A autora, 2023.

Montagem do aparato experimental utilizado está mostrado na Figura 18

Figura 18 - Montagem experimento 4



Fonte: A autora, 2023.

A força elástica é uma força variável, pois seu módulo, direção e sentido dependem da extremidade livre da mola, onde se encontra o corpo livre, dardo. Sendo assim o deslocamento do dardo pode ser na horizontal ou na vertical.

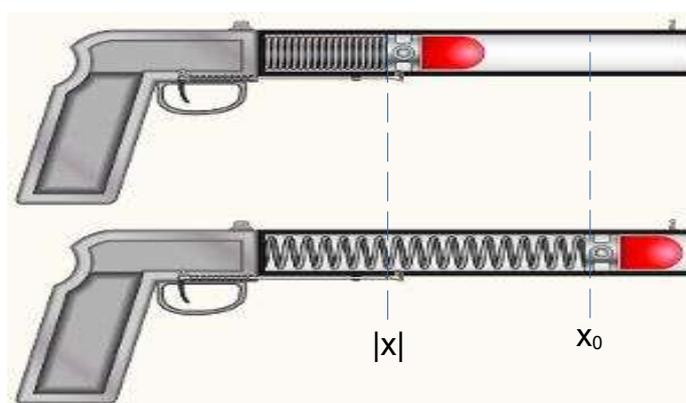
A força elástica é dada pela equação: (Halliday 2002)

$$\vec{F} = -k\vec{x} \quad (21)$$

A mola ao ser comprimida armazena energia potencial elástica e ao ser liberada e voltar ao seu estado inicial converte esta energia armazenada em outro tipo de energia, neste caso potencial elástica, já que o dardo se encontra na extremidade livre e na vertical. O dardo recebe a energia potencial elástica armazenada na mola e ocorre a conversão em energia potencial gravitacional.

A ilustração da Figura 19 demonstra uma representação da montagem interna com a mola comprimida e distendida.

Figura 19 – Demonstração interna pistola com mola x_0



Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/energia-potencial-elastica.htm>
(Acessado 11/02/2024)

Por fim, aplica-se o princípio da conservação de energia mecânica, como o deslocamento do dardo será na vertical, haverá conversão de energia potencial elástica sendo gradativamente transformada em energia cinética e energia potencial gravitacional, assim haverá apenas potencial gravitacional, em que se fará a medição da altura máxima alcançada pelo dardo. Podemos determinar k utilizando a equação (20).

Para determinar a deformação da mola interna da pistola (x), foi necessário abri-la, medir a mola distendida, medir o dardo e realizar a medição do dardo encaixado para conferir com certa precisão a deformação (x).

Estes procedimentos estão registrados nas Figuras 20, 21, 22, 23 e 24

Figura 20 - Detalhes montagem pistola experimento 4



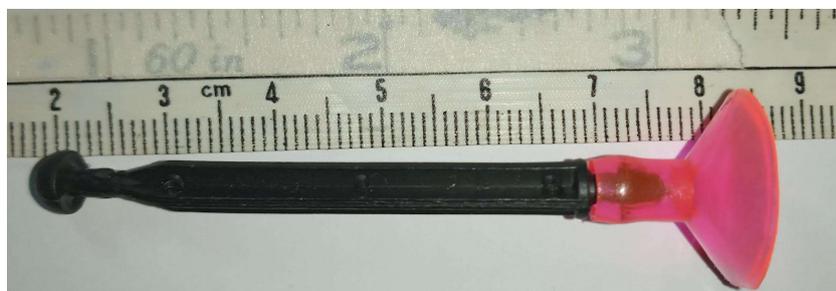
Fonte: A autora, 2023.

Figura 21 - Detalhes interno pistola experimento 4



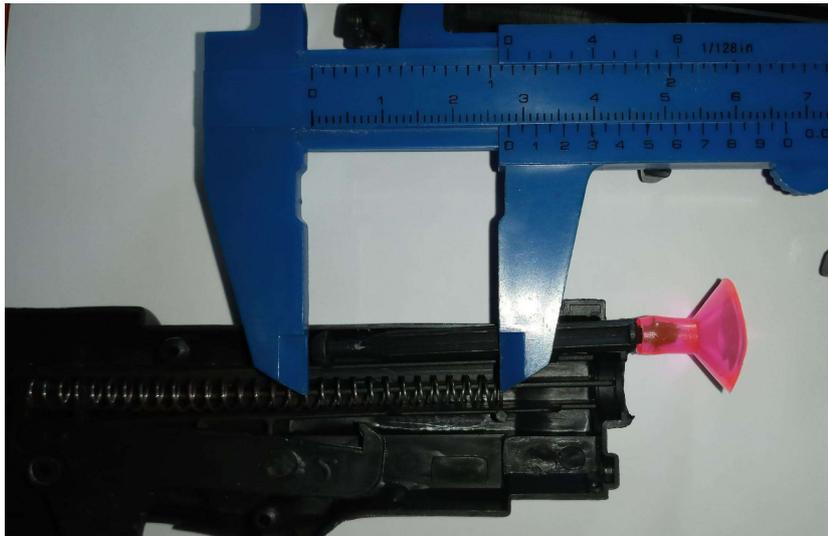
Fonte: A autora, 2023.

Figura 22 - Medida dardo ventosa experimento 4



Fonte: A autora, 2023.

Figura 23 – Medida da compressão interna da mola pistola, usada no experimento 4



Fonte: A autora, 2023.

Figura 24 - Detalhe interno pistola com o dardo ventosa experimento 4



Fonte: A autora, 2023.

Após a finalização da coleta de dados e dos cálculos para determinar o valor de “k”, é solicitado aos alunos que discutam entre si e redijam uma conclusão sobre a atividade realizada, qual a relação entre a teoria abordada em nossos livros didáticos e a atividade experimental. Além disso, quais variáveis são relevantes e irrelevantes para um resultado satisfatório, além de suas percepções e questionamentos.

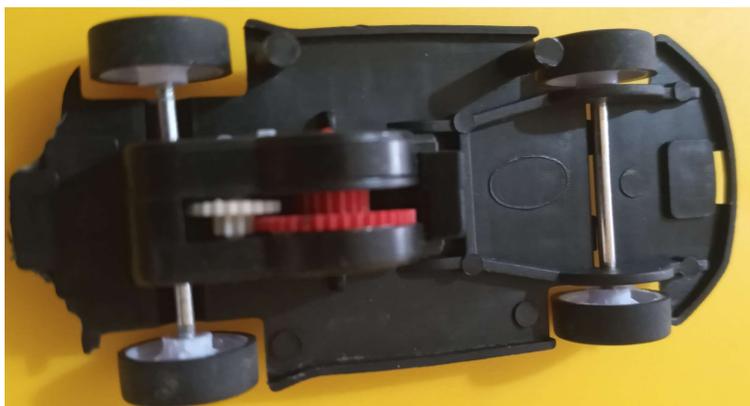
3.1.5 Carrinho de fricção subindo a rampa

Nesta atividade temos como objetivo demonstrar a transformação de energia mecânica (“Potencial” → Cinética → Potencial gravitacional).

O princípio do carrinho de fricção, segue com uma energia em Potencial. Energia que pode ser armazenada no carrinho, quando o mesmo é puxado para trás, porém no seu interior não há uma mola. Sendo assim não foi utilizado a equação (19), buscando apenas demonstrar que esta energia em potencial armazenada no interior do carrinho transforma-se em energia potencial gravitacional.

Nas Figuras 25, 26 e 27 é mostrado a parte interna do carrinho, bem como o princípio de armazenamento de energia..

Figura 25 - Detalhe interno carrinho de fricção. Associação de engrenagens para enrolar a fita metálica.



Fonte: A autora, 2023.

Figura 26 - Detalhe interno carrinho de fricção, caixa onde se encontra a fita metálica que é enrolada ao puxar o carrinho para trás.



Fonte:A autora, 2023.

Figura 27 - Detalhe interno carrinho de fricção. Fita metálica que é enrolada armazenando energia em potencial, que é convertida em cinética ao soltar o carrinho.



Fonte: A autora, 2023.

Utilizamos um carrinho de fricção, uma rampa de madeira, fita métrica e régua. Material mostrado na Figura 28

Figura 28 - Material utilizado no experimento 5



Fonte: A autora, 2023.

Nossa montagem do aparato experimental é mostrada na Figura 29

Figura 29 - Montagem experimento 5



Fonte: Fonte: A autora, 2023.

É solicitado aos alunos que realizem cinco medições da altura alcançada pelo carrinho, para cada uma das compressões da mola (tivemos cinco compressões). Os dados coletados são registrados em uma tabela para construção do gráfico (Deformação X Altura).

Após a construção do gráfico é solicitado aos alunos que discutam entre si e redijam uma conclusão sobre a atividade realizada, qual a relação entre a teoria abordada em nossos livros didáticos e a atividade experimental. Quais variáveis são relevantes e irrelevantes para um resultado satisfatório, além de suas percepções e questionamentos.

APLICAÇÕES E COMENTÁRIOS

Sugere-se um problema aberto num grau II de abertura, através do qual é dado aos grupos formados por dois alunos “um desafio”, ou seja, o que cada experimento solicita como deve ser determinado e quais observações podem ser obtidas como conclusão. Eles recebem o material para a montagem do experimento e um plano de trabalho. Solicitamos que a montagem, coleta de dados, cálculos e conclusão sejam desenvolvidos pelos alunos com a mínima interferência possível do professor. Seguindo a Quadro 3 proposta por Carvalho, 2010, com o grau II na proposta de um laboratório Aberto.

Foi realizada uma aplicação piloto do produto educacional com duas duplas de alunos, os quais desenvolveram as atividades em parte de forma satisfatória. Seguiu-se com uma maior autonomia por parte dos alunos. Nesta aplicação, foi entregue o plano de trabalho ao grupo e o material para montagem dos aparatos experimentais, sendo solicitado que eles lessem o material e seguissem as orientações para realizar as atividades propostas. Continuamos seguindo a proposta de “Atividade investigativa, tipo Laboratório Aberto” (Figura 3) com grau de liberdade II (Quadro 3). A intervenção do professor foi mínima. Houve a necessidade de ajuste em pontos do produto educacional, nos quais os alunos demonstraram grandes dificuldades, levando a uma maior distorção dos resultados finais.

Na segunda aplicação houve um maior acompanhamento por parte do professor. Ao entregar ao grupo o plano de trabalho foi solicitada a leitura das orientações, então seguimos para a montagem do aparato experimental com o auxílio e orientação do professor. Nos passos seguintes também houve um maior acompanhamento por parte do professor, na coleta de dados para que os mesmos fossem feitos com maior precisão. Na etapa dos cálculos, construção dos gráficos, conclusão e finalização das atividades investigativas os alunos seguiram com maior autonomia.

O produto educacional proposto foi aplicado na escola SESI, situada na cidade de Paulista – PE, nas turmas do segundo ano do ensino médio, onde os

conteúdos trabalhados de energia mecânica, cinética, potencial gravitacional e elástica, já haviam sido abordados. As atividades seguiram uma proposta voluntária, onde não seria atribuído notas referentes a sua realização. As aplicações foram realizadas em grupos de dois alunos, sendo sete duplas na aplicação piloto e cinco duplas na segunda aplicação.

Na aplicação piloto algumas atividades foram descartadas, pois haviam cópias de resultados ou grupos que fizeram uma única medição e repetiram a mesma medida. Alguns não realizaram a atividade na íntegra, copiaram dados cálculos, gráficos ou conclusão. O propósito da realização de atividades experimentais é aprender e desenvolver, observar a aplicabilidade da teoria proposta nos livros e desenvolver habilidades críticas, ao copiar, o aluno não realiza essa construção e ainda prejudica o resultado final do nosso experimento.

Em ambas as aplicações, foi solicitado aos alunos que as construções finais, gráficos e o texto de conclusão fossem realizados exclusivamente por eles, onde poderiam utilizar suas palavras sem que pesquisem em qualquer tipo de mídia. Os grupos não deveriam olhar as respostas dos demais para evitar que haja interferências nas respostas de cada grupo individualmente.

4.1 APLICAÇÃO

Seguem registros da aplicação do produto educacional desenvolvido, aplicado nas turmas do segundo ano do ensino médio com grupos de dois alunos. Foram trabalhadas cinco duplas, os registros contidos neste capítulo são do material desenvolvido por uma das duplas.

Houve um acompanhamento próximo do professor buscando a montagem adequada do aparato experimental e uma coleta de dados mais precisa. Porém, ainda assim, seguiu-se uma atividade investigativa tipo Laboratório Aberto, com grau de liberdade II, segundo o Quadro 3 (seção 2.2.4). Já que a elaboração do problema, hipóteses e plano de trabalho foram construções elaboradas pelo professor, a coleta de dados e conclusão da atividade são tarefas realizadas pelos alunos.

Experimento 1

As alturas alcançadas pelo carrinho *hot wheels*, dados coletados pelos alunos no experimento do carrinho *hot wheels* em pista formato U, encontram-se na Figura 30.

Figura 30 – Tabela preenchida pelos alunos com os dados obtidos no experimento 1

Lançamento	32,5 cm	35 cm	37,5 cm	40 cm
h1	23	23	26,5	26
h2	23	24	25	26
h3	23	24	25	27
h4	23	25	26	30
h5	22	25	25	29
Média	22,8	24,2	25,5	27,6

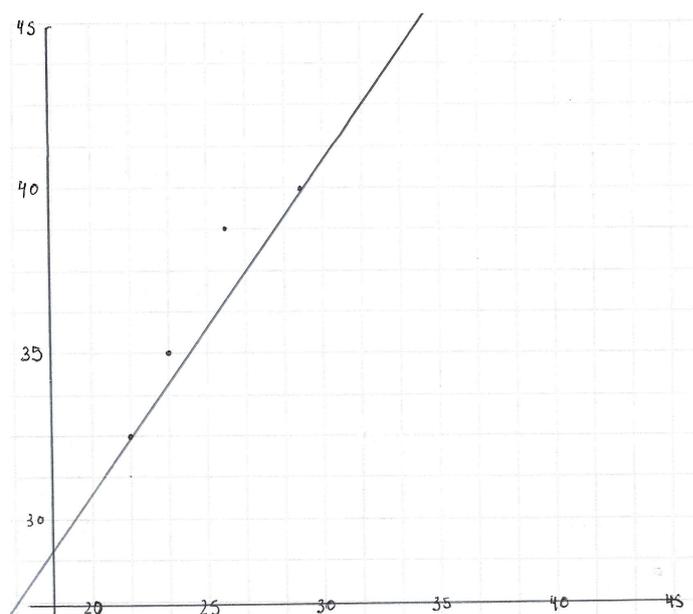
Fonte: A autora, 2023.

Figura 31 traz o gráfico construído pelos alunos, ($h_i \times h_f$) referente ao experimento 1

h_i - altura inicial

h_f - final do

Figura 31 – Gráfico construídos pelos alunos (hi X hf) experimento 1



Fonte: A autora, 2023.

Figura 32 – Comentários dos alunos sobre o experimento 1

Nosso objetivo foi medir até onde o carrinho ia em uma subida, apenas com o impulso de uma rampa, o carrinho acaba não subindo metade da rampa, pois não tem força suficiente.
Medimos até onde o carrinho subiu, tiramos a média e fizemos um gráfico

Fonte: A autora, 2023.

Transcrição dos comentários do grupo (Figura 32)

“Nosso objetivo foi medir até onde o carrinho ia em uma subida, apenas com o impulso de uma rampa, o carrinho acaba não subindo metade da rampa, pois não tem força suficiente.

Medimos até onde o carrinho subiu, tiramos a média e fizemos um gráfico.”

Nesta atividade, foi possível perceber que os alunos observam as variações que ocorrem em cada uma das vezes que o carrinho é solto causando, assim, alterações nos resultados diferente dos esperados de acordo com a teoria.

Experimento 2

O experimento 2 envolve colisões, especificamente para esta situação, envolvemos colisões parcialmente elásticas, além também de dissipação de energia mecânica. Os livros didáticos na sua grande maioria relatam com maior ênfase as colisões perfeitamente elásticas.

Nas Figuras 33, 34, 35 e 36 seguem os registros de coleta de dados, gráfico, cálculos e conclusão com suas observações a respeito do comportamento da bolinha nas atividades realizadas.

Figura 33 – Tabela dados coletados experimento 2

Lançamento	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
h1	0,31	0,63	1,02	1,5	2,57
h2	0,35	0,70	1,22	1,22	2,46
h3	0,48	0,72	1,00	1,24	2,63
h4	0,33	0,67	0,95	1,30	2,60
h5	0,24	0,60	1,20	2,29	2,76
Média	0,282	0,66	0,978	1,28	2,604
V ao tocar o chão	3,26	4,47	5,47	6,32	7,07
Energia dissipada	0,178	0,84	1,07	1,27	2,42
V após colisão	2,36	3,63	4,40	5,05	5,65

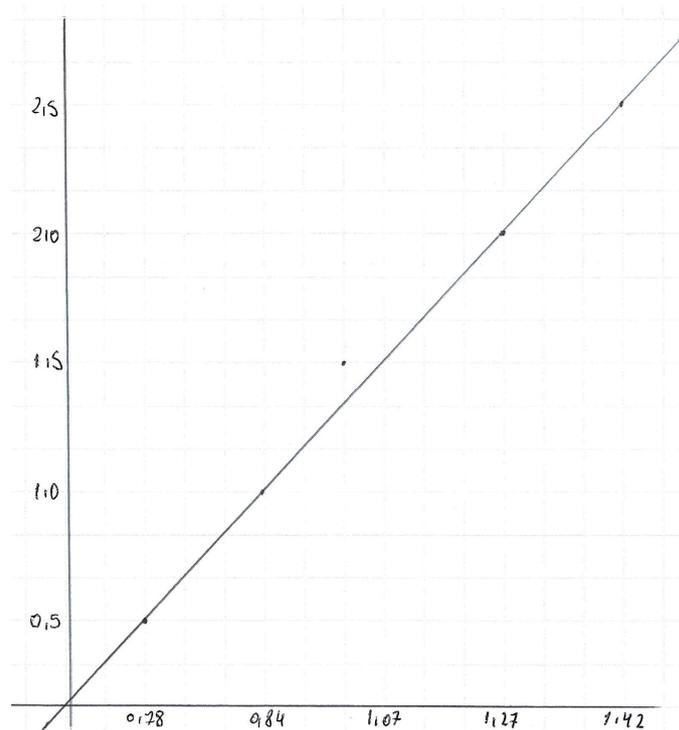
Fonte: A autora, 2023.

Figura 34 – Cálculos realizados pelos alunos para determinar velocidades inicial e final experimento 2

3	$V_i = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,5}$ $V_i = \sqrt{10}$ $V_i \approx 3,16$	2	$V_i = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1}$ $V_i = \sqrt{20}$ $V_i \approx 4,47$	3	$V_i = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1,5}$ $V_i = \sqrt{30}$ $V_i \approx 5,47$	4	$V_i = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2}$ $V_i = \sqrt{40}$ $V_i \approx 6,32$	5	$V_i = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,5}$ $V_i = \sqrt{50}$ $V_i \approx 7,07$	
1	$V_F = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,28}$ $V_F = \sqrt{5,6}$ $V_F \approx 2,36$	2	$V_F = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,68}$ $V_F = \sqrt{13,7}$ $V_F \approx 3,69$	3	$V_F = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,97}$ $V_F = \sqrt{19,4}$ $V_F \approx 4,40$	4	$V_F = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1,28}$ $V_F = \sqrt{25,6}$ $V_F \approx 5,05$			
5		$V_F = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,60}$ $V_F = \sqrt{52}$ $V_F \approx 5,65$								
1	2	3	4	5						

Fonte: A autora, 2023.

Figura 35 – Gráfico construídos pelos alunos (hi X hf) experimento 2



Fonte: A autora, 2023.

Figura 36 – Comentários dos alunos sobre o experimento

Vimos a altura que a bolinha alcançava depois de ricochetear no chão, após cair de determinada altura.
Fizemos os cálculos para ver a velocidade da bolinha e construímos um gráfico.

Fonte: A autora, 2023.

Transcrição dos comentários do grupo (Figura 36)

“Vimos a altura que a bolinha alcançava depois de ricochetear no chão, após cair de determinada altura.

Fizemos os cálculos para ver a velocidade da bolinha e construímos um gráfico.”

Neste experimento, os alunos observaram de forma significativa a dissipação de energia mecânica, não houve comentários sobre colisões, conteúdo pouco observado pelos alunos, por também ser menos trabalhado do que energia mecânica e suas transformações.

Experimento 3

No experimento 3 a proposta é determinar a constante da mola através da conservação de energia mecânica e sua transformação de potencial elástica passando por cinética e, por fim, em potencial gravitacional.

Segue registro da tabela de coleta de dados um dos grupos Figura 37.

Figura 37 – Tabela dados coletados experimento 3

Compressão da mola (x)	0,05 m	0,06 m	0,07 m	0,09 m
h1 (m)	10	15	15	25
h2 (m)	10	10	20	30
h3 (m)	10	25	15	25
h4 (m)	10	15	20	30
h5 (m)	10	15	20	40
Média (m)	10	24	18	30
Constante da mola (k) N/m	$2,64 \cdot 10^{-4}$	$2,56 \cdot 10^{-4}$	$2,42 \cdot 10^{-4}$	$2,44 \cdot 10^{-4}$

Fonte: A autora, 2023.

Registro dos cálculos desenvolvidos pelos alunos para determinar a constante da mola, Figura 38

Figura 38 – Cálculos para determinar constante da mola, experimento 3

$$\frac{2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 \cdot 10}{0,05^2} = \frac{2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{0,0025} = 93,2$$

$$k = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{x^2}$$

$$2,64 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 0,024 \cdot 10}{0,06^2} = \frac{2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 0,24}{0,0036} = 61,9$$

$$5,4 \cdot 10^{-3}$$

$$2,56 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 0,018 \cdot 10}{0,07^2} = \frac{2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 0,18}{0,0049} = 84,5$$

$$7,4 \cdot 10^{-3}$$

$$2,42 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 0,030 \cdot 10}{0,09} = \frac{2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3}{0,09} = 7,77$$

$$2,44 \cdot 10^{-4}$$

Fonte: A autora, 2023.

Conclusão dos alunos sobre a atividade realizada na Figura 39

Figura 39 – Comentários dos alunos sobre o experimento 3

Basicamente calculamos a constante, o carro por ser feito de um material leve e suas rodas serem extremamente lisas entrando em contato com a madeira vai interferir no quão longe o carro vai por conta do atrito.

na teoria a constante deveria ser a mesma mais na prática por diversas variações como a última coluna que passou de 20 a 30 cm que vai interferir diretamente no valor.

Fonte: A autora, 2023.

Transcrição dos comentários do grupo (Figura 39)

“Basicamente calculamos a constante, o carro por ser feito de um material leve e suas rodas serem extremamente lisas entrando em contato com a madeira vai interferir no quão longe o carro vai por conta do atrito.

A teoria a constante deveria ser a mesma mas, na prática por diversas variações a última coluna que passou de 20 a 30 cm que vai interferir diretamente no valor”

Nossos alunos conseguiram observar a influência de variáveis como fatores externos que interferem e alteram o resultado final do experimento. Algo que confirma a teoria, porém, precisa ser levado em consideração quando se trata de experimentos mais específicos e detalhados.

Experimento 4

No experimento 4, a proposta é determinar a constante da mola utilizando uma pistola de brinquedo com dardo de ventosa, através da conservação de energia mecânica e sua transformação de potencial elástica passando por cinética e, por fim, em potencial gravitacional.

Na Figura 40, segue a tabela com o registro dos dados coletados e o resultado do valor calculado para k (constante da mola da pistola).

Figura 40 – Tabela dados coletados pelos alunos no experimento 4

h1	150
h2	40
h3	45
h4	107
h5	110
Média	95,4
Constante da mola (k)	

Fonte: A autora, 2023.

Figura 41 - registro dos cálculos desenvolvidos pelos alunos para determinar a constante da mola, referente ao experimento 4.

Figura 41 – Cálculos para determinar constante da mola experimento 4.

Massa do dardo = 19 Deformação da mola (X = 0,02)

$$\frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,95}{0,02^2} = 4,75$$

Fonte: A autora, 2023.

Conclusão dos alunos sobre a atividade realizada na Figura 42

Figura 42 – Comentários dos alunos sobre o experimento 4

de acordo com que observamos ocorreram muitas variações, tanto pelo posicionamento do projétil, como a curvatura do arranjo, a inclinação do mesmo, em alguns disparos o projétil atingiu 150 e em alguns apenas 40

Fonte: A autora, 2023.

Transcrição dos comentários do grupo (Figura 42)

“de acordo com o que observamos ocorreram muitas variações, tanto pelo posicionamento do projétil, como a curvatura do arranjo, a inclinação do mesmo, em alguns disparos o projétil atingiu 150 cm e em alguns apenas 40 cm.”

Neste grupo, houve uma maior observação e descrição da atividade realizada do que uma conclusão sobre os conteúdos teóricos e a aplicação prática.

Experimento 5

A atividade experimental 5 tem como finalidade observar a energia armazenada na mola do carrinho e sua transformação de (Potencial elástica → Cinética → Potencial gravitacional).

Figura 43 com valores coletados das alturas alcançadas pelo carrinho na rampa.

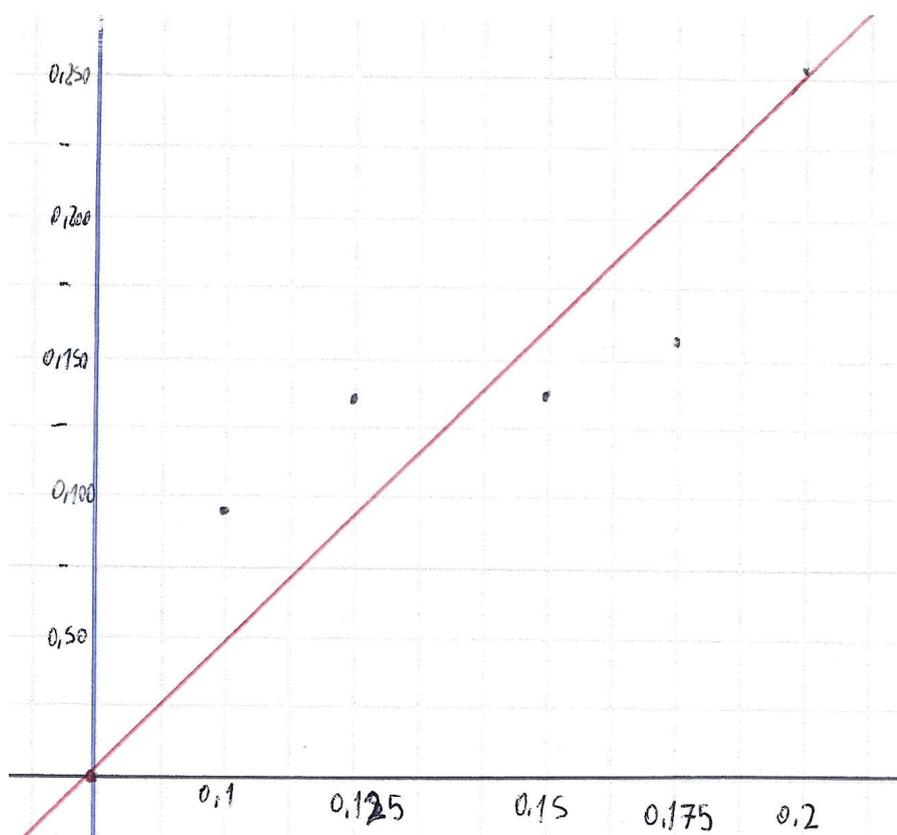
Figura 43 – Tabela dados coletados experimento 5

Deformação X (m)	0,1 m	0,125 m	0,15 m	0,175 m	0,2 m
h1 (m)	15	35	25	40	45
h2 (m)	30	25	50	55	40
h3 (m)	25	35	30	25	90
h4 (m)	17	30	30	30	60
h5 (m)	35	35	35	37	90
Média (m)	0,94	0,132	0,232	0,157	0,253

Fonte: A autora, 2023.

Na Figura 44 temos o gráfico altura x deformação

Figura 44 – Gráfico construídos pelos alunos (Def X h) experimento 5



Fonte: A autora, 2023.

Conclusão dos alunos sobre a atividade aplicada, Figura 45

Figura 45 – Comentários dos alunos sobre o experimento 5

de acordo com aquilo que foi proposto percebemos que o carro ele tinha diversas variações por conta do terreno, no caso a madeira que por não ser igual em alguns pontos o carro ia de 15 a 90 por conta que em algum lugar o carro emperrava e em outros ele ia sem intervenções.

Fonte: A autora, 2023.

Transcrição dos comentários do grupo (Figura 45)

“De acordo com o que foi proposto, percebemos que o carro ele tinha diversas variações por conta do terreno, no caso a madeira que por não ser igual alguns pontos o carro ia de 15 cm a 90 cm por conta que em algum lugar o carro emperrava e em outros ele ia sem intervenções.”

Neste grupo houve uma boa percepção sobre uma energia em potencial e como ela é transformada de uma forma para outra.

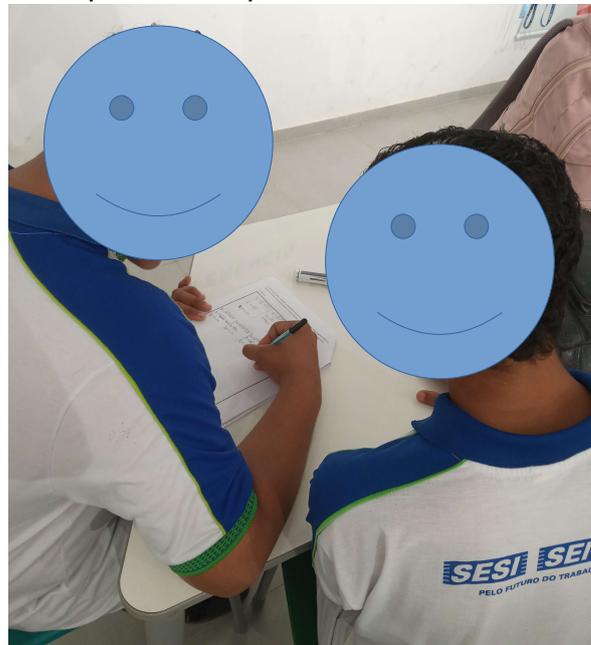
Registros das aplicações: Fotos dos alunos realizando as atividades.

Figura 46 – Realização atividade experimental pelos alunos



Fonte: A autora, 2023.

Figura 47 – Realização atividade experimental pelos alunos



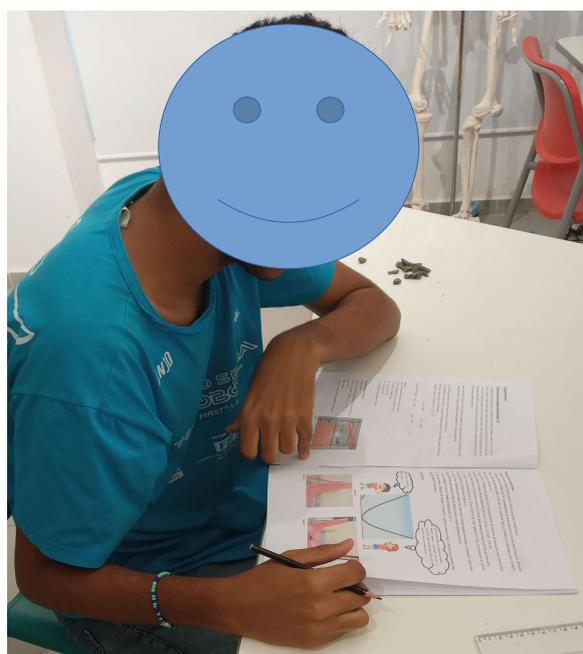
Fonte: A autora, 2023.

Figura 48 – Realização atividade experimental pelos alunos



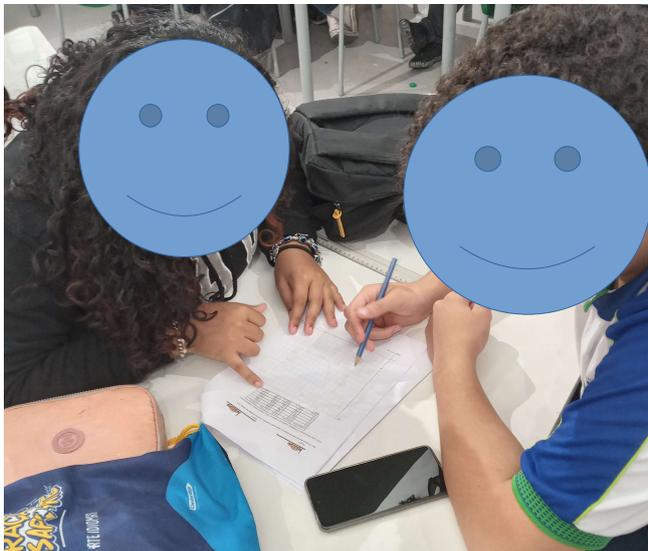
Fonte: A autora, 2023.

Figura 49 – Realização atividade experimental pelos alunos



Fonte: A autora, 2023.

Figura 50 – Realização atividade experimental pelos alunos



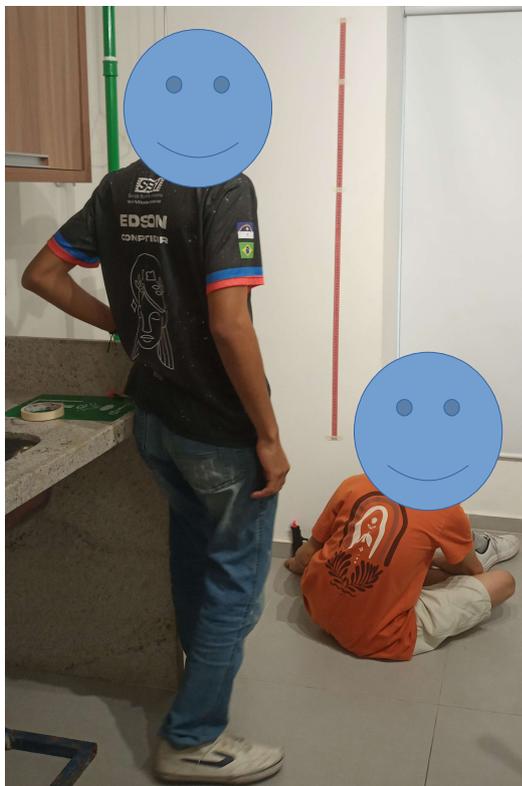
Fonte: A autora, 2023.

Figura 51 – Realização atividade experimental pelos alunos



Fonte: A autora, 2023.

Figura 52 – Realização atividade experimental pelos alunos



Fonte: A autora, 2023.

Figura 53 – Realização atividade experimental pelos alunos



Fonte: A autora, 2023.

4.2 COMENTÁRIOS

No geral, os grupos realizaram satisfatoriamente todos os experimentos propostos segundo uma perspectiva de uma atividade investigativa num modelo de laboratório aberto, houve um bom envolvimento de todos, já que a montagem dos grupos foi feita pelos próprios alunos.

Na atividade investigativa trabalhada, seguindo o quadro 3, proposto por Carvalho 2012, com grau de liberdade II, onde os alunos realizaram a coleta de dados e as conclusões. Os Campos Conceituais de Vergnaud 1983, são compostos por quatro elementos fundamentais (Situação, Conceito, Esquema e Invariáveis operatórias) os mesmos foram observados no desenvolvimento deste trabalho quando:

- Situação: Descrição do que deve ser determinado ou observado em cada uma das cinco atividades experimentais trabalhadas, ou ainda podemos chamar de atividades investigativas pois cada uma traz algo a ser resolvido através de um processo investigativo.
- Conceito: Quais conceitos trabalhados naquele problema específico, sabemos que em todos se aborda Energia mecânica, porém pode ser observado que isso ocorre de forma diferenciada em cada uma das atividades propostas no trabalho apresentado.
- Esquemas: As orientações detalhadas no material desenvolvido, onde há um passo a passo para solucionar a investigação proposta. Montagem do aparato onde os dados devem ser coletados, organização dos cálculos e todas as orientações que guiam a atividade investigativa proposta.
- Invariantes operatórias: Como os conceitos devem ser utilizados em cada uma das situações propostas, o que de fato é fundamental na resolução do problema, atividade investigativa.

Muitos alunos demonstram interesse em realizar a montagem do aparato e coleta de dados, porém não tem muito interesse ou habilidade nos cálculos, montagem dos gráficos e conclusão da atividade.

Foi proposta a construção dos gráficos em aplicativos tipo "Origin 9.0" ou similares, porém houve uma preferência pela construção em papel milimetrado o que foi realizado sem muitas dificuldades.

Alguns alunos ao final das atividades comentaram que acharam muito mais “Legal” e significativo estudar física neste formato, o que trouxe para os mesmos uma melhor compreensão dos conteúdos abordados, como estes se aplicam em nosso mundo real e como variáveis até então despercebidas pelos alunos, como por exemplo, atrito e resistência do ar precisam ser considerados para um resultado mais preciso.

Questionamentos por parte dos alunos porque não há mais momentos como este durante as aulas. Da nossa parte professores, alguns pontos complicadores para uma maior incidência de atividades práticas é o quantitativo de alunos em sala de aula, algo que dificulta um acompanhamento mais próximo do professor durante a realização das atividades, a baixa carga horária da disciplina e a grande carga de conteúdos do Ensino Médio.

Os alunos desenvolveram satisfatoriamente as atividades e ao final discutimos a utilização dos conceitos físicos em aplicações simples e de nosso dia a dia. Percebemos interesse em alguns alunos que no geral não tem bom desempenho na disciplina pois conseguiram perceber aplicabilidade para as teorias estudadas até então nos livros. As meninas em sua maioria demonstraram um menor interesse em participar das atividades experimentais propostas, porém algumas também fizeram parte da pesquisa proposta.

A utilização de brinquedos em atividades experimentais, é algo que reduz os custos. Porém, por não serem materiais de grande precisão, não há exatidão nos resultados finais. Contudo, podemos perceber tendências aos resultados propostos nos livros didáticos, no entanto sem valores exatos. Isso demanda um acompanhamento mais próximo do professor, durante a execução dos experimentos, tentando despertar no aluno a sensibilidade de perceber que apesar da divergência entre o resultado numérico final experimental e os resultados propostos nos livros didáticos. Os quais são exatos, porém há uma proximidade, ou seja, uma tendência o que leva a uma confirmação da teoria abordada.

CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O fascínio pelos brinquedos transpassa as fronteiras da idade e faz com que crianças e adultos sigam gostando, adquirindo e utilizando brinquedos para variados fins. Isso despertou o interesse em utilizá-los de forma prática para demonstrar alguns conteúdos físicos. Vários estudos mostram que a utilização de atividades lúdicas com materiais simples despertam o interesse dos alunos.

As atividades foram baseadas nos Campos Conceituais de Vergnaud, seguindo um modelo de atividade investigativa tipo Laboratório Aberto grau de liberdade II. Onde o aluno realiza a obtenção dos dados e a conclusão da atividade desenvolvida, estas atividades demonstradas em nossa pesquisa nos levou a comprovação da importância em trabalhar atividades diferenciadas para melhorar o interesse na disciplina muitas vezes rotulada com difícil e complexa, isso torna-se evidente ao final da atividade.

Este trabalho propõe a transformação de atividades experimentais utilizando brinquedos simples e de baixo custo em atividades investigativas do tipo “Laboratório Aberto”, onde os elementos do campo conceitual de Vergnaud são pode ser trabalhados, dando assim autonomia e criatividade aos alunos onde a intervenção do professor deve ser a mínima possível.

A utilização de pequenos grupos, baseada na teoria do sociointeracionista de Vygotsky, onde o trabalhar em grupo enriquece o trabalho, onde um auxilia o outro cada um com sua habilidade e particularidades. Pode-se observar um bom envolvimento dos alunos nas atividades apesar das dificuldades apresentadas inicialmente para montagem dos aparatos e realização dos cálculos. Evidenciando a teoria sociointeracionista, observa-se o papel fundamental do professor como mediador do processo de ensino e aprendizagem. Aquele que auxilia o aluno a observar a que a variação entre o resultado esperado e o real deve-se ao fato da imprecisão do material utilizado, perceber que algumas variáveis desconsideradas no livro, não podem ser totalmente desprezadas no experimento real. Isso somado ao conhecimento prévio do aluno o ajudar a alcançar a zona de desenvolvimento em potencial.

“...se deve estudar Física para tentar compreender melhor o mundo em que vivemos e no qual os problemas reais são aqueles oferecidos pela realidade, pela Natureza. E esses desafios que encontramos a cada passo e instante...”

(Medeiros, 2005 pg. 301)

Levar à frente a difícil missão de implementar e abranger propostas de atividades lúdicas, explanando diversos conteúdos físicos. Utilizando não apenas brinquedos, mas materiais diversificados que sejam acessíveis aos alunos e de baixo custo. Apesar de ter conhecimento das dificuldades enfrentadas.

Para a construção de um conhecimento bem fundamentado, e que leve o aluno a questionar e pensar sobre e questionar. É necessário ir além das páginas dos livros e auxiliar nossos alunos a viajarem compreendendo como conteúdos podem ser utilizados em seu convívio dando significado ao conhecimento construído dentro ou fora da sala de aula.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176 – 194, jun. 2003.

CARVALHO A. M. P. (org.), **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática Ed. 1º** São Paulo: Editora Cengage Learning 2004.

CARVALHO A. M. P., **Os estágios nos cursos de licenciatura Ed. 1º.** São Paulo: Editora Cengage Learning 2012.

CARVALHO A. M. P., **Ensino de física Ed. 1º.** São Paulo: Editora Cengage Learning 2010.

CARVALHO A. M. P. (org.), **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula Ed. 1º.** São Paulo: Editora Cengage Learning 2013.

DALLABONA, S. R.; MENDES, S. M. S. **O lúdico na educação infantil: jogar, brincar, uma forma de educar.** Revista de divulgação técnico-científica do ICPG, v. 1, n. 4, p. 107–112, 2004.

FREITAS K. E. C. ; TEIXEIRA R. R. P. **Atividades de Divulgação Científica com Ênfase na Experimentação em Física Desenvolvidas em Escolas do Litoral Norte Paulista.** Revista interdisciplinar de extensão Volume 6 N. 11

HALLIDAY D. ; RESNICK R. ; WALKER J. **Fundamentos da física Volume 1 Ed. 6º** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2002.

LABURÚ C. E., **Fundamentos para um experimento cativante.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 3: p. 382-404, dez. 2006.

MEDEIROS A., **Einstein, a física dos brinquedos e o princípio da equivalência.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 22, n. 3: p. 299-315, dez. 2005.

MOREIRA M. A., **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, O ensino de ciências e a pesquisa nesta área.** Investigações em Ensino de Ciências – V7(1), pp. 7-29, 2002.

MOREIRA A. C. L. ; NETO G. C. ; FARIAS D. R. ; **Atividades experimentais abertas com brinquedos como forma de falseamento de modelos teóricos ideais: conservação de energia mecânica?.** Revista do Professor de Física – V6, n.1 p. 78-95, Brasília, 2022.

MOURÃO M. F., **O uso do ensino por investigação como ferramenta didático pedagógica no ensino de física.** Experiências em Ensino de Ciências V.13, N° 5 2018.

MOYSÉS H. N. **Curso de física básica Volume 1 Ed. 4°** São Paulo: Editora Edgard blucher Ltda, 2002.

RAMALHO F. ; NICOLAU G. ; TOLEDO P. A. **Os fundamentos da física Volume 1 Ed. 10°** São Paulo: Moderna, 2009.

LIMA E. A. ; AKURI J. G. M. ; VALIEGO A. **Brincadeira na Educação Infantil: possibilidade de humanização e direito fundamental da criança** ISSN 1980-4512 | v. 20, n. 38 p. 360-374| jul-dez 2018

SILVA H. J., **A relevância do lúdico na educação infantil.** Cad. Bras. Ens. Duas Estradas Paraíba, 2018.

TIPLER P. A. ; MOSCA G. **Física para cientistas e engenheiros Volume 1 Ed. 6°** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

VALADARES E. C. ; **Física mais que divertida Ed. 3°**
Editora: UFMG, 2012

VYGOSTSKY L. S. Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem Volume 1 Ed. 1º São Paulo: Editora Ícone, 2010.

WALKER, J. O circo voador da física Ed. 2º Editora LTC, 2008

Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?>

[option=com_docman&view=download&alias=79601-anexo-texto-bncc-reexportado-pdf-2&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79601-anexo-texto-bncc-reexportado-pdf-2&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192). Acesso em 11 de fev. 2024.

ECA Estatuto da criança e do adolescente Brasília – 2022.

PCN Parâmetros Curriculares Nacionais Brasília - 1998.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM USO DE BRINQUEDOS COM A FINALIDADE DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Carina Cristina Oliveira de Lima
Augusto César de Lima Moreira



É livre a reprodução exclusivamente para fins não comerciais, desde que a fonte seja citada.

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Campus
AGRESTE



PRODUTO EDUCACIONAL

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM USO DE BRINQUEDOS COM A FINALIDADE DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

CARINA CRISTINA OLIVEIRA DE LIMA

Caruaru

2024

APRESENTAÇÃO

Este é um roteiro detalhado de atividades como produto educacional do mestrado nacional profissional em ensino de física (MNPEF) do polo 46 da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) Campo Acadêmico do Agreste (CAA).

Este trabalho propõe atividades experimentais com materiais simples envolvendo transformação de energia mecânica com sistemas conservativos e dissipativos. As atividades sugeridas devem ser desenvolvidas pelos alunos com o acompanhamento do professor apenas como mediador e facilitador de sua execução. Para realização das atividades é necessário conhecimento prévio de alguns tópicos dentre eles lei de Hooke, força de atrito. O eixo principal da atividade encontra-se em sistemas conservativos e dissipativos de energia mecânica e destina-se principalmente para turmas do segundo ano do ensino médio.

São utilizados brinquedos, materiais simples, de baixo custo e fácil acesso. A utilização de brinquedos em experimentos simples tem por objetivo despertar o interesse dos alunos e dos professores em trabalhar determinados conteúdos de forma prática, simples, dinâmica e atrelada ao cotidiano do aluno.

A disciplina de física é vista com extrema complexidade e quase impossível de ser compreendida e aplicada por boa parte dos alunos. Muitos professores têm dificuldade em trabalhar atividades práticas por não dispor de laboratórios equipados nem materiais adequados. A proposta deste produto é mostrar a possibilidade de explorar conteúdos básicos no ensino da física com atividades simples que podem ser realizadas na sala de aula ou mesmo em casa e com materiais baratos e de fácil acesso para todos.

SUMÁRIO

Introdução.....	4
Orientações gerais.....	5
Experimento 1	6
Experimento 2	12
Experimento 3	19
Experimento 4	25
Experimento 5	32
Conclusão	36
Referências.....	37

INTRODUÇÃO

As atividades propostas devem ser realizadas preferencialmente em grupos, podendo ser de três ou quatro alunos, com turmas do segundo ano do ensino médio, podendo ser também trabalhado com turmas do primeiro ano após serem vistos os conteúdos abordados.

Os conteúdos abordados nas atividades propostas são:

Lei de Hooke

Energia mecânica

Energia potencial elástica

Energia potencial gravitacional

Sistema conservativo

Sistema dissipativo

EXPERIMENTO 1

Carrinho *hot wheels* pista com formato U

A energia mecânica trabalhada nesta situação será potencial gravitacional contida no início e ao final do circuito, quando o carrinho atinge altura máxima, neste caso as energias inicial e final serão do mesmo tipo e para um sistema conservativo teriam os mesmos valores. Porém na demonstração proposta pode ser observado um sistema real o que pode levar os alunos a compararem e pesquisem aplicações reais a partir da atividade na prática realizada.

Neste experimento pode ser demonstrada a dissipação de energia mecânica de forma simples e direta apenas através da variação da Energia Potencial gravitacional (variação de altura Δh).

Os conteúdos abordados encontram-se nos livro descrito abaixo:

Os fundamentos da física Volume 1 (Autores: Francisco Ramalho Júnior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares) Editora Moderna

Unidade E, Capítulo 15, Seções 15.1 / 15.2 / 15.3

$$E_{pg_i} = mg h_i \qquad E_{pg_f} = mg h_f$$

Teoricamente temos: $E_{pg_i} = E_{pg_f}$ $mgh_i = mgh_f$ $h_i = h_f$

Sendo:

E_{pg_i} = Energia potencial gravitacional inicial (J)

E_{pg_f} = Energia potencial gravitacional final (J)

m = Massa do carrinho (kg)

h_i = Altura inicial (m)

h_f = Altura final (m)

g = Aceleração da gravidade (10 m/s²)

Material Utilizado (Figura 1)

Pista *hot wheels* (composta por quatro partes cada uma delas com 30 cm)

Carrinho *hot wheels* (massa _____)

Fita métrica

Régua escolar

Celular (filmagem através do aplicativo Vid Analysis - sugestão)

Figura 1 - Material utilizado no experimento 1



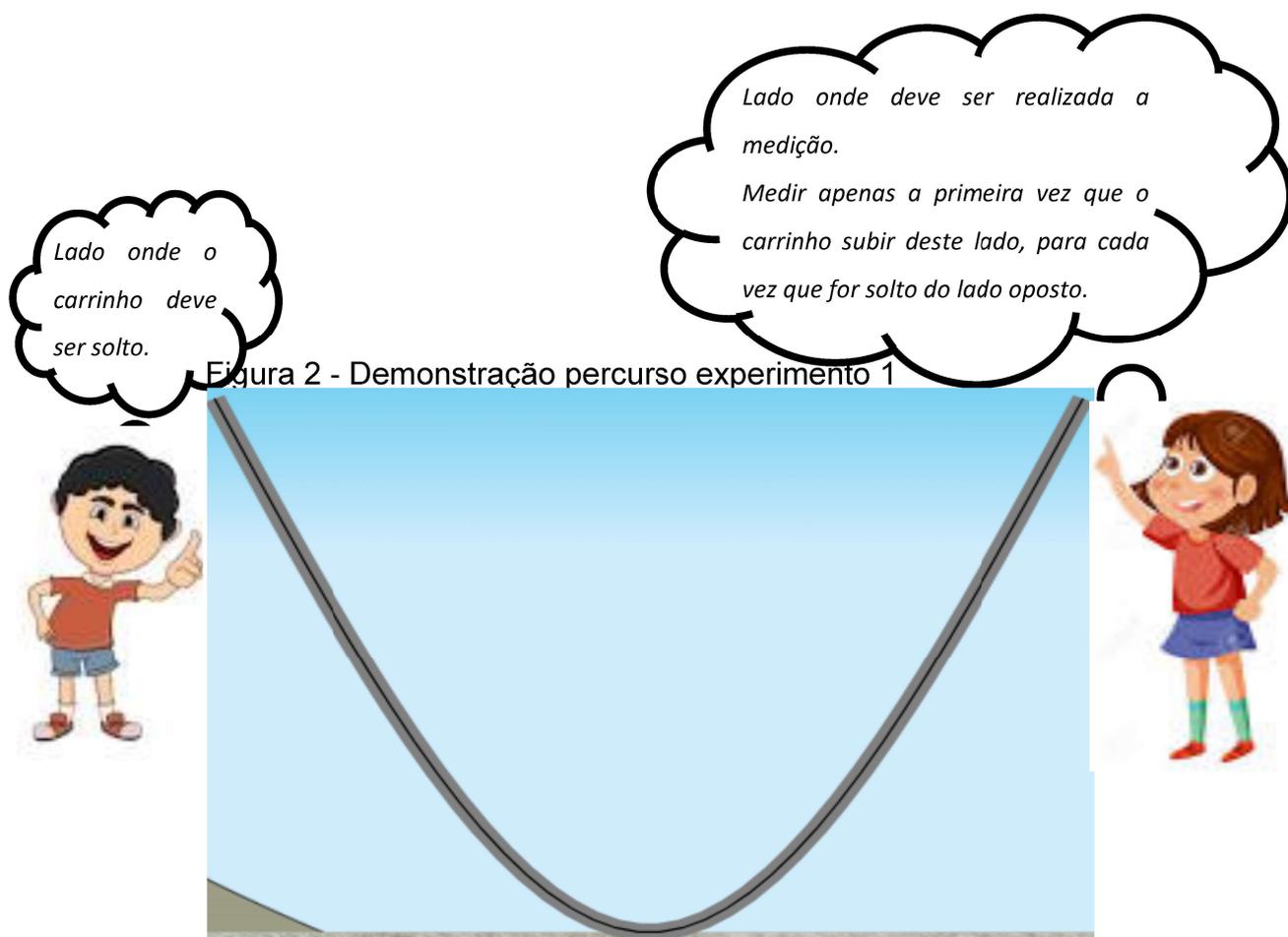
FONTE: O AUTOR (2023)

Procedimento experimental

1. Solicitar que os alunos formem grupos de três ou quatro componentes.
2. Montar a pista em formato de “U”, considerando os dois lados com a mesma altura (Figura 2). Utilizamos mesa infantil invertida para obter o formato “U” conforme figura 3 (podem ser utilizadas outras montagens para conseguir o formato “U”).
3. Marcar com o marcador para quadro em uma das pernas da mesinha as alturas de onde o carrinho deve ser largado (utilizamos quatro alturas diferentes 32,5 cm / 35 cm / 37,5 cm / 40 cm).

4. Prender a fita métrica no lado onde o carrinho subirá (lado oposto de onde o carrinho deve ser solto).
5. Posicionar o celular para gravar a altura máxima do lado oposto ao início do movimento do carrinho. (utilizando aplicativo Vid Analysis - sugestão) (Figura 4)
6. Realizar cinco medições para cada uma das cinco alturas citadas no passo 3, utilizando o celular para realizar as devidas gravações e coleta de dados com a melhor precisão possível.
7. Preencher a tabela 1 com os dados coletados do item 5.

IMPORTANTE:



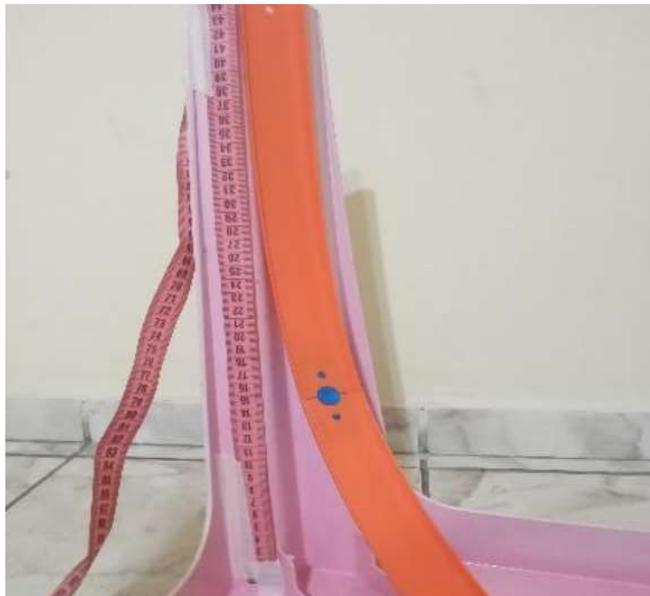
FONTE: <https://phet.colorado.edu/> (acesso 09 de novembro 2023)

Figura 3 - Montagem experimento 1



FONTE: O AUTOR (2023)

Figura 4 - Material utilizado no experimento 1



FONTE: O AUTOR (2023)



Figura 5



Figura 6

Obs.: A medição deve ser realizada sempre do mesmo ponto do carrinho, conforme mostrado nas figuras 5 e 6

Para cada altura serão 5 medições, tirando as médias ao final, preenchendo a tabela abaixo.

Tabela 1 - Altura registrada nas medições do experimento 1

Lançamento	32,5 cm	35 cm	37,5 cm	40 cm
h1				
h2				
h3				
h4				
h5				
Média				

8. Através dos dados obtidos na tabela 1 construir o gráfico (Altura inicial X Altura final) utilizando folha abaixo tipo papel milimetrado.

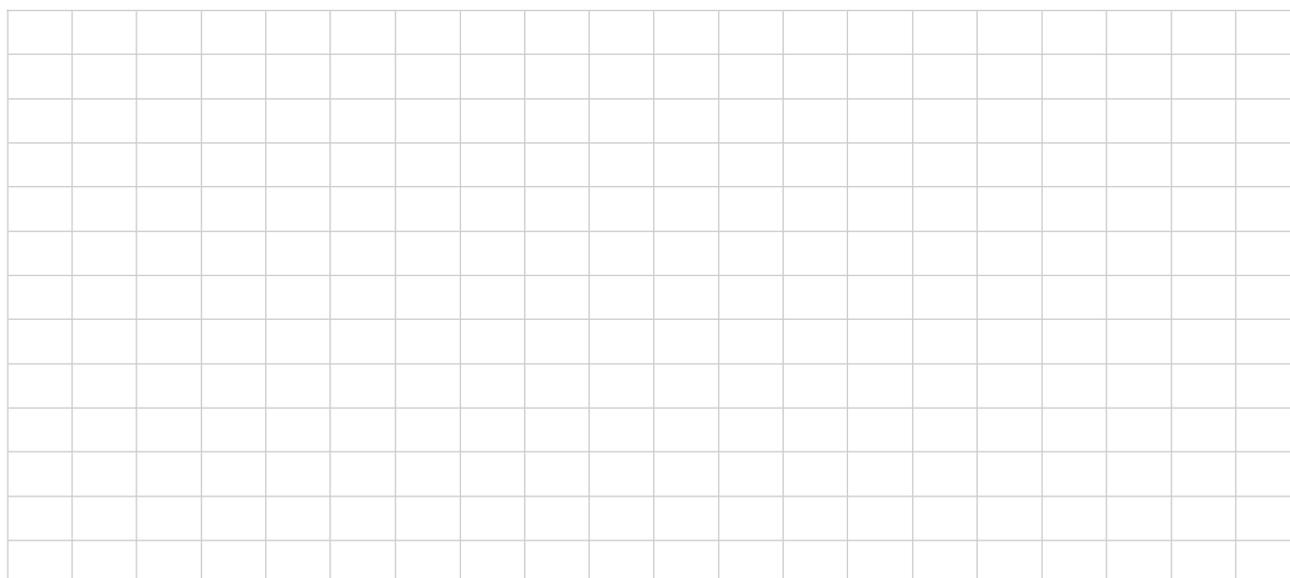


Gráfico 1 (h1 X h2)

9. Observem os resultados encontrados e discutam em seus grupos, a respeito do que traz a teoria na qual a atividade é baseada e o que de fato foi observado na sua realização.

Quais conclusões podem ser trazidas com a realização do experimento.

Analisando o gráfico construído veja se é possível comprovar suas expectativas iniciais da atividade.

Quais variáveis poderiam alterar o resultado final do experimento proposto.

EXPERIMENTO 2

Bolinha pula pula

A energia mecânica trabalhada nesta situação será potencial gravitacional contida no início e ao final da colisão da bolinha com o chão, quando esta retorna e atinge altura máxima, após a colisão. Neste caso as energias inicial e final serão do mesmo tipo e para um sistema conservativo teriam teoricamente os mesmos valores. Porém na demonstração proposta pode ser observado um sistema real.

Com a utilização deste experimento é possível demonstrar a dissipação de energia mecânica, e o tipo de colisão que ocorre com a bolinha ao tocar o chão.

Determinar a velocidade da bolinha imediatamente antes de tocar p chão e imediatamente após tocar o chão. Considerando a colisão perfeitamente elástica e a transformação de energia (Potencial gravitacional - Cinética). Comparando as alturas inicial e final determinar o valor da energia dissipada.

Os conteúdos abordados encontram-se no livro descrito abaixo:

Os fundamentos da física Volume 1 (Autores: Francisco Ramalho Júnior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares) Editora Moderna

Unidade E: Capítulo 15, Seções 15.1 / 15.2 / 15.3 e Capítulo 16, Seção 16.5

Calculando v_i

$$E_{p g_i} = m g h_i \rightarrow E_{c_i} = \frac{m \cdot v_i^2}{2} \rightarrow E_{p g_i} = E_{c_i} \rightarrow m g h_i = \frac{m \cdot v_i^2}{2}$$

$$\rightarrow v_i^2 = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h_i}{m} \rightarrow v_i = \sqrt{2 g h_i}$$

Calculando v_f

$$E_{p g_f} = m g h_f \rightarrow E_{c_f} = \frac{m \cdot v_f^2}{2} \rightarrow E_{p g_f} = E_{c_f} \rightarrow m g h_f = \frac{m \cdot v_f^2}{2}$$

$$\rightarrow v_f^2 = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h_f}{m} \rightarrow v_f = \sqrt{2 g h_f}$$

Sendo:

E_{pgi} = Energia potencial gravitacional inicial (J)

E_{pgf} = Energia potencial gravitacional final (J)

E_{ci} = Energia cinética inicial (J)

E_{cf} = Energia cinética final (J)

m = Massa da bolinha (kg)

h_i = Altura inicial (m)

h_f = Altura final (m)

g = Aceleração da gravidade (10 m/s²)

v_i = Velocidade inicial (m/s)

v_f = Velocidade final (m/s)

Material Utilizado (Figura 7)

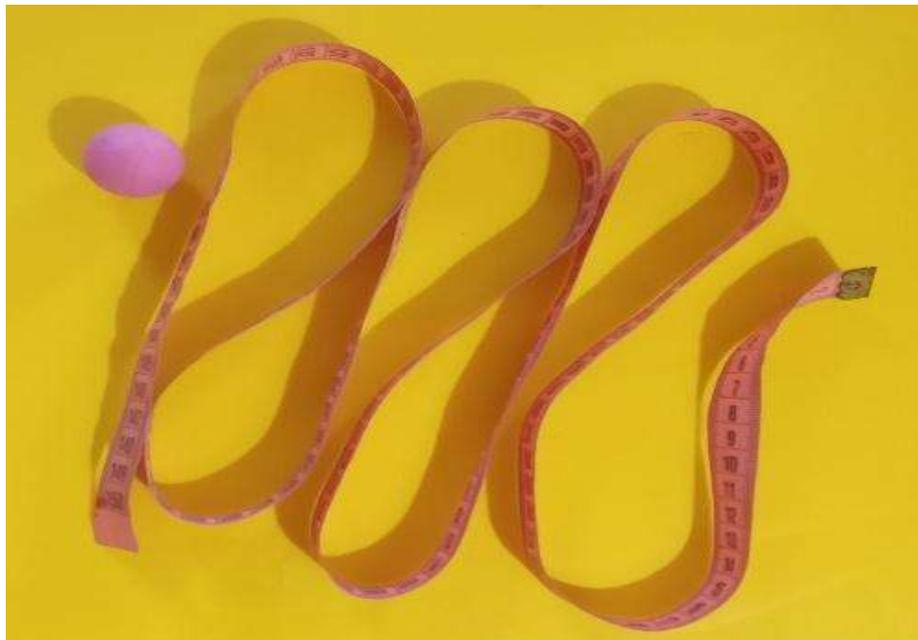
Bolinha plástica (pula pula)

Fita métrica

Celular (filmagem através do aplicativo Vid Analysis - sugestão)

Balança

Figura 7 - Material utilizado no experimento 2



FONTE: O AUTOR (2023)

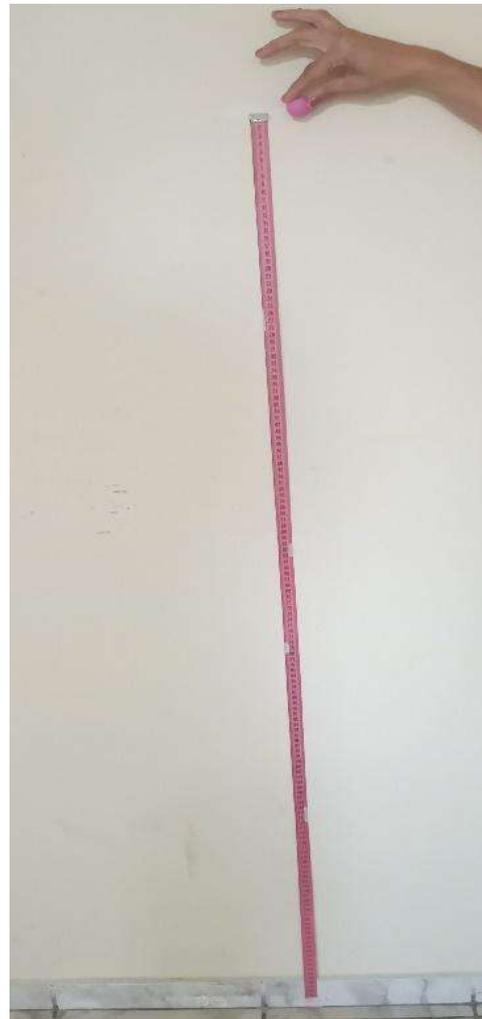
Procedimento experimental

1. Fixa a fita métrica na parede com fita adesiva para verificação das alturas (inicial e final)
2. Posicionar celular para gravar (utilizamos aplicativo Vid Analysis - sugestão) altura máxima alcançada pela bolinha após tocar o chão, considerar uma colisão por vez. (Figura 8)
3. Soltar a bolinha cinco vezes para cada uma das alturas (utilizamos cinco alturas diferentes 0,5 m / 1,0 m / 1,5 m / 2,0 m / 2,5 m), fazendo as devidas coleta de dados.



Realizar apenas uma única medição para cada vez que a bolinha for solta. Considerando apenas uma colisão para Cada vez que soltarmos a bolinha.

Figura 8 - Montagem experimento 2



FONTE: O AUTOR (2023)

4. Preencher a tabela 2 com os dados coletados do item 3.

Para cada altura serão cinco lançamentos, tirando as médias, preenchendo a tabela abaixo.

Tabela 2 - Altura registrada nas medições do experimento 2

Lançamento	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
h1					
h2					
h3					
h4					
h5					
Média					
V ao tocar o chão					
Energia dissipada					
V após colisão					

5. Através dos dados coletados no experimento determinamos as velocidades antes e após a colisão da bolinha com o solo, determinando assim a Energia dissipada, utilizando as equações relacionadas acima.

6. Cálculos:

A large, empty rectangular box with a black border, intended for the student to perform calculations. The box is vertically oriented and occupies most of the page's width and height.

7. Através dos dados obtidos construir o gráfico (Altura X Energia dissipada) utilizando folha abaixo tipo papel milimetrado.

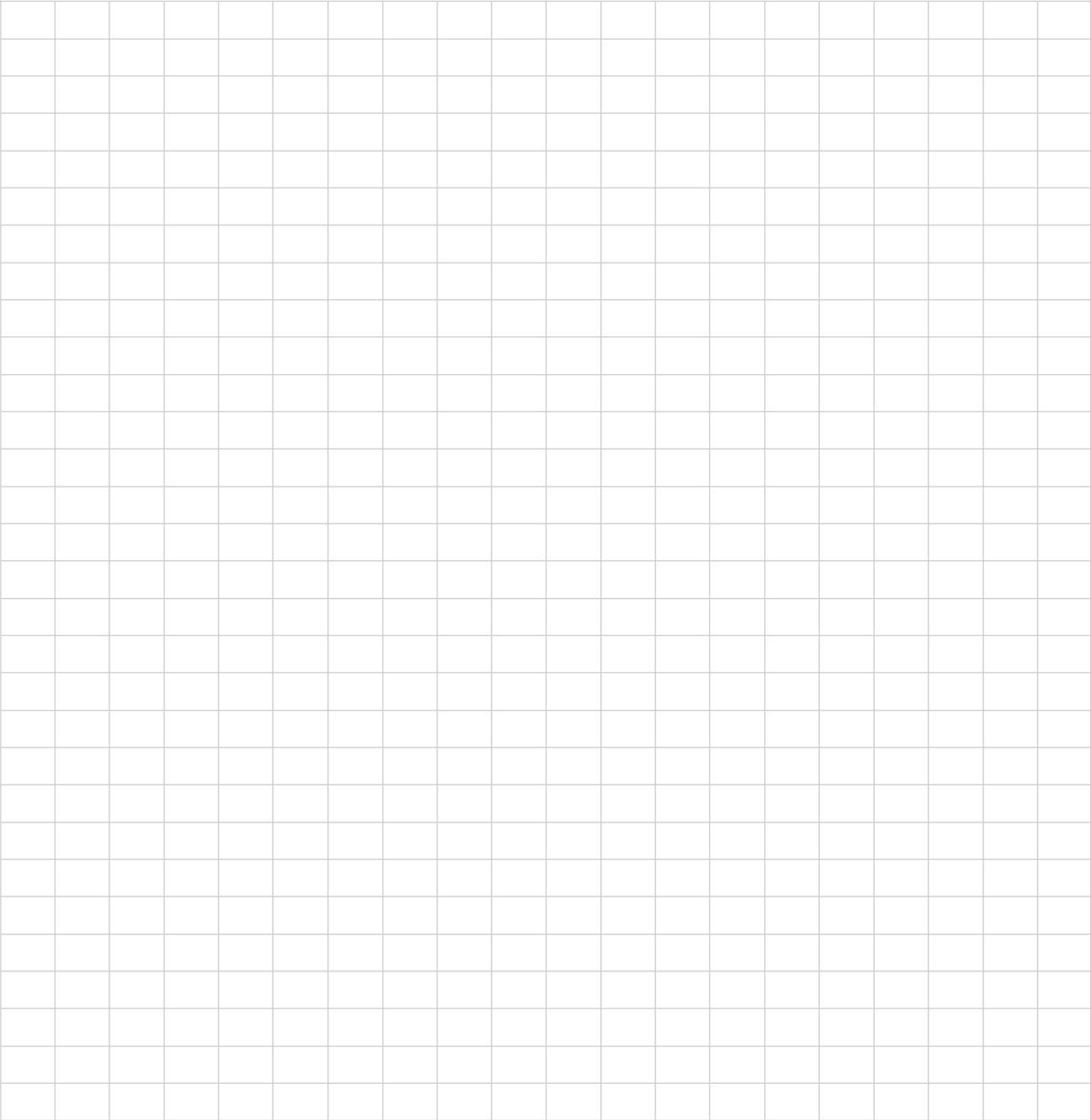


Gráfico 2 (h X Ed)

EXPERIMENTO 3

Compressão mola X altura (Carrinho na rampa)

As energias trabalhadas nesta situação serão potencial elástica, cinética e potencial gravitacional. A potencial elástica contida inicialmente na mola ao ser comprimida pelo carrinho será convertida em cinética e logo após potencial gravitacional com a altura final alcançada pelo carrinho ao subir a rampa, considerando para isso nosso sistema conservativo.

Com a utilização deste experimento é possível determinar em um valor aproximado a constante da mola.

Os conteúdos abordados encontram-se no livro descrito abaixo:

Os fundamentos da física Volume 1 (Autores: Francisco Ramalho Júnior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares) Editora Moderna

Unidade E: Capítulo 15, Seções 15.1 / 15.2 / 15.3

Calculando k

$$E_{pe} = \frac{k \cdot x^2}{2} \quad E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad E_{pg} = mgh$$

$$E_{pe} = E_c = E_{pg} \quad \rightarrow \quad E_{pe} = E_{pg} \quad \rightarrow \quad \frac{k \cdot x^2}{2} = mgh \quad \rightarrow \quad k = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{x^2}$$

Sendo:

E_{pg} = Energia potencial gravitacional (J)

E_{pe} = Energia potencial elástica (J)

E_{ci} = Energia cinética (J)

k = Constante da mola (N/m)

x = Deformação da mola (m)

m = Massa do carrinho (kg)

h = Altura (m)

g = Aceleração da gravidade (10 m/s²)

Material Utilizado (Figura 10)

Rampa de madeira (Plano inclinado)

Fita métrica

Fita adesiva

Régua

Balança

Mola plástica (tipo mola de caderno)

Carrinho plástico de brinquedo

Caixa de creme dental

Celular (filmagem através do aplicativo Vid Analysis - sugestão)

Figura 10 - Material utilizado no experimento 3



FONTE: O AUTOR (2023)

Procedimento experimental

1. Sugerir que os alunos formem grupos de dois ou três componentes, solicitar que os alunos realizem a atividade descrita nos passos abaixo.
2. Prender a caixa de creme dental usando fita adesiva na rampa com a mola dentro conforme (Figura 11)

Figura 11 - Montagem experimento 3



FONTE: O AUTOR (2023)

Obs.: A medição deve ser realizada sempre do mesmo ponto do carrinho, conforme mostrado nas figuras 5 e 6

3. Utilizar régua ou fita métrica para marcar os pontos de deformação da mola utilizamos as seguintes deformações 5 cm, 6 cm, 7 cm e 9 cm. (Figura 12)

Figura 12 - Montagem experimento 3



FONTE: O AUTOR (2023)

4. Verificar a massa do carrinho, utilizando a balança.
5. Puxe o carrinho comprimindo a mola, para cada uma das marcações de compressão da mola realizar cinco lançamentos (utilizamos quatro compressões diferentes), utilizando o celular para realizar as devidas gravações para coleta de dados.
6. Fazendo uso da régua fazer as medições da altura máxima alcançada pelo carrinho, serão cinco repetições para cada deformação da mola.

Obs.: A medição deve ser realizada sempre do mesmo ponto do carrinho, conforme mostrado nas figuras 5 e 6

7. Preencher a tabela com os dados coletados do item anterior.

Para cada altura serão cinco lançamentos, tirando as médias, preenchendo a tabela abaixo.

Tabela 3 - Altura registrada nas medições do experimento 3

Compressão da mola (x)	0,05 m	0,06 m	0,07 m	0,09 m
h1 (m)				
h2 (m)				
h3 (m)				
h4 (m)				
h5 (m)				
Média (m)				
Constante da mola (k) N/m				

8. Conferir a massa do carrinho, utilizando a balança. ($m = \underline{\hspace{2cm}}$)
9. Através dos dados obtidos calculamos a constante da mola para cada uma das deformações e utilizando a média de cada altura obtida na tabela e fazendo uso das fórmulas descritas acima.

10. Cálculos:

A large, empty rectangular box with a black border, intended for the student to perform calculations. The box occupies most of the page below the section header.

EXPERIMENTO 4

Compressão mola X Altura (Pistola)

As energias trabalhadas nesta situação serão potencial elástica, cinética e potencial gravitacional. A potencial elástica contida inicialmente na mola interna da pistola ao puxarmos o gatilho que será convertida em cinética e logo após potencial gravitacional com a altura final alcançada pelo dardo, considerando para isso nosso sistema conservativo.

Com a utilização deste experimento é possível demonstrar a conversão de energia mecânica e sua transformação de potencial elástica para cinética e ao final potencial gravitacional.

Estas informações trazem a possibilidade de calcular um valor aproximado para a constante da mola.

Os conteúdos abordados encontram-se no livro descrito abaixo:

Os fundamentos da física Volume 1 (Autores: Francisco Ramalho Júnior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares) Editora Moderna

Unidade E: Capítulo 15, Seções 15.1 / 15.2 / 15.3

Calculando k

$$E_{pe} = \frac{k \cdot x^2}{2} \quad E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad E_{pg} = mgh$$

$$E_{pe} = E_c = E_{pg} \quad \rightarrow \quad E_{pe} = E_{pg} \quad \rightarrow \quad \frac{k \cdot x^2}{2} = mgh \quad \rightarrow \quad k = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{x^2}$$

Sendo:

E_{pg} = Energia potencial gravitacional (J)

E_{pe} = Energia potencial elástica (J)

E_c = Energia cinética (J)

k = Constante da mola (N/m)

x = Deformação da mola (m)

m = Massa do dardo (kg)

h = Altura (m)

g = Aceleração da gravidade (10 m/s²)

Material Utilizado (Figura 12)

Fita métrica

Balança

Pistola com dardo de borracha

Celular (filmagem através do aplicativo Vid Analysis - sugestão)

Figura 12 - Material utilizado no experimento 4

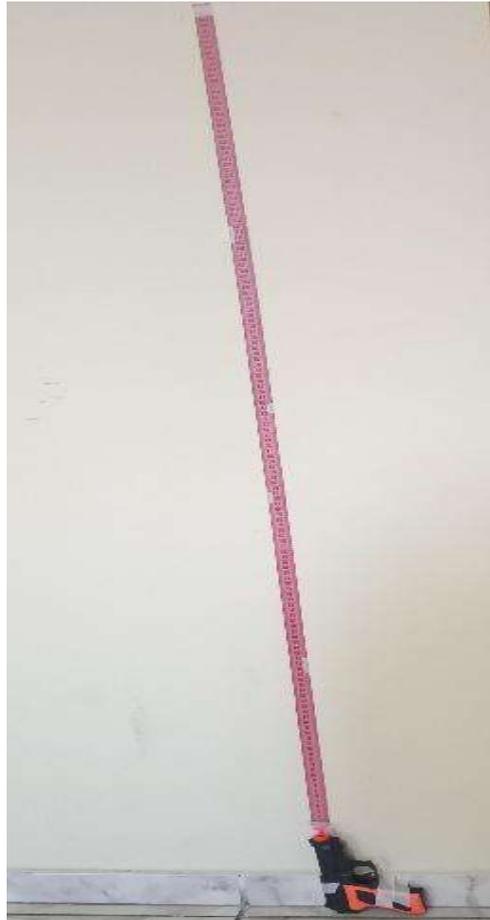


FONTE: O AUTOR (2023)

Procedimento experimental

1. Solicitar aos alunos que formem grupos de três ou quatro componentes. Eles devem realizar a atividade descrita nos passos abaixo.
2. Prender a fita métrica na parede com fita adesiva para verificar a altura máxima alcançada pelo dardo.
3. Prender a pistola com fita adesiva voltada para cima. (Figura 13)

Figura 13 - Montagem experimento 4



FONTE: O AUTOR (2023)

4. Posicionar o celular para as gravações a fim de registrar as alturas atingidas pelo dardo.
5. Pesar o dardo de ventosa utilizando balança.
6. Puxar o gatilho da pistola e lançar o dardo, realizar cinco repetições.
7. Preencher a tabela com os dados coletados do item anterior.
8. Tirar a média da altura com os valores obtidos e acrescentar à tabela.

Tabela 4 - Altura registrada nas medições do experimento 4

h1	
h2	
h3	
h4	
h5	
Média	
Constante da mola (k)	

9. Deformação da mola.

Valor determinado previamente, pela medição da mola interna contida na pistola e sua diferença com a compressão do dardo.

Observar as fotos abaixo onde o valor de “X” foi determinado:

A medida pode ser observada conforme figuras 14, 15, 16, 17 e 18.

Figura 14 - Detalhes montagem pistola experimento 4



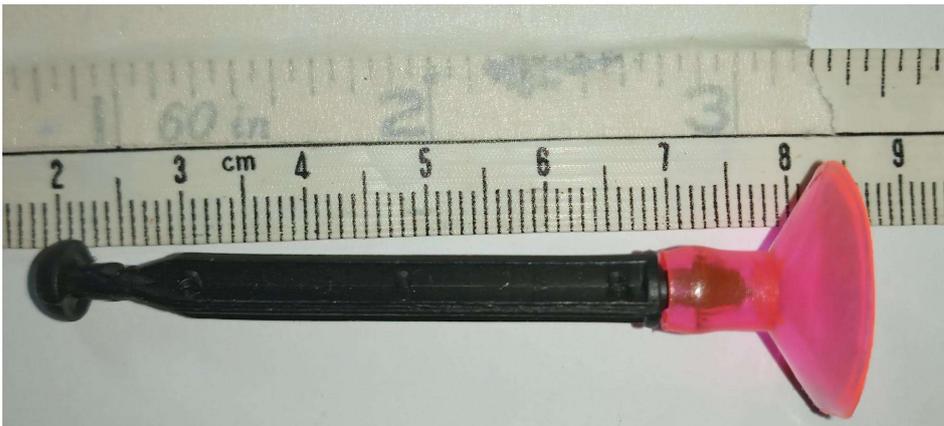
FONTE: O AUTOR (2023)

Figura 15 - Detalhes interno pistola experimento 4



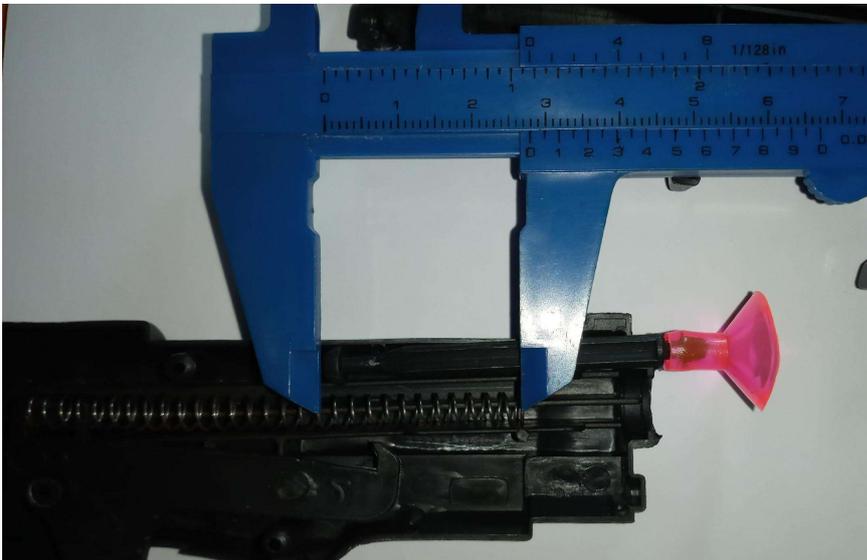
FONTE: O AUTOR (2023)

Figura 16 - Medida dardo ventosa experimento 4



FONTE: O AUTOR (2023)

Figura 17 - Medida compressão interna da mola pistola experimento 4



FONTE: O AUTOR (2023)

Figura 18 - Detalhe interno pistola com o dardo ventosa experimento 4



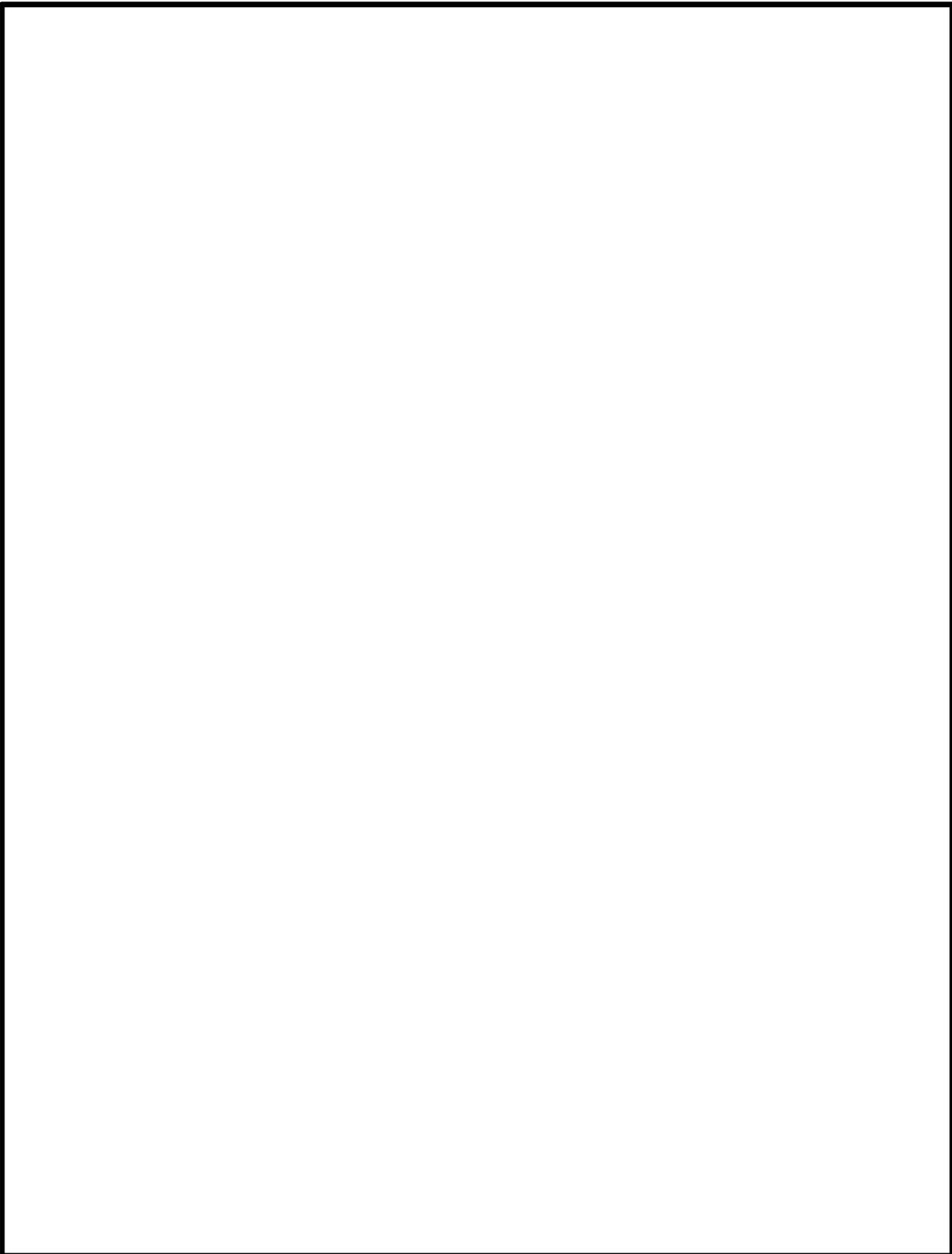
FONTE: O AUTOR (2023)

10. Através dos dados obtidos calculamos a constante da mola utilizando a média das alturas como valor de “h” e fazendo uso das fórmulas descritas acima.

11. Cálculos:

Massa do dardo = _____

Deformação da mola (X = _____)

A large empty rectangular box with a black border, intended for the student to perform calculations and show their work.

EXPERIMENTO 5

Carrinho a fricção subindo a rampa

Nesta atividade vamos transformação e conservação de energia. Quando o carrinho é tracionado armazena energia em potencial que ao soltarmos o carrinho esta energia é transformada em cinética, quando o carrinho vai subindo a rampa a energia cinética vai sendo transformada em potencial gravitacional.

Os conteúdos abordados encontram-se no livro descrito abaixo:

Os fundamentos da física Volume 1 (Autores: Francisco Ramalho Júnior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares) Editora Moderna

Unidade E: Capítulo 15, Seções 15.1 / 15.2 / 15.3

Com a utilização deste experimento é possível demonstrar a conversão de energia mecânica e sua transformação de energia potencial para cinética e potencial gravitacional.

Figura 19 - Material utilizado no experimento 5

Material Utilizado (Figura 19)

Fita métrica

Régua

Rampa de madeira

Celular (filmagem através do aplicativo

Vid Analysis-sugestão)



FONTE: O AUTOR (2023)

Procedimento experimental

1. Marcar as deformações com a régua na rampa, utilizamos cinco deformações (Figura 19)

$x = 0,1 \text{ m} / x = 0,125 \text{ m} / x = 0,15 \text{ m} / x = 0,175 \text{ m} / x = 0,2 \text{ m}$

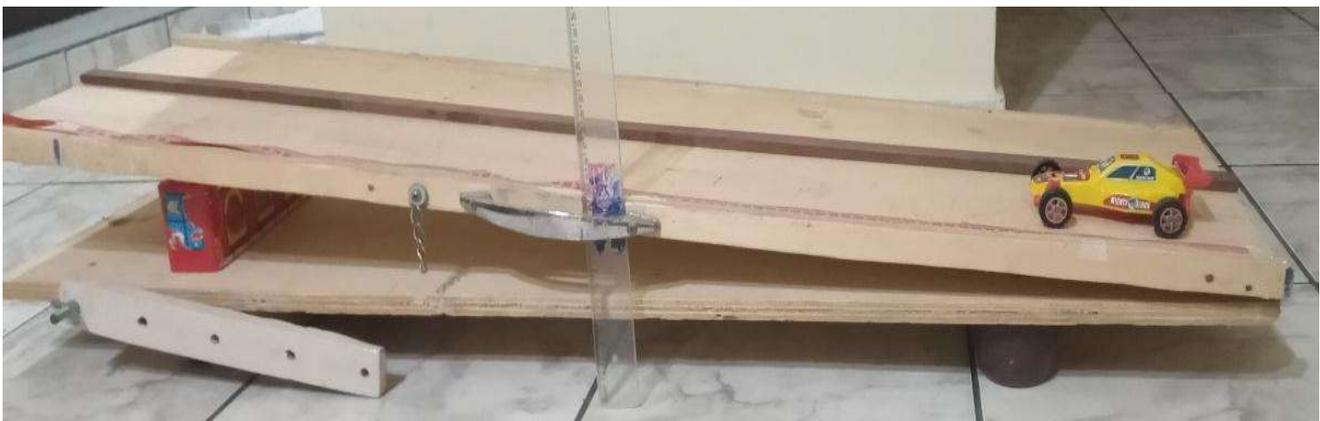
2. Posicionar o celular para as gravações a fim de registrar as alturas atingidas pelo carrinho.

3. Puxar o carrinho para trás e soltá-lo até atingir a altura máxima (para cada uma das deformações acima realizamos cinco medições).

4. Posicionar a régua para verificar a altura atingida pelo carrinho. (Figura 20)

Obs.: A medição deve ser realizada sempre do mesmo ponto do carrinho, conforme mostrado nas figuras 5 e 6

Figura 20 - Montagem experimento 5



FONTE: O AUTOR (2023)

5. Preencher a tabela com os dados coletados do item anterior:

Tabela 5 - Altura registrada nas medições do experimento 5

Deformação X (m)	0,1 m	0,125 m	0,15 m	0,175 m	0,2 m
h1 (m)					
h2 (m)					
h3 (m)					
h4 (m)					
h5 (m)					
Média (m)					

6. Realizar cinco lançamentos para cada uma das deformações, tirando a média e preenchendo a tabela 5.

7. Através dos dados obtidos construir o gráfico com as variáveis (Deformação X Altura) utilizando folha abaixo tipo papel milimetrado.

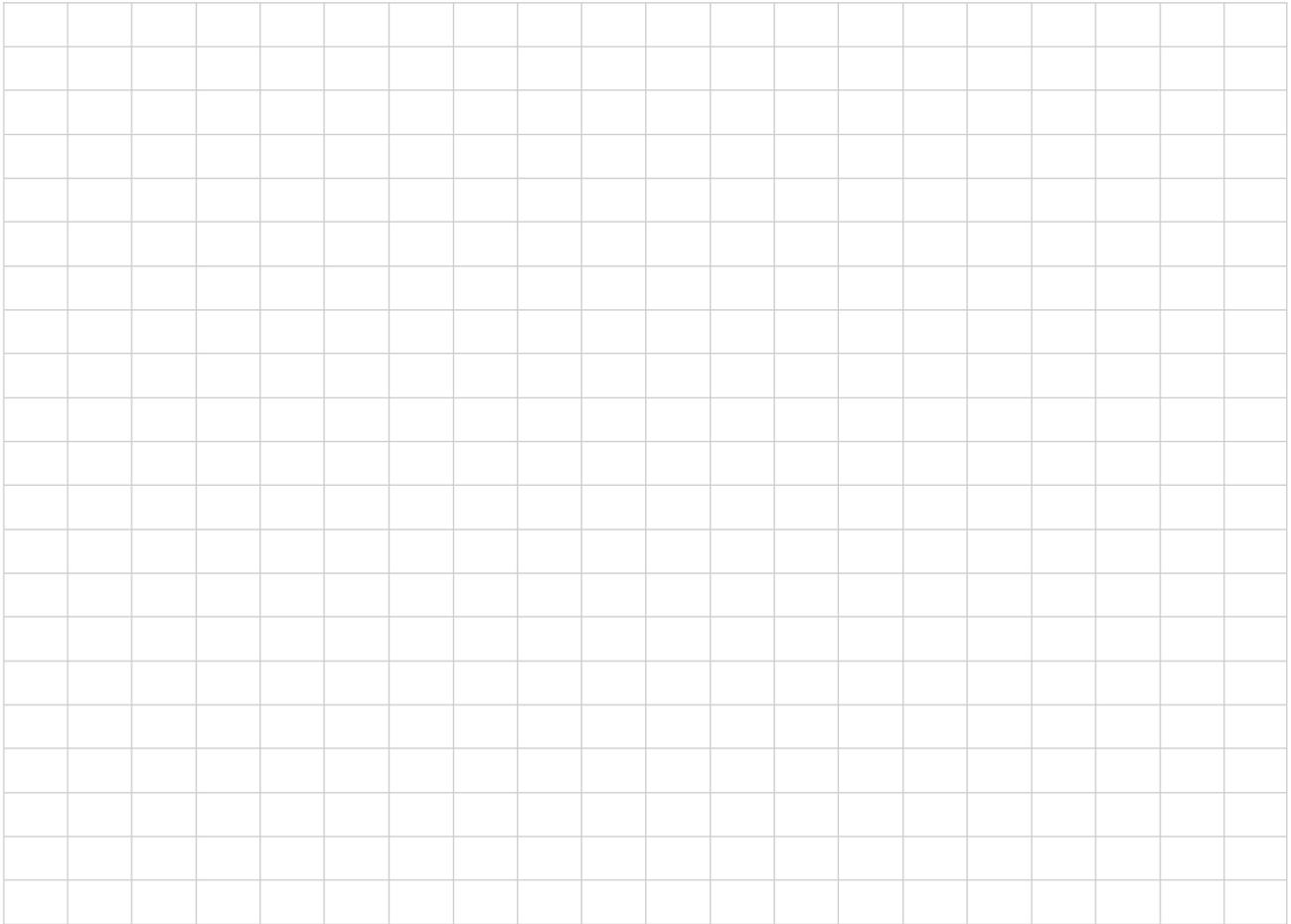


Gráfico 3 (Deformação X Altura)

8. Observem os resultados encontrados e discutam em seus grupos, a respeito do que traz a teoria na qual a atividade é baseada e o que de fato foi observado durante e ao final de sua execução. Quais conclusões que podem ser trazidas com a realização entre a abordagem teórica e a realização do experimento na prática.

Analisando os resultados obtidos, veja se é possível comprovar suas expectativas iniciais em relação à atividade realizada.

Quais variáveis poderiam alterar o resultado final do experimento proposto.

Esta discussão pode ser estendida para uma abordagem entre todos os grupos que realizaram a atividade.

CONCLUSÃO

As atividades práticas podem revelar muito além do que é proposto nos livros, pois mostra aos alunos onde a teoria pode ser aplicada de forma simples em sua vida, onde as perspectivas teóricas podem ser aplicadas e funcionam de forma satisfatória e onde estas não se aplicam de forma funcional e até mesmo qual motivo delas não serem aplicáveis. Que fatores e variáveis interferem de forma significativa nos resultados finais e quais podem ser desprezados por serem quase irrelevantes na aplicabilidade e funcionalidade dos experimentos em questão.

Esta pode ser uma forma de despertar o interesse dos alunos no estudo, funcionalidade e aplicabilidade da física e suas leis, pois estas regem a natureza que nos cercam e auxiliam em sua compreensão. Também é possível ajudar os professores a transformar sua sala de aula em um ambiente onde a teoria e a prática podem se unir de forma simples, prazerosa e significativa sendo capaz de trazer melhores resultados no processo de ensino aprendizagem.

REFERÊNCIAS

DOCA R. H. ; BISCUOLA G. J. ; VILLAS BÔAS N. **Tópicos da física Volume 1 Ed. 2°** São Paulo: Saraiva, 2014.

HALLIDAY D. ; RESNICK R. ; WALKER J. **Fundamentos da física Volume 1 Ed. 6°** Rio de Janeiro: LTC, 2002.

RAMALHO F. ; NICOLAU G. ; TOLEDO P. A. **Os fundamentos da física Volume 1 Ed. 10°** São Paulo: Moderna, 2009.

SILVA E. C. **Atividades experimentais realizadas a partir de um kit multifuncional desenvolvido com materiais de baixo custo** Caruaru, 2017.

TIPLER P. A. ; MOSCA G. **Física para cientistas e engenheiros Volume 1 Ed. 6°** Rio de Janeiro: LTC, 2012.