



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT)  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Junior Cesar Delfino Peixoto

**COLISÕES E LEIS DE CONSERVAÇÃO EM MECÂNICA:  
PERSPECTIVAS ESPONTÂNEAS E DISCIPLINARES**

CATALÃO/GO

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

## **TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES**

### **E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### **1. Identificação do material bibliográfico**

Dissertação       Tese       Outro\*: \_\_\_\_\_

\*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

**Exemplos:** Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

#### **2. Nome completo do autor**

Junior Cesar Delfino Peixoto

#### **3. Título do trabalho**

COLISÕES E LEIS DE CONSERVAÇÃO EM MECÂNICA: PERSPECTIVAS ESPONTÂNEAS E DISCIPLINARES

#### **4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)**

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>1</sup>

**[1]** Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;

- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Julio Santiago Espinoza Ortiz, Professor do Magistério Superior**, em 14/08/2022, às 13:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JUNIOR CÉSAR DELFINO PEIXOTO, Discente**, em 16/08/2022, às 14:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3111352** e o código CRC **D4E0577A**.

**Referência:** Processo nº 23070.040635/2022-35

SEI nº 3111352



## COLISÕES E LEIS DE CONSERVAÇÃO EM MECÂNICA: PERSPECTIVAS ESPONTÂNEAS E DISCIPLINARES

Junior Cesar Delfino Peixoto

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEF) do Instituto de Física (IF) da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), 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. Área de concentração: Física na Educação Básica. Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Orientador: Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

CATALÃO/GO

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Peixoto, Junior Cesar Delfino  
Colisões e leis de Conservação em Mecânica: Perspectivas Espontâneas e Disciplinares / Junior Cesar Delfino Peixoto. - 2022. 127, f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto de Física, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede, Catalão, 2022.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Concepções alternativas. 2. Aprendizagem Significativa. 3. Colisões Mecânicas. I. Ortiz, Julio Santiago Espinoza, orient. II. Título.

CDU 53



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA  
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 03 da sessão de Defesa de Dissertação de **Junior Cesar Delfino Peixoto**, que confere o título de **Mestre em Ensino de Física**, na área de concentração **Física na Educação Básica**.

Ao vinte e nove dias do mês de julho de dois mil e vinte dois, a partir das 10:00 horas, na sala virtual do Google Meet realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**COLISÕES E LEIS DE CONSERVAÇÃO EM MECÂNICA: PERSPECTIVAS ESPONTÂNEAS E DISCIPLINARES**” nas dependências da Universidade Federal de Catalão, onde os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento encontram-se provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás, em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, já sendo realizada a transferência da Biblioteca Digital de Dissertações e Teses (BDTD). Assim, justifica-se os nomes das instituições neste documento, uma no cabeçalho (UFG), outra no corpo do texto (UFCAT). Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, **Professor Doutor Julio Santiago Espinoza Ortiz (PPGEF/UFCAT)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Professora Doutora Rosângela Borges Pereira (Instituto de Ciências e Letras do Médio Araguaia - Departamento de Matemática/UFMT)**, membro titular externo; **Professor Doutor Denis Rezende de Jesus (PPGEF/UFCAT)**, membro titular interno. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **(X) Aprovado ( ) Reprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Julio Santiago Espinoza Ortiz, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao vinte e nove dias do de julho de dois mil e vinte dois.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Denis Rezende De Jesus, Professor do Magistério Superior**, em 19/09/2022, às 14:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julio Santiago Espinoza Ortiz, Professor do Magistério Superior**, em 22/09/2022, às 08:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ROSÂNGELA BORGES PEREIRA, Usuário Externo**, em 28/09/2022, às 09:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3199375** e o código CRC **96A42D56**.

**COLISÕES E LEIS DE CONSERVAÇÃO EM MECÂNICA:  
PERSPECTIVAS ESPONTÂNEAS E DISCIPLINARES**

**Junior Cesar Delfino Peixoto**

**Orientador**

**Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEF) do Instituto de Física (IF) da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica. Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Aprovada por:

Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz  
(Presidente – IF UFCAT)

Prof. Dr. Denis Rezende de Jesus  
(Membro interno vinculado ao programa – IF UFCAT)

Prof. Dr.(a) Rosângela Borges Pereira  
(Membro externo – Instituto de Ciências e Letras/UFMT)

# Agradecimentos

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

A Deus, por estar presente em todos os momentos, por ter me dado força e capacidade, por ter me ajudado a superar as dificuldades e pela benção de conquistar mais uma vitória em minha vida.

À minha esposa, Marcia Abadia Rodrigues da Silva e minha filha Alice Rodrigues Peixoto, que me apoiou, me incentivou e me ajudou com suas opiniões perspicazes durante a realização desse trabalho.

O meu orientador Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz, pela compreensão, humanidade e orientação, por quem passei a ter uma enorme admiração e respeito. Por toda a sua dedicação e contribuição para minha formação acadêmica e profissional. Por sua paciência, calma e tranquilidade, muito importantes nesses últimos meses. OBRIGADO.

O meu coordenador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pelo Catalão, Dr. Denis Rezende De Jesus, pela sua dedicação no desenvolvimento do mestrado; A todos os professores, pela participação como facilitadores da construção dos nossos conhecimentos.

A todos os colegas de turma, pela contribuição na construção dos conhecimentos adquiridos. In memoriam a minha amiga, Dr. Ana Rita Pereira, por ter me incentivado a fazer a prova de seleção do mestrado. A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

“E quando as coisas vão mal, você procura alguém para culpar, como se fosse uma sombra. O mundo não é um arco-íris em um amanhecer, na verdade, é um lugar ruim e asqueroso. E não importa o quão durão você seja, apanhará e ficará de joelhos, se assim permitir. Nem você, nem ninguém baterá tão forte quanto a vida. Não importa o quão forte você golpeia, mas sim, quantos golpes você aguenta levar e continuar em frente, o muito que você possa aceitar e seguir adiante. É assim que se consegue a vitória!”

Rocky Balboa

# Resumo

O presente trabalho relata a elaboração, aplicação e avaliação do impacto de materiais instrucionais, abordando o princípio da conservação de energia mecânica e utilizando experimentos de colisões. O estudo foi realizado com 15 alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio do Simon Bolívar, escola pública do município de Corumbaíba-GO. Ressaltando que no início do ano de 2021 não foi viável a aplicação do produto educacional, pois devido à propagação do (COVID-19) as atividades do (CESB), foram suspensas fechando as instituições de ensino e que com o retorno às aulas no segundo semestre de 2021 retomamos o processo de aplicação do produto educacional nos respectivos meses de novembro a dezembro. Esses experimentos são guiados pela hipótese de aprendizagem significativa de Ausubel e pela elaboração de uma unidade de ensino potencialmente significativa de Moreira e pela teoria de campo conceitual de Gérard Vergnaud. As ferramentas de coleta de dados são questionários, perguntas ao longo do material didático e questionários de opinião dos alunos. A análise dos dados tem um enfoque qualitativo. Os resultados das avaliações mostram que os alunos têm dificuldades quando são questionados a dar uma explicação mais detalhada dos fenômenos de colisões. As atividades para responder e discutir questões contidas no material didático conseguem proporcionar momentos de interação social e negociação de significados. Os comentários dos alunos indicam que o uso de experimentos é amplamente aceito e considerado relevante para o processo de ensino/aprendizagem dos conceitos abordados. Esses resultados sugerem um material didático potencialmente importante para facilitar a aprendizagem significativa dos princípios de conservação de energia mecânica entre estudantes do ensino médio.

**Palavras-chave:** Concepções alternativas. Aprendizagem Significativa. Colisões Mecânicas.

# Abstract

The present work reports the elaboration, application and evaluation of the impact of instructional materials, approaching the principle of conservation of mechanical energy and using collision experiments. The study was carried out with 15 students from the Third Year of High School at Simon Bolívar, a public school in the city of Corumbáiba-GO. Noting that at the beginning of 2021 it was not feasible to apply the educational product, because due to the spread of (COVID-19) the activities of the (CESB), were suspended closing the educational institutions and that with the return to classes on the second semester of 2021, we resumed the process of applying the educational product in the respective months from November to December. These experiments are guided by Ausubel's meaningful learning hypothesis and Moreira's elaboration of a potentially meaningful teaching unit and by Gérard Vergnaud's conceptual field theory. The data collection tools are questionnaires, questions throughout the teaching material and student opinion questionnaires. Data analysis has a qualitative approach. Assessment results show that students have difficulties when asked to give a more detailed explanation of collision phenomena. The activities to answer and discuss questions contained in the teaching material can provide moments of social interaction and negotiation of meanings. Student comments indicate that the use of experiments is widely accepted and considered relevant to the teaching/learning process of the concepts covered. These results suggest a potentially important teaching material to facilitate meaningful learning of the principles of conservation of mechanical energy among high school students.

**Keywords:** Alternative conceptions. Meaningful Learning. Mechanical Collisions.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – A reconciliação integradora estabelece semelhanças e diferenças entre os conceitos e proposições mais específicos (T5, T6, T7, T8) para incluí-los sob nova organização na estrutura cognitiva. . . . .	12
Figura 2 – Colaboradores. Fonte: Autor. . . . .	44
Figura 3 – Colaboradores utilizando o aparato experimental. . . . .	57
Figura 4 – Passo 9. Fixar a bola de sinuca ao filho de ‘náilon’ e fixa o Transferidor a peça lateral (2) com auxílio de cola super bonder como ilustrado. Junção do fio de ‘náilon’ com a bola de bilhar a peça lateral (2). Fonte: Autor. . . . .	58
Figura 5 – O alvo está inicialmente em repouso, bola azul ( $A=220g$ ) e o projétil bola vermelha ( $A=220g$ ) será lançada contra ela rolando suavemente. Fonte: Autor. . . . .	61
Figura 6 – Ilustração da confecção do dispositivo experimental. Fonte: Autor. . . . .	62
Figura 7 – Colaboradores utilizando o aparato experimental. Fonte: Autor. . . . .	63
Figura 8 – Resposta do Grupo 1 e 2. Fonte: Dados da pesquisa. . . . .	64
Figura 9 – Resposta do Grupo 3 e 4. Fonte: Dados da pesquisa. . . . .	64
Figura 10 – Resposta do Grupo 5 e 6. Fonte: Dados da pesquisa. . . . .	64
Figura 11 – Trechos de algumas das respostas dos alunos. Fonte: Autor. . . . .	66

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Atividades pedagógicas desenvolvidas. . . . .	45
Tabela 2 – Resposta dos alunos as atividades do Apêndice (A) . . . . .	47
Tabela 3 – Indicação de presença de energia por aluno . . . . .	50
Tabela 4 – Concepções espontâneas dos alunos . . . . .	51
Tabela 5 – Classes das justificativas dada a transformação de energia . . . . .	55
Tabela 6 – Análise do questionário de opinião sobre a disciplina . . . . .	67
Tabela 7 – Análise do questionário de opinião sobre os experimentos . . . . .	67

# Lista de abreviaturas e siglas

(CESB) Colegio Estadual Simon Bolivar

(SBF) Sociedade Brasileira de Física

(MNPEF) Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

(MI) Material Instrucional

(TAS) Teoria da Aprendizagem Significativa

(UEPS) Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Perguntas da Pesquisa</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b>	<b>3</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivo</b>	<b>4</b>
1.3.1	Objetivo Geral	4
1.3.2	Objetivos Específicos	4
<b>1.4</b>	<b>Organização</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Definição de imagem mental</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Referencial Teórico Pedagógico</b>	<b>7</b>
2.2.1	Aprendizagem significativa x aprendizagem mecânica	13
2.2.2	Quais são os tipos de aprendizagem significativa?	14
2.2.3	Quais são as formas de aprendizagem significativa?	15
2.2.4	Implicações da (TAS) na proposta	18
2.2.5	A teoria dos campos conceituais	21
2.2.6	A definição de esquema de Vergnaud	23
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO DE FÍSICA</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Revisão de Física</b>	<b>25</b>
3.1.1	Colisões mecânicas	25
3.1.2	Artigos conceituais de colisão	25
3.1.3	Atividades experimentais relacionadas ao estudo de colisões	26
3.1.4	Concepções espontâneas dos estudantes em relação às colisões	27
3.1.5	O Conceito de Energia mecânica nos livros de Ensino Universitário	29
3.1.6	Definição de Energia	29
3.1.7	Definição de energia como é apresentada nos livros examinados.	30
3.1.7.1	Nussenzveig (2013)	30
3.1.7.2	Tipler e Mosca (2009)	31
3.1.7.3	Halliday, Resnick e Walker (2009)	31
3.1.8	Categorias de energia	32
3.1.8.1	Energia cinética	32
3.1.8.2	Nussenzveig (2013)	32
3.1.8.3	Tipler e Mosca (2009)	32
3.1.8.4	Halliday, Resnick e Walker (2009)	32
3.1.8.5	Energia potencial gravitacional	32

3.1.8.6	Nussenzveig (2013)	32
3.1.8.7	Tipler e Mosca (2009)	33
3.1.8.8	Halliday, Resnick e Walker (2009)	33
3.1.9	<b>Trabalho e energia mecânica</b>	33
3.1.9.1	Nussenzveig (2013)	33
3.1.9.2	Tipler e Mosca (2009)	34
3.1.9.3	Halliday, Resnick e Walker (2009)	34
3.1.10	<b>Conservação de energia mecânica no movimento unidimensional</b>	35
3.1.10.1	Nussenzveig (2013)	35
3.1.10.2	Tipler e Mosca (2009)	35
3.1.10.3	Halliday, Resnick e Walker (2009)	36
3.1.11	<b>Conservação do momento, Impulso e colisões</b>	37
3.1.11.1	Nussenzveig (2013)	37
3.1.11.2	Tipler e Mosca (2009)	38
3.1.11.3	Halliday, Resnick e Walker (2009)	38
3.1.12	Observações	39
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Características da Pesquisa</b>	<b>43</b>
4.1.1	Sujeitos da pesquisa	43
4.1.2	Instrumentos de coleta de dados	44
4.1.3	Detalhamento das Aulas	44
<b>5</b>	<b>RELATO DA APLICAÇÃO</b>	<b>46</b>
<b>5.1</b>	<b>Atividade 1</b>	<b>47</b>
5.1.1	A primeira etapa: aplicação do questionário prévio	47
5.1.2	Análise dos dados	48
5.1.3	Os conhecimentos prévios dos alunos	49
5.1.4	A transcrição das falas	53
<b>5.2</b>	<b>Atividade 2</b>	<b>55</b>
5.2.1	A primeira etapa: abordagem conceitual	55
5.2.2	A segunda etapa: Atividade experimental desenvolvida pelos alunos	57
<b>5.3</b>	<b>Atividade 3</b>	<b>61</b>
5.3.1	A terceira etapa: Atividade experimental desenvolvida na canaleta de (PVC)	61
5.3.2	Análise das respostas dos alunos contidas no “kit experimental”	63
5.3.3	Questionário de opinião sobre a disciplina	65
<b>5.4</b>	<b>Possibilidades futuras</b>	<b>67</b>
5.4.1	Levantamento dos conhecimentos prévios	68
5.4.2	kit experimental	68

<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>71</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O ensino de física pode ser considerado uma arte cuja natureza intelectual proporciona dificuldades, por que "o conhecimento englobado pela física forma um corpo articulado de modo complexo, e parte da dificuldade de se ensinar está disciplina advém do fato de não reconhecermos ou considerarmos essa complexidade em toda a sua extensão"(ROBILOTTA, 1988). Usar esse conhecimento simplificado é muito complexo e pode ser difícil para os alunos entenderem.

Segundo PIETROCOLA (2001), uma maneira de entender o mundo físico, caracteristicamente não formal, pode ser não verbal, e acontece num mundo de coisas as quais se atribui certo grau de realidade, pode ser descrito como uma relação possível, pertencente ao tipo sentimento. O acesso a esse mundo é efetuado por sensações, palavras, imagens e intuição, e a mente busca a intimidade do objeto a ser conhecido.

Outra forma de representar o conhecimento físico é através do formalismo matemático, que também é fonte de problemas de ensino. Esse formalismo fornece suporte lógico para teorias físicas e dá sentido à realidade. Então, "O objetivo das ciências é uma descrição tão exata quanto possível dos fatos (observados ou produzidos experimentalmente)." (ASTOLFI; DEVELAY, 1990). Em geral, a maioria do esforço despendido no ensino da física ao nível básico tem por objetivo fazer com que os estudantes dominem os vários aspectos das relações lógico-matemáticas de uma teoria.(ROBILOTTA, 1988).

Durante grande parte da década de 1980, a pesquisa em ensino se concentrou em Problemas de conceito alternativo Driver (1986), Viennot (1978). Após as acaloradas discussões sobre ciência nas décadas de 1960 e 1970, a década de 1980 foi marcada por um ensino equilibrado do conhecimento científico. O homem constrói representações, sobre o mundo, orienta seus comportamentos e ações.

Portanto, o professor desempenha um papel central no processo de ensino e aprendizagem dos alunos, ele deve desempenhar um papel intermediário no processo de aprendizagem dos alunos, orientando os discentes no processo de reconstrução do conhecimento prévio, ou seja, na fase inicial, ele deve identificar quais são as concepções espontâneas. Em seguida, são realizadas atividades para conscientizar os alunos sobre suas ideias e sentir a necessidade de revisá-las, construindo seus conhecimentos no sentido de conhecimento científico.

"Uma aprendizagem é tanto mais significativa quanto maior o número de relações com sentido que o aluno conseguir estabelecer entre o que já conhece, os seus conhecimentos prévios e o novo conteúdo que lhe é apresentado como objetivo de aprendizagem" (PAIVA; MARTINS, 2005, pg-184).

SegundoVieira (2017), o aluno é considerado o centro do processo de aprendizagem e assume um caráter ativo, autônomo, significativo e interativo, construindo o seu próprio conhecimento a partir da reestruturação dos conhecimentos prévios e transformando esses conhecimentos em novas aprendizagens.

“Ao construir conceitos o aluno constrói (reconstrói) o seu próprio sistema cognitivo e, reciprocamente, ao aprender, deliberadamente, a utilizar o seu potencial de pensamento, adquire uma ferramenta indispensável à formação de conceitos.” (VIEIRA, 2017, pg-24).

Devido ao movimento em direção a conceitos alternativos, muitas visões as mudanças sobre os conceitos se originam, mas pouco produziram como métodos de ensino, e ajudaram os alunos a construir conceitos. Este fato é confirmado em pesquisas que investigam as percepções científicas do professor, a influência no que ele ensina (fatos, conteúdos e procedimentos) e como estes são ensinados (técnicas e estratégias de ensino). “O conceito científico não designa um fato bruto, mas uma relação que pode reaparecer em situações diversas, apresentam duas características inseparáveis: permitem explicar e prever.”(ASTOLFI; DEVELAY, 1990).

A teoria combina leis, conceitos e fatos, em uma unidade coerente, podem ser entendidos pelo modelo(PIETROCOLA, 2001).Para haver um ensino efetivo dos conhecimentos físicos não é possível ignorar os experimentos para realizar um ensino eficaz do conhecimento de física, não se pode ignorar a bagagem conceitual trazida pelos alunos no ensino formal de física nas escolas. (PEDUZZI, 2001).

Conforme Peduzzi e Peduzzi (2001), para muitos professores, é através da resolução das questões propostas que o estudante demonstra a sua compreensão dos assuntos estudados e prepara-se adequadamente para as avaliações de aproveitamento. “No entanto, como tais listas são estruturadas, tanto por parte dos professores como pelos livros de texto, é passível de muitas críticas”.

Ferramentas de avaliação qualitativa ou quantitativa bem estruturadas fornecem uma compreensão dos testes e a capacidade de pensar criticamente, selecionar e aplicar princípios, resolvendo problemas novos e complexos, visando adquirir conhecimento(VIANNA, 2000). Eles podem investigar e explorar as ideias intuitivas dos alunos para ajudá-los a construir conceitos científicos.

## 1.1 Perguntas da Pesquisa

Após demonstrar a importância das pesquisas relacionadas aos estudos de colisões, na busca pela identificação de fatores correlativos que possam levar a importantes aprendizados desses conceitos, inicia-se a pesquisa, na tentativa de responder a uma grande questão:

Como ocorre a criação ou modificação das concepções alternativas dos estudantes que possam alterar seus subsunçores.

Para responder a esta pergunta, primeiro é necessário avaliar, após a utilização do material instrucional, tem-se:

1. Há alguma indicação de que novos conceitos alternativos foram modificados ou criados?
2. Ocorreu um aprendizado importante?

## 1.2 Justificativa

Ao longo dos meus estudos, observo que os alunos estão cada vez menos motivados para aprender física. Os alunos têm dificuldade em compreender esses conceitos, tornando a disciplina desmotivadora, havendo a necessidade de buscar alternativas em áreas de aprendizagem que nossos alunos sejam estimulados a fazer e participar ativamente do processo de ensino e construção do conhecimento.

A metodologia que observamos no ensino de ciências, principalmente no ensino de física, baseia-se na transmissão de conteúdo sem se importar com a parte experimental, e a maioria das escolas utiliza apenas lousas, pincéis, livros didáticos e exercícios.

Essa abordagem, em que o professor interpreta o conteúdo expositivamente, e os alunos prestam atenção ao professor, replicam suas observações e depois estudam individualmente, tem se mostrado ineficiente.

Hoje, com as possibilidades que temos, devemos buscar alternativas para que as salas de aula sejam mais dinâmicas e os alunos possam participar ativamente do processo de ensino e aprendizagem. Os professores podem usar uma variedade de recursos como estratégias para atividades de laboratório, vídeo aulas, simulações, etc.

Entretanto, a solução das explicações tradicionais do conteúdo dos livros didáticos e muitas práticas é uma rotina muito estressante, com a qual poucos alunos conseguem ter êxito, e a maioria desanima e acaba desistindo de estudar física.

Como alternativa para promover o ensino-aprendizagem no ensino de física, propomos um material instrucional experimental aplicado em sala de aula, como uma forma de tornar a física menos abstrata, mostrando sua aplicação no cotidiano dos alunos e sua importância na sociedade. Os alunos sujeitos da aprendizagem são cidadãos que podem aprender e aprender a tornar os conceitos e fenômenos físicos e suas aplicações para contribuir para uma sociedade mais justa e humana.

De acordo com estudos realizados pela UNESCO dentro do Program for International Student Assessment (PISA) demonstram que em relação à avaliação de progressos na

educação, nos levantamentos realizados, o Brasil está nas últimas posições da lista. Isso é um entrave em termos de desenvolvimento nacional, como apontam estudos realizados em diversos países considerados atualmente desenvolvidos ou que ocupam posições relevantes no cenário socioeconômico mundial.

Segundo Oliveira, Libâneo e Toschi (2003), a sociedade ambiciona uma escola capaz de garantir formação cultural e científica para a vida pessoal, profissional e cidadã, proporcionando o estabelecimento de uma relação autônoma, crítica e construtiva com a cultura em suas manifestações, vislumbrando a formação de cidadãos que tenham participação em todas as esferas da vida social.

No entanto, para amenizar essa situação no ensino de física, este estudo propõe o uso de atividades experimentais em sala de aula para minimizar as dificuldades associadas ao aprendizado de física no ensino médio.

## 1.3 Objetivo

### 1.3.1 Objetivo Geral

Investigar possíveis mudanças nas estruturas cognitivas dos alunos e, após usar experimentos de colisão, descreva como tais mudanças se relacionam com uma eventual aprendizagem significativa.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Verificar quais as concepções espontâneas mais utilizadas pelos estudantes da amostra investigada;

Compreender como o uso de experimentos de colisões pode auxiliar na identificação da aprendizagem significativa;

## 1.4 Organização

O presente trabalho está dissertado da seguinte forma. Esta dissertação está dividida em cinco capítulos e anexo.

Este capítulo introdutório coloca o leitor no contexto relacionado ao nosso foco de estudo e apresentar concisamente os tópicos que se desenvolverão ao longo do texto.

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico e discute os fundamentos teóricos para este trabalho.

O Capítulo 3 apresenta a Metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta o relatório de aplicação e análise dos dados aplicando a metodologia proposta, discutindo os dados obtidos de cada ferramenta de coleta utilizada e buscando evidências de aprendizagem significativa em cada ferramenta.

O Capítulo 5 descreve a discussão e as conclusões deste estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA

A teoria da aprendizagem significativa (TAS) foi proposta pela primeira vez por David Ausubel (1968), um professor emérito da Universidade de Colúmbia. Como psicólogo, ele dedicou a maioria de suas pesquisas à psicologia educacional. Mais tarde, o educador da Cornell University Joseph Novak e colaboradores continuaram estes trabalhos, pesquisando e relendo as teorias de aprendizagem significativas.

### 2.1 Definição de imagem mental

Nesta proposta, utiliza-se a ideia das imagens mentais visando identificar quando e como os estudantes estão utilizando tais representações mentais, relacionadas com os experimentos. Para isso, considera-se que as imagens mentais são criadas a partir de informações armazenadas na memória.

Elas são maleáveis, o que significa que uma determinada percepção adquirida do meio externo, quando é utilizada como imagem mental, é facilmente modificada, pois, poderá estar associada a outras informações que fazem parte da estrutura cognitiva.

De acordo com Otero e Greca (2004), os professores acreditam que as imagens incrementadas nos livros melhoram a qualidade do aprendizado, mesmo não havendo estudos a este respeito, isto motiva que o uso das imagens visuais e o impacto da cultura visual na Educação sejam objeto de investigação tanto no âmbito do Ensino das Ciências, como em outros campos.

Alguns textos de Ciências utilizam imagens como instrumentos para ilustrar e “reduzir a abstração” do discurso verbal, buscando facilitar a compreensão, Otero e Greca (2004). É possível que a elevada quantidade de imagens por página nos textos do Ensino Médio não colabore na construção de modelos mentais, pois as imagens geram uma grande demanda à memória de trabalho e podem incrementar a ambiguidade, Otero e Greca (2004).

Para os modelos mentais, as imagens são representações de alto nível, fundamentais para o entendimento da cognição humana. Conforme Moreira (1996), ainda que em seu nível básico o cérebro humano possa computar as imagens e os modelos em algum código proposicional (o "mentals"), o uso destas representações liberta a cognição humana da obrigação de operar proporcionalmente em “código de máquina”. Estas representações de alto nível podem ser comparadas às linguagens de programação dos computadores.

Para isso, considera-se que as imagens mentais são criadas a partir de informações

armazenadas na memória. Sendo maleáveis, o que significa que determinada percepção obtida do ambiente externo, quando utilizada como imagem mental, pode ser facilmente modificada, pois pode estar associada a outras informações pertencentes à estrutura cognitiva.

Portanto, considera-se que a imagem mental não será uma reprodução da percepção visual de objetos externos, mas o resultado do processo de interpretação do aluno, que também depende de seu conhecimento.

## 2.2 Referencial Teórico Pedagógico

Ausubel considera a aprendizagem significativa primordialmente cognitivista, resultado do armazenamento de informações na mente de quem aprende organizadamente. Acredita que a interação entre o material a ser aprendido e a estrutura cognitiva de quem aprende, quando ocorre aprendizagem significativa, modifica-se definitivamente.

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária <sup>1</sup> com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal <sup>2</sup>, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, Moreira (2012).

Aprender é uma mudança de estado interior, que se manifesta por mudanças de comportamento e da continuação dessa mudança.” Partindo desse ponto de vista, apoio o estudo de Ausubel (2003), sobre a teoria da aprendizagem significativa, pois acredito que seu trabalho foca na aprendizagem que ocorre no dia a dia em sala de aula, e o foco está no que os alunos trouxeram para ele. A aprendizagem significativa ocorre quando:

Uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura específica, que define como conceito subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (AUSUBEL, 2003, pg-3).

Em outros termos, no processo de aprendizagem significativa, a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva do aluno, relacionando-se com conhecimento já existente na memória do aluno. Pode-se dizer também que é quando o aluno consegue modificar seu conhecimento e construir um novo, incorporando-o à sua nova estrutura cognitiva.

---

<sup>1</sup> Que não segue regras ou normas; que não tem fundamento lógico; que apenas depende da vontade ou arbítrio daquele que age.

<sup>2</sup> Literal significado refere-se ao significado normal, cotidiano, mais básico da palavra. Não — literal significado é quando uma palavra significa algo diferente do seu significado normal e diário. Linguagem figurativa é quando você usa uma palavra ou frase que não tem o normal, todos os dias, literal significado.

De acordo com Moreira (2011a), aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira não arbitrária e substantiva com aquilo que o aprendiz já sabe. Não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento específico que seja relevante e que já exista na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. Ou seja, o relacionamento não é com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas sim com conhecimentos especificamente relevantes, os quais Ausubel (2003), denominam subsunçores.

De acordo com Ausubel (1982), substantividade é a propriedade da tarefa de aprendizagem que permite a troca de termos parecidos sem mudanças no significado ou alteração significativa no conteúdo da tarefa entre si.

De acordo com Ausubel (2003), para existir uma aprendizagem significativa, deverá ocorrer uma ligação entre aquilo que o aluno já tem na memória com a aprendizagem das novas informações. Ligação que o autor denomina ancoragem e os conceitos preexistentes são os subsunçores. Se não houver subsunção para manipular a estrutura do indivíduo, Ausubel (2003) aponta que se devem usar organizadores avançados que sirvam de âncora para a nova aprendizagem.

Para Moreira (2011), o subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Não é conveniente “coisificá-lo”, “materializá-lo” como um conceito, por exemplo.

Em linguagem mais popular, o mesmo autor diz que “nossa cabeça” está “cheia” de subsunçores, uns já bem sólidos, outros ainda sendo construído, mas em fase de crescimento, uns mais utilizados, outros nem tanto, uns com muitas “ramificações”, outros “encolhendo”. Naturalmente, esses conhecimentos interagem entre si e podem organizar-se. Ou seja, nossa estrutura cognitiva contém um conjunto dinâmico de subsunçores.

Moreira (2011) aponta que muitas vezes pensa-se que os subsunçores são apenas conceitos e até mesmo emprega-se o termo “conceitos subsunçores”. Isso decorre da ênfase que Ausubel dava aos conceitos estruturantes de cada disciplina, que deveriam ser identificados e ensinados aos alunos e que, uma vez aprendidos significativamente, serviriam de subsunçores para novas aprendizagens significativas.

Outro ponto importante a destacar é a modificação nos subsunçores como indício de aprendizagem significativa. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), Almeida e Fontanini (2016), a aprendizagem significativa implica um processo de interação entre o novo conhecimento e os subsunçores de forma que ambos se modifiquem. Segundo o autor, esse processo constitui uma forma de diferenciação progressiva dos subsunçores.

O processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos,

resulta na diferenciação progressiva de conceitos ou proposições, no conseqüente aperfeiçoamento dos significados e numa potencialidade melhorada para se fornecer ancoragem a aprendizagens significativas posteriores. (AUSUBEL, 2003, pg-106).

Da mesma forma, Moreira (2011) afirma que, à medida que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão se tornando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações. Ou seja, a aprendizagem significativa só ocorre quando, a partir do conhecimento prévio, um indivíduo consegue modificá-lo e, em seguida, construir novos conhecimentos que serão armazenados e incorporados à sua estrutura cognitiva. Para o autor, quando o conhecimento é internalizado na memória de um indivíduo, a aprendizagem atribui visivelmente significados pessoais. Se isso não acontecer, o aprendizado deixa de ser relevante e se torna puramente mecânico.

Com base na premissa acima, entendo que o processo de busca por uma educação significativa e de qualidade passa, principalmente, pelo desejo de fazer com que os alunos se sintam bem na escola e gostem da física, vital para suas vidas.

Também entendo que o significado negativo da física ou da prática do professor tende a afastar os alunos de uma aprendizagem significativa, pois, diante disso, o professor deve ter duas preocupações: primeiro, revelar que a física é boa, e até mostrar que o seu aprender é ótimo para ele. É importante ressaltar que a outra é demonstrar uma prática que consiga vincular o conteúdo ministrado em sala de aula com a experiência fora da sala de aula.

De acordo com Ausubel (2003), são necessários organizar os conteúdos a serem trabalhados, partindo de uma visão macro, para chegar a uma visão micro, identificando os subsunçores que o aluno possui e avaliando até que ponto eles se encontram diferenciados na estrutura cognitiva e, desta forma, aprender o conteúdo significativamente.

Portanto, caso a aprendizagem não ocorra, pode-se observar alguns fatores que não foram trabalhados, ou talvez o aluno não tenha subsunçores, ou sua estrutura cognitiva não está pronta para absorver o material estudado.

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980),Rehfeldt (2009), estrutura cognitiva quer dizer o conteúdo total e organizado de ideias que o indivíduo tem ou, no contexto da aprendizagem de determinados assuntos, o conteúdo e a organização de suas idéias naquela área específica de conhecimentos.

Conforme a concepção ausubeliana, o professor deve diagnosticar os conhecimentos do aluno acerca de situações de ensino que possibilitem promover a ancoragem das demais informações, caracterizando, assim, uma aprendizagem significativa. Um pré-teste pode diagnosticar conhecimentos prévios existentes relativos aos temas em estudo. (REHFELDT, 2009, pg-30).

Segundo a teoria de Ausubel (2003), os conhecimentos prévios são importantes na aprendizagem significativa, porém, se os professores perceberem que o aprendiz não possui conhecimentos sobre o conteúdo que eles pretendem ensinar, o que deve ser feito? O mesmo autor propõe a utilização de organizadores avançados como um mecanismo pedagógico que ajuda na ligação entre o que o aluno já sabe com aquilo que ele precisa saber.

Em outras palavras, o autor destaca ser o professor que combina o conhecimento prévio dos alunos com o conhecimento formal, e o conteúdo é apresentado na forma impressa ou visual (como objetos, fotos, livros e gráficos). Em seguida, os alunos formarão novos conceitos, conseguirão organizar as informações de forma mais clara, orientar os alunos no desenvolvimento dos conceitos incluídos e, assim, promover o aprendizado.

De acordo com Ausubel (2003) e Moreira (2011), a função principal do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deveria saber de modo que o novo material pudesse ser aprendido significativamente. Ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem enquanto funcionam como “pontes” cognitivas.

O mesmo autor ainda menciona que, quando o aluno não dispõe de subsunções adequadas, que lhe permitam atribuir significados aos novos conhecimentos, costuma-se pensar que o problema pode ser resolvido com os organizadores prévios. Para Moreira (2011), o organizador prévio é recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma introdução, um experimento ou, ainda, uma aula que parece ser um conjunto de outras aulas.

Há duas Categorias de organizadores prévios, segundo Moreira (2011, p.30). O primeiro é quando o material de aprendizagem não é familiar e o aprendiz não tem subsunções. Nesse caso, recomenda-se o uso de organizador expositivo que, supostamente, efetue a ponte (uma assimilação) entre o que o aluno sabe e o que ele deveria saber para que o material possa ser potencialmente significativo.

Nesse caso, o organizador deve proporcionar uma ancoragem ideal em termos que sejam familiares ao aprendiz (aluno). Uma segunda possibilidade ocorre quando o material é precisamente familiar. Nesse caso, recomenda-se que se use um organizador comparativo que ajudará o aprendiz a socializar os novos conhecimentos à estrutura cognitiva e, em simultâneo, discriminá-los de outros conhecimentos que já existem nessa estrutura.

Em outras palavras, Moreira (2011, p.30) diz que os organizadores prévios podem ser usados para suprir a deficiência de subsunções ou para mostrar a realidade e a discriminabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos já existentes, ou seja, subsunções.

Para o mesmo autor, o aluno muitas vezes não percebe essa relação e pensa que os novos materiais de aprendizagem não têm muito a ver com seus conhecimentos prévios. Assim, os organizadores prévios devem levar o aluno a perceber que esses novos conhecimentos estão, sim, relacionados a ideias apresentadas anteriormente, a subsunções que existem em sua estrutura cognitiva.

Moreira (2011) menciona um exemplo de como é possível pensar os organizadores prévios, por exemplo, na área da física:

Antes de introduzir o conceito de campo eletromagnético, o professor deve retomar o conceito em um nível mais alto de abstração e inclusividade, e também, “resgatar” o conceito de campo gravitacional anteriormente aprendido... [...] antes de trabalhar o conceito de emulsão, pode-se discutir com os alunos a maneira de preparar a maionese; antes de falar em taxonomia, pode-se classificar de várias maneiras um conjunto de botões de diferentes cores, tamanhos, materiais, finalidades. (MOREIRA, 2011a, pg-31).

Em outras palavras, os organizadores prévios são informações introdutórias, que devem ser apresentadas antes dos conteúdos da matriz curricular, tendo em vista que têm o papel de servir de ligação entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deveria saber para que o conteúdo passe a ser compreendido significativamente. Sua confecção deve incluir um vocabulário bem familiar ao dia a dia do aluno.

Os processos cognitivos pelos quais o aluno aprende podem ocorrer, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Rehfeldt (2009), de duas formas diferentes: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Para Ausubel (2003, p. 6), “Se o professor e / ou o material introdutório prevê nitidamente e compensam as semelhanças e diferenças confusas entre as novas ideias e as ideias relacionadas estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz”, a reconciliação abrangente ajuda a completar a tarefa de ensino explicativa.

Por exemplo, o professor pode demonstrar para os alunos que ervilhas e tomates são vegetais, no entanto, são frutos em biologia. A princípio, pode gerar uma confusão, mas, ela pode ser desfeita caso o aluno entenda haver diferentes classificações, como a nutricional e a botânica, compreendendo que cenoura e beterraba são vegetais, raízes, ervilhas e pepinos são vegetais e frutos (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980). Assim, os novos significados combinados trarão mais clareza e o aluno compreenderá-los.

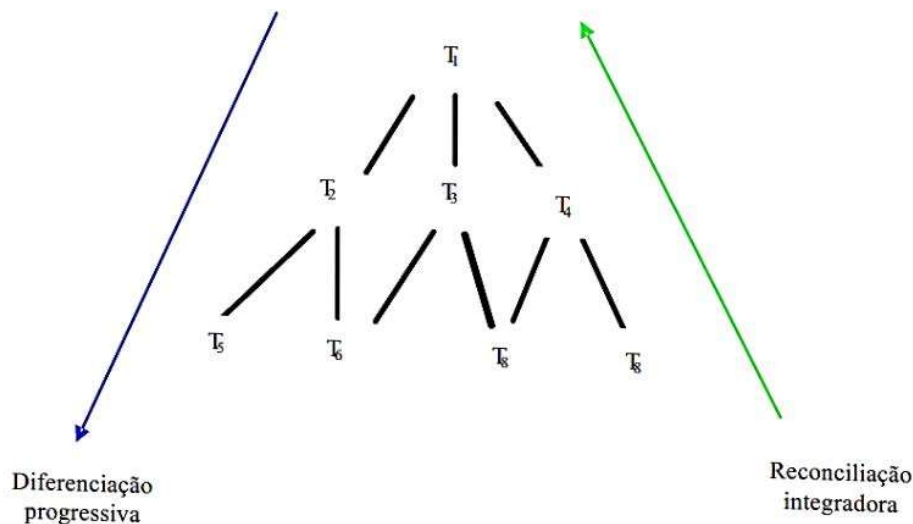
Moreira e Masini (1982, p. 21-22) definem a diferenciação progressiva, outro processo cognitivo, como o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e, progressivamente diferenciadas, introduzindo detalhes mais específicos. Em concordância com Novak (1981), Rehfeldt (2009) ainda sugere um exemplo de diferenciação progressiva, mencionando que:

Para introduzir o conceito de cultura, inicia-se explicando que todo o conhecimento e hábitos passados de pais para filhos constituem a cultura

da raça humana. Posteriormente, poderia ser discutida a cultura dos índios ou a cultura urbana, descrevendo os métodos e os meios por meio dos quais elementos culturais gerais são transmitidos. Assim, as ideias mais gerais seriam discutidas antes e, posteriormente, seriam diferenciadas. (REHFELDT, 2009, pg-42).

Ausubel (2003), Rehfeltdt (2009) apresentam um paralelo, entre a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Segundo a mesma autora, a diferenciação progressiva parte das ideias mais gerais e inclusivas (T1) apresentadas em primeiro lugar, constituindo uma ordem descendente de inclusividade.

Figura 1 – A reconciliação integradora estabelece semelhanças e diferenças entre os conceitos e proposições mais específicos (T5, T6, T7, T8) para incluí-los sob nova organização na estrutura cognitiva.



Fonte: Rehfeltdt (2009).

Segundo Rehfeltdt (2009, p. 45), “é importante compreender que os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora não são excludentes; mas correlatos e ocorrem concomitantemente”. Ou seja, para conseguir essa conciliação, os alunos precisam vivenciar a aplicabilidade do conteúdo na sala de aula diariamente, relacionando a teoria com a prática.

Segundo Moreira e Masini (1982), para ocorrer a reconciliação integrativa de forma mais ativa, o ensino deve ser constituído “com idas e vindas” de conceitos existentes na estrutura hierárquica, toda vez que a nova informação é apresentada.

Toda aprendizagem que resulta na reconciliação integradora resultará também na posterior diferenciação dos conceitos e proposições existentes. A reconciliação integradora é uma forma de diferenciação progressiva de

estrutura que ocorre na aprendizagem significativa Ausubel. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, pg-104).

De acordo com Rehfeldt (2009, p. 47) a reconciliação integradora tem mais sentido se o aluno conseguir reconciliar seus próprios conceitos, estabelecendo semelhanças e diferenças e incorporando novos significados. Essa reconciliação se torna mais fácil quando vivenciada cotidianamente, como no caso de alunos do curso de Administração que convivem com as situações-problema nos locais de trabalho.

Segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), outro aspecto importante que deve ser considerado são as ocorrências e evidências de que a aprendizagem ocorreu de fato.

Segundo MOREIRA (1999), a aprendizagem significativa se dá a partir da compreensão genuína/verdadeira de um conceito de uma preposição que são os significados claros, precisos, distintos e impreteríveis.

Outra forma de verificar se há aprendizagem significativa é apresentar aos alunos uma atividade de aprendizagem sequencial que deve depender uma da outra e não pode ser realizada sem uma compreensão completa dos conceitos anteriores. Ausubel (2003) ainda destaca que para ocorrer aprendizagem significativa é relevante a relação do professor com o aluno, tendo em vista que educação não é e nem nunca foi um processo de auto instrução completo.

### 2.2.1 Aprendizagem significativa x aprendizagem mecânica

Até agora falou-se muito em aprendizagem significativa, na variável que mais influência, nas suas condições de ocorrência e em um recurso instrucional que pode facilitá-la. No entanto, a aprendizagem que mais ocorre na escola é outra: a aprendizagem mecânica, aquela praticamente sem significado, puramente memorialística, que serve para as provas sendo esquecida, apagada, logo após. Em linguagem coloquial, a aprendizagem mecânica é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos alunos e tão incentivada na escola (MOREIRA, 2011, p.31).

No ensino de Física um bom exemplo que demonstra uma aprendizagem mecânica ocorre quando o aluno simplesmente tenta ou decora fórmulas. Em alguns casos ele sabe a fórmula, mas não sabe como e onde usá-la. Uma constatação disso é que em nossas provas colocamos as fórmulas no quadro ou mesmo na própria prova. Todavia, alguns alunos, supostamente por aprenderem o assunto mecanicamente, não conseguem relacionar a fórmula que está diante dele, com determinado problema proposto na prova.

Outro exemplo no ensino de Física é com relação aos conceitos, leis e teoremas. Alguns alunos compreendem determinados conceitos, mas não conseguem fazer o relacionamento entre os mesmos, ou com uma lei física que envolva aquele(s) conceito(s). Como

exemplo, ao aprender os conceitos de massa, velocidade, tempo e força, ocorre que quando os alunos se deparam com o teorema do impulso, têm dificuldade para enxergar a relação entre tais conceitos. Isto ocorre quando o mesmo apresenta uma aprendizagem mecânica, quando apenas memorizou tais conceitos.

A distinção anteriormente estabelecida, entre aprendizagem significativa e mecânica não deve ser confundida com a distinção entre aprendizagem por descoberta e por recepção ou receptiva. Segundo Moreira e Masini (1982), na aprendizagem receptiva, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final. Na aprendizagem por descoberta, contudo, o conteúdo principal a ser aprendido deve, como o próprio nome indica, ser descoberto pelo aprendiz.

No entanto, após a descoberta, a aprendizagem só fará sentido quando uma conexão for estabelecida entre o conteúdo da descoberta e os conceitos de consumidor relevantes que já existem na estrutura cognitiva. Em outras palavras, conforme o conceito de Ausubel, por meio da aceitação ou descoberta, a aprendizagem só pode ser significativa se um novo conteúdo for incorporado à estrutura cognitiva de uma maneira não arbitrária e não textual. Isso significa que descobrir o aprendizado não é necessariamente significativo e receber o aprendizado não é necessariamente mecânico.

Ambos podem ser significativos ou mecânicos, dependendo de como a nova informação é abstraída na estrutura cognitiva. Por exemplo, a resolução de quebra-cabeças por tentativa e erro é um tipo de aprendizagem por descoberta, onde o conteúdo (solução) encontrado é geralmente incorporado de forma arbitrária à estrutura cognitiva, então aprenda mecanicamente.

## 2.2.2 Quais são os tipos de aprendizagem significativa?

Ausubel distingue três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional.

**A aprendizagem representacional** é o tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos, tipicamente às palavras, isto é, a identificação, por significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos e conceitos) para o indivíduo. Os símbolos significam aquilo que seus referentes significam Moreira (2006, p.25).

Um exemplo no ensino de Física é quando os alunos confundem o significado físico de uma grandeza física, com a expressão matemática que representa esta grandeza. O caso específico (massa constante) da 2ª Lei de Newton, cuja expressão matemática para a força resultante é dada por  $F_R = ma$ . Ao serem questionados sobre o que significa Força, muitos alunos respondem simplesmente que força é  $m \cdot a$ , ou seja, para estes alunos o símbolo matemático ( $F_R = ma$ ) tem o mesmo significado que o conceito físico de força.

**A aprendizagem de conceitos** é, de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos também são representados por símbolos particulares. Contudo, são genéricos ou categóricos, representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes, representam regularidades em eventos ou objetos.

**Na aprendizagem proposicional**, contrariamente à aprendizagem representacional, a tarefa não é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam, mas, sim, aprender o significado das ideias, sob forma de proposições. Geralmente, as palavras combinadas em uma sentença, de modo que a importância que está além da soma dos significados das palavras.

Para que o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva se torne mais claro e preciso, Ausubel propõe a “teoria da assimilação”, em que há um efeito facilitador na retenção. Na teoria da assimilação de Ausubel, a variável mais importante na construção de conhecimento é o conhecimento que o indivíduo já tem no momento do início da aprendizagem, os seus conhecimentos prévios Moreira (2006, p.28 – 29). Uma aprendizagem só será significativa, quando o que se aprende pode ser colocado em uma relação substancial com o que já se sabe.

Essa aprendizagem será tanto mais significativa quanto mais elementos da estrutura cognoscitiva forem relacionados ao novo conhecimento. Trata-se de uma questão de grau: quanto mais elementos forem relacionados, mais significativa é a aprendizagem. Existem, porém, algumas condições necessárias para se realizar uma aprendizagem significativa. São elas:

1. Que o conteúdo da aprendizagem seja significativo do ponto de vista lógico! Se não houver lógica, só a memorização ou uma técnica permitirá a reprodução desse conteúdo;
2. O material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo do ponto de vista psicológico, pois para aprender algo, o aluno deve ter, em sua estrutura mental, algum conhecimento prévio do conteúdo;
3. O aluno deve ter uma disposição favorável para aprendizagem, o que depende não só do sujeito, mas também do contexto em que ele se encontra. Deve haver um mínimo de voluntariedade daquele que aprende, mas isso pode ser desenvolvido, dependendo do manejo de ensino que possui quem ensina. Essa motivação pode passar inclusive por uma relação afetiva.

### 2.2.3 Quais são as formas de aprendizagem significativa?

O conteúdo cognitivo distinto que resulta do processo de aprendizagem significativa, e constitui o seu significado, é um produto interativo do modo particular como o conteúdo

da nova proposição que está relacionado com o conteúdo de ideias estabelecidas e relevantes existentes na estrutura cognitiva. A relação em causa pode ser subordinada, subordinante ou uma combinação das duas (AUSUBEL, 2003, p. 3).

**Aprendizagem subordinada** ocorre quando o conhecimento potencialmente significativo está ancorado em conceitos mais gerais e inclusivos. Conforme proposto por Ausubel e Novak (1978), a estrutura cognitiva tende à organização hierárquica das ideias, em que, na aprendizagem subordinada, novos conhecimentos subordinados interagem com a estrutura cognitiva, e o conhecimento existente é mais inclusivo.

Por exemplo, alunos que já possuem a inclusão da energia mecânica como uma combinação de energia cinética e energia potencial gravitacional interagem com o conceito de energia potencial elástica. Isso interage com o conceito mais abrangente de energia mecânica. A aprendizagem dependente é a coisa mais comum.

A aprendizagem de nível superior ocorre quando temos um conhecimento potencialmente importante e somos mais tolerantes nesse nível do que o conhecimento que já existe na estrutura cognitiva. Nesse caso, o aluno não tem uma ideia mais ampla do que no exemplo anterior. Se ele tiver os conceitos de energia cinética, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica, ele estabelecerá conexões entre essas formas de energia e associará semelhanças e diferenças na ordem para desenhar o conceito de energia mecânica.

No entanto, em alguns casos, a aprendizagem significativa não é subordinada nem superior. Nesses casos, o conhecimento potencialmente importante está relacionado ao conteúdo mais amplo da estrutura cognitiva, não apenas a conceitos ou proposições específicas, como ocorre na aprendizagem subordinada e superior.

O novo conceito não pode ser assimilado, nem pode assimilar outro conhecimento que já existe na estrutura cognitiva. É considerado potencialmente significativo porque constitui uma interação com uma combinação sensível de ideias pré-existentes e interage de forma não arbitrária com esse conteúdo. Conforme Moreira:

É como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva todo, de uma maneira geral, e não com aspectos específicos dessa estrutura, como ocorre na aprendizagem subordinada e mesmo na superordenada. (MOREIRA, 2009, pg-24).

O exemplo descrito por Moreira (2009) para a aprendizagem por combinação é a proposição de equivalência entre massa e energia, pois não se subordina apenas aos conceitos de massa ou apenas ao conceito de energia, nem se consegue abranger os dois, mas sim realizar uma combinação entre esses dois conceitos.

Como já foi destacado, a aprendizagem significativa não é aquela que o aprendiz nunca esquece. O esquecimento é uma consequência natural da aprendizagem significativa;

é o que Ausubel chama assimilação obliteradora, ou seja, a perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos em relação aos conhecimentos que lhes deram significados, que serviram de ancoradouro cognitivo.

Consideremos o esquema a seguir, onde  $a$  é um novo conhecimento (um conceito, uma proposição, uma fórmula...) e  $A$  um subsunçor (um conceito, uma proposição, uma ideia, um modelo...) especificamente relevante à aprendizagem significativa de  $a$ :  $a$  interage com  $A$  gerando um produto interacional  $a' A'$  dissociável em  $a' + A'$  durante a fase de retenção, mas que progressivamente perde dissociabilidade até se reduzir simplesmente a  $A'$ , o subsunçor modificado em decorrência da interação inicial. Houve, então, o esquecimento de  $a'$ , mas que, na verdade, está obliterado em  $A'$ .

Portanto, diferentemente da aprendizagem mecânica, onde o esquecimento é rápido e praticamente total, na aprendizagem significativa o esquecimento é residual, ou seja, o conhecimento esquecido está “dentro” do subsunçor, há um “resíduo” dele, no subsunçor. Quando não usamos um conhecimento por muito tempo, se a aprendizagem foi significativa temos a sensação (boa, tranquilizante) de que, se necessário, podemos reaprender esse conhecimento sem grandes dificuldades, em um tempo relativamente curto. Se a aprendizagem foi mecânica, a sensação (ruim, de perda de tempo no passado) é a de que esse conhecimento nunca foi aprendido, e não tem sentido falar em aprendizagem.

No início, a vantagem da aprendizagem significativa sobre a mecânica é a compreensão, o significado, a capacidade de transferência a situações novas (na aprendizagem mecânica o sujeito consegue lidar apenas com situações conhecidas, rotineiras). Mais tarde, a vantagem está na maior retenção e na possibilidade de reaprendizagem (que praticamente não existe quando a aprendizagem é mecânica) em muito menor tempo do que a aprendizagem original.

Desse modo, considera-se que aprendizagem significativa é todo processo de aquisição de conhecimento que resulte em mudança na estrutura cognitiva de quem aprende, cujo subsunçor é modificado.

Aprendizagem significativa não significa aprendizagem “adequada”. Quando um aprendiz atribui um significado a um conhecimento, e isso inclui os subsunçores, ocorre uma aprendizagem significativa nessa situação, sejam os conceitos aceitos como “corretos” ou “incorretos”. Como exemplo, são citados conceitos alternativos aprendidos de maneira significativa, embora errados muitas vezes. Eles são significativos para o aluno e fazem parte de seus subsunçores.

A chave para compreender a Aprendizagem Significativa é que o significado está nas pessoas, não em objetos ou situações. São as pessoas que dão sentido aos gestos, símbolos, palavras e linguagem em geral. Desempenha um papel fundamental na aprendizagem significativa porque sem ela seria impossível transmitir e partilhar significados, podendo

ser considerada um fator-chave no contexto da aprendizagem significativa receptiva, pois possibilita a existência de uma enorme quantidade de conteúdos que o sujeito possui, e que para ser concebido, sozinho nunca conseguiria aprender ao longo da vida.

Aprender o conteúdo, um conceito significativo, é também aprender sua linguagem, proposições, e não apenas palavras ou outras formas de expressão e comunicação. Neste trabalho, considera-se não apenas a linguagem verbal, mas também outras formas de expressão, como a caligrafia e os gestos utilizados nas possíveis entrevistas.

**A aprendizagem proposicional subordinante** ocorre quando uma nova proposição se pode relacionar ou com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente, ou com um vasto conjunto de ideias antecedentes geralmente relevantes da estrutura cognitiva, que se podem subsumir de igual modo.

Um exemplo desse tipo de aprendizado é a conservação do volume do exercício. Aprender em particular principalmente com o exemplo do choque mecânico: Os alunos percebem que durante o choque, uma certa quantidade de movimento é transferida de um corpo para outro, mas a quantidade total de movimento não é afetada constantemente. Nesse caso, é provável que os alunos entendam o princípio da conservação e compreendam as mudanças em cada quantidade específica concernente ao exercício.

**Na aprendizagem combinatória** refere-se a situações em que uma proposição potencialmente significativa não se pode relacionar com ideias específicas subordinantes e subordinadas da estrutura cognitiva do aprendiz, mas pode relacionar-se a uma combinação de conteúdos geralmente relevantes, bem como a outros menos relevantes, em tal estrutura (AUSUBEL, 2003, p. 3).

É importante destacar que a relação entre os conhecimentos prévios do aprendiz e os novos conhecimentos são essenciais em qualquer tipo de aprendizagem. O que precisa ser entendido agora é como absorver especificamente o novo conceito na estrutura cognitiva e como retê-lo na estrutura? Isso nos leva à teoria de Ausubel para absorver e reter conceitos significativamente.

#### 2.2.4 Implicações da (TAS) na proposta

A maioria dos conceitos existentes na estrutura cognitiva dos alunos está relacionada a uma ou mais imagens mentais que podem representar um objeto, uma situação, uma relação matemática, uma proposição. Portanto, seu reconhecimento torna-se importante para a compreensão do conhecimento. Aqui, as imagens mentais de objetos ou situações são consideradas parte do aluno.

Assim, para aprender novos conhecimentos significativamente, essas imagens mentais devem ser consideradas para resolver situações-problema. Associando novos conhecimentos a imagens existentes em sua estrutura cognitiva.

Portanto, para que uma aprendizagem significativa ocorra, em muitos casos, os alunos acreditam que deve haver uma imagem mental que sirva de âncora para novos conhecimentos. No entanto, se houver uma interação entre a imagem mental existente e a situação a ser aprendida, e a imagem mental existente for modificada, ocorrerá um aprendizado significativo.

Conforme proposto aqui, a aprendizagem significativa relacionada à (experimentos) de colisões não acontecerá imediatamente, pois o aluno incorpora novos conceitos ao revisar sua imagem mental. No que lhe concerne, isso leva tempo, dependendo do nível de conhecimento que existe na estrutura cognitiva do aluno. Por exemplo, cita-se o conteúdo abordado nesta proposta de trabalho: energia mecânica e colisões.

Se o aluno já possui uma imagem mental como inclusiva relativa à conservação da energia mecânica, significa que ele possui o conhecimento da energia potencial e da energia cinética, ou seja, existe uma imagem mental vital que possui certa ligação com o conceito de energia cinética ou potencial gravitacional. Essas imagens mentais podem ser energia cinética, ou seja, a energia cinética de um objeto em movimento, usada pelos alunos por padrão, portanto, o movimento e a velocidade do objeto podem estar relacionados à energia cinética ou energia potencial gravitacional.

No caso da energia potencial gravitacional, os alunos podem produzir imagens mentais de objetos a uma certa altura em relação ao solo. A imagem mental que representa a conservação da energia pode ser a imagem de um objeto caindo, ao cair sua velocidade aumenta, ligando essa transição à energia cinética e energia potencial gravitacional.

Os alunos também podem obter uma imagem mental da conservação da energia mecânica. Ao apresentar-lhe (seja qual for a forma, aula, livro ou experimento) o conceito de colisão, elástica e inelástica ele conseguirá compreender este novo conhecimento, pois esta nova informação, quando está relacionado a subsunçores específicos, também está relacionado às imagens mentais que existem nesses subsunçores.

No que lhe concerne, essas imagens mentais terão novos significados e se tornarão mais ricas e inclusivas, pois agora não são apenas parte do campo de energia mecânica, mas também parte da colisão mecânica.

Portanto, o desenvolvimento de um material potencialmente importante (experimentos) leva à construção informada de (novos) conhecimentos para aprender sobre fenômenos de colisão. Determinamos que experimentos de colisões poderiam ser desenvolvidos para gerar imagens relacionadas com os temas abordados e interagir com a estrutura cognitiva dos alunos.

Considera-se que as imagens mentais geradas a partir dos experimentos seriam uma âncora para o conhecimento existente, alterando assim o subsunçores do aluno. É relevante considerar o conhecimento prévio que já existe na estrutura cognitiva dos alunos,

pois grande parte do conhecimento é inconsistente com conceitos aceitos cientificamente.

Com isso, o desafio pedagógico torna-se ainda maior, pois se trata de uma mudança no conceito alternativo que vem se ancorando nos subsunçores. Estas concepções alternativas, conforme Moreira e Greca (2003), são resistentes às mudanças, e os autores consideram que:

“É uma ilusão pensar que um conflito cognitivo e/ou uma nova concepção plausível, inteligível e frutífera conduzirá à substituição de uma concepção alternativa significativa” (MOREIRA; GRECA, 2003, pg-306).

Esses experimentos têm significado potencial e podem criar conflitos entre os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva dos alunos, de modo a incorporar novos conhecimentos e modificar sua inclusão. Sua finalidade não é substituir o conhecimento, mas incorporar o conhecimento científico, modificando o conhecimento existente.

Obviamente, se o professor perceber que existe uma lacuna entre o novo conhecimento com aquela pessoa incluída na estrutura cognitiva do aluno, então o professor deve incluir o organizador anterior nas atividades de ensino. No âmbito desta proposta, o conhecimento da conservação de energia, energia cinética e potencial gravitacional é essencial para o ensino de colisões. Se o conceito não foi aprendido significativamente, ou seja, não foi fixado em um subsunçor adequado, o professor deve elaborar um material que auxilie seu aprendizado. Não existe uma abordagem única destes organizadores prévios, dependendo das dificuldades apresentadas pelo aluno.

Outro fator relevante para a aprendizagem significativa é a predisposição de aprendizagem do aluno. Caso contrário, quaisquer esforços feitos por esta recomendação para capacitá-lo a obter uma aprendizagem significativa serão inúteis.

Nesta proposta, as características das atividades desenvolvidas são: aprendizagem por aceitação, aprendizagem e combinação de proposições e aprendizagem superior. Durante os experimentos, os alunos puderam interagir com eles e modificar diversos parâmetros físicos, como massa, velocidade e ângulo de partida, que identificaram as características da colisão após o experimento. Pois, neste caso, conforme o guia de estudos e munido de própria curiosidade, o experimento é apresentado segundo as regras e fórmulas, onde o aluno é o receptor da informação, não um receptor passivo, pois está interagindo e realizando simulações.

Um exemplo de aprendizagem superordenada é quando existe uma relação entre massa e velocidade, e surge o conceito de energia cinética, mais abrangente que estes dois conceitos (massa e velocidade) isolados. Também, após o ensino das energias (gravitacional, cinética e elástica), discute-se o conceito de energia mecânica, que ocorre por uma aprendizagem superordenada, pois é mais abrangente que os outros conceitos de energia até então apresentados.

No primeiro experimento são apresentadas as relações entre estas formas de energia, conforme o tipo de colisão, caracterizando-se como uma aprendizagem subordinada.

Há também um estudo combinado nesta proposta, que permite aos alunos combinar os conceitos de conservação de energia e conservação de momento linear, para poderem compreender corretamente as características das colisões. Esse tipo de aprendizado é considerado um dos mais difíceis de aprender, só acontecerá quando o aluno tiver os conceitos de conservação de energia e de momento em sua estrutura cognitiva e conseguir conectar esses dois conceitos.

Também usamos imagens mentais para resolver problemas, conforme mencionado anteriormente, porque fazem parte da estrutura cognitiva do aluno. Quando um aluno se depara com uma situação-problema, ele buscará por imagens dentro de suas imagens mentais que possam ser usadas como inclusão (ele pode chamá-la imagem a “priori”, seu conhecimento prévio) para simulação mental. Em suma, se não houver imagem mental relacionada a novos conhecimentos na estrutura cognitiva, é difícil realizar simulações mentais.

Note-se que a imagem mental que pertence a todos não é suficiente para a simulação mental. Nesse caso, os alunos podem ter imagens mentais que nada têm a ver com os elementos da estrutura cognitiva, ou seja, aprendizado mecânico, e imagens específicas que logo serão modificadas.

Se os alunos usam imagens geradas por experimentos de colisões em suas simulações mentais, significa que as imagens mentais existentes originalmente faziam parte da inclusão sendo modificadas devido ao importante aprendizado que contêm, ancorando a simulação computacional das imagens.

## 2.2.5 A teoria dos campos conceituais

A teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud, uma teoria cognitivista que visa fornecer um quadro coerente do processo de conceitualização do real. Esta é uma teoria pragmática no sentido de que pressupõe que a aquisição do conhecimento é moldada por situações, problemas e ações do sujeito nessas situações. A finalidade desta teoria é:

“propor uma estrutura que permita compreender as filiações e rupturas entre conhecimentos, em crianças e adolescentes, entendendo-se por ‘conhecimento’, tanto as habilidades quanto às informações expressas” (MOREIRA, 2002, pg-3).

Conforme Moreira (1993, p.3) o conceito de campo conceitual é, então, introduzido como a unidade de estudo adequada para dar sentido às dificuldades observadas nesse processo de conceitualização do real. Assim, o professor sempre trabalhará baseado

nas dificuldades do aprendiz. Por outro lado, uma situação não pode ser analisada por intermédio de um só conceito.

Portanto, deve-se falar de domínios conceituais, não de situações isoladas ou conceitos isolados. A teoria de Vergnaud não é uma teoria de ensino de conceitos explícitos e formalizados, embora tenha subjacente a ideia de que os conhecimentos-em-ação (largamente implícitos) podem evoluir, temporalmente, para conhecimentos científicos (explícitos).

A teoria de Ausubel, por outro lado, se ocupa exatamente da aquisição de conceitos explícitos e formalizados, chegando inclusive a propor princípios programáticos — como a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação para a organização do ensino. (Moreira, 2002 p.21).

Vergnaud considera o campo conceitual como uma unidade de estudo para dar sentido às dificuldades observadas na conceitualização do real e, como foi dito antes, a teoria dos campos conceituais supõe que a conceitualização é a essência do desenvolvimento cognitivo Moreira, (2002 p.10).

Vergnaud define conceito como uma tríade de três conjuntos (S, I, R). Em que, de acordo com Moreira (2002):

1. S= é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito, é a referência;
2. I= é um conjunto de invariantes operatórios, mecanismos utilizados pelo sujeito na resolução do problema (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação), é o significado;
3. R= é um conjunto de representações simbólicas, utilizadas tanto para apresentação como para resolução do problema, é o significante do conceito, etc.

Esse conjunto de representações simbólicas pode conter linguagem natural, gráficos, diagramas e sentenças formais que podem ser usadas para indicar e representar os invariantes e, conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas (MOREIRA, 2002). Toda vez que um sujeito resolve um problema significa que ele desenvolveu um eficiente esquema para tratá-lo, desaparecendo, assim, o caráter problemático referente a essa situação.

Moreira (2002), esclarece que:

“enquanto os esquemas se mantêm como estruturas na memória de longo prazo, com os teoremas e conceitos-em-ação, no momento de enfrentar-se com uma situação nova os sujeitos geram representações na memória de curto prazo, os modelos mentais da situação em questão, modelos de trabalho para a resolução da tarefa”. (MOREIRA, 2002, pg-12).

## 2.2.6 A definição de esquema de Vergnaud

A teoria do campo conceitual é uma teoria objetiva que usa a investigação do comportamento do sujeito em uma situação. Nesse sentido, a conceitualização não é apenas uma definição, mas também o fundamento da capacidade de efetivar as ações. Portanto, a definição de modo ocupa um lugar especial na teoria do campo conceitual. A ideia original do esquema não era do próprio Vergnaud, mas ele a adaptou para estudar os aspectos cognitivos do sujeito contextual.

Vergnaud reconhece igualmente que sua teoria dos campos conceituais foi desenvolvida também a partir do legado de Vygotsky. Isso se percebe, por exemplo, na importância atribuída à interação social, à linguagem e à simbolização no progressivo domínio de um campo conceitual pelos alunos. Para o professor, a tarefa mais difícil é a de prover oportunidades aos alunos para (desenvolvam) seus esquemas na zona de desenvolvimento proximal, VERGNAUD e MOREIRA, (2002, p.8).

O sentido inicial que o sujeito atribui a situação e sua conduta é sustentado pelo conjunto de esquemas iniciais que ele possui. Um esquema é eficaz para toda a gama de situações, podendo gerar diferentes sequências de ação, coleta e controle de informações segundo a particularidade desta ou daquela ação que o sujeito deve desenvolver nessa situação.

“Mas frente a uma situação nova, é preciso acomodar, ou seja, construir um novo esquema de assimilação e é exatamente aí que parece encaixar bem a ideia de modelo mental: para compreender uma nova situação o sujeito constrói, inicialmente, um modelo mental (que, como foi dito, pode conter invariantes operatórios), não um esquema de assimilação.” (MOREIRA, 2002, pg-25).

“Os esquemas evocados pelo sujeito numa dada situação ou frente a representações simbólicas é o que constitui o sentido dessa situação ou representação para esse indivíduo” (VERGNAUD, MOREIRA, 2002, p.11).

No entanto, os conceitos usados podem não ser conceitos científicos verdadeiros, assim como os teoremas podem não ser teoremas científicos verdadeiros. São esses conceitos e teoremas usados em ações — também conhecidos como invariantes operacionais — que tornam possível a descrição detalhada dos cenários. De acordo com Moreira (2002), do ponto de vista teórico:

O conceito de esquema proporciona o indispensável vínculo entre a conduta e a representação: a relação entre situações e esquemas é a fonte primária da representação, portanto, da conceitualização. Por outro lado, são os invariantes operatórios que realizam a articulação essencial entre teoria e prática, pois a percepção, a busca e a seleção de informação baseiam-se inteiramente no sistema de conceitos-em-ação disponíveis para o sujeito (objetos, atributos, relações, condições, circunstâncias...) e nos

teoremas-em-ação subjacentes à sua conduta.” “As expressões conceito-em-ação e teorema-em-ação designam os conhecimentos contidos nos esquemas. São também designados, por Vergnaud, pela expressão mais global, invariantes operatórios. Teorema-em-ação é uma proposição verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento pertinente. (MOREIRA, 2002, pg-7).

Os alunos precisarão analisar operações bem escolhidas e bons dados em modelos para resolver um problema com muitas opções. Obtenha informações, informações físicas (como métricas) na leitura do discurso, pesquise dados em documentos (em livros, tabelas estatísticas, etc.) e restaure conceitos e teoremas previamente processados (energia e massa, movimento relativo, conservação de energia, etc.) E essas informações são totalmente combinadas por operações de adição, subtração, multiplicação e divisão, e geralmente obedecem ao plano, especialmente para alunos que dominam essas situações.

Ou seja, existe uma grande variedade de situações em um dado campo conceitual e as aprendizagens dos alunos são moldadas pelas situações com as quais se depararam e progressivamente dominaram, particularmente as primeiras suscetíveis de dar sentido aos conceitos e procedimentos que lhes queremos ensinar. (MOREIRA, 2002, pg-26).

De acordo com Moreira (2002), do ponto de vista teórico: O conceito de esquema proporciona o indispensável vínculo entre a conduta e a representação; a relação entre situações e esquemas é a fonte primária da representação, portanto, da conceitualização. Por outro lado, são os invariantes operatórios que realizam a articulação essencial entre teoria e prática, pois a percepção, a busca e a seleção de informação baseiam-se inteiramente no sistema de conceitos-em-ação disponíveis para o sujeito (objetos, atributos, relações, condições, circunstâncias. . .) e nos teoremas sem-ação subjacentes à sua conduta.

Em geral, os alunos não conseguem explicar ou mesmo expressar em linguagem natural seus teoremas e conceitos-em-ação. Na abordagem de uma situação, os dados a serem trabalhados e a sequência de cálculos a serem feitos dependem de teoremas-em-ação e da identificação de diferentes tipos de elementos pertinentes.

A maioria desses conceitos e teoremas-em-ação permanecem totalmente implícitos, mas eles podem também ser explícitos ou tornarem-se explícitos e entra o ensino: ajudar o aluno a construir conceitos e teoremas explícitos, e cientificamente aceitos, a partir do conhecimento implícito. É nesse sentido que conceitos-em-ação e teoremas-em-ação podem, progressivamente, tornarem-se verdadeiros conceitos e teoremas científicos, mas isso pode levar muito tempo. (MOREIRA, 2002, p.10).

# 3 FUNDAMENTAÇÃO DE FÍSICA

## 3.1 Revisão de Física

Inicialmente, apresenta-se uma revisão bibliográfica a respeito das colisões, principalmente de trabalhos relacionados com ensino e seus encadeamentos nesta proposta.

### 3.1.1 Colisões mecânicas

O estudo das colisões é um dos aspectos mais importantes da física fundamental. A análise de colisão é considerada relevante por vários motivos: por permitir estudar o teorema do momento de impulso; porque este é um problema clássico de aplicação dos princípios de conservação de energia e momento linear a sistemas de partículas; usado para introduzir ideias que foram posteriormente usadas na física de altas energias.

Para essas aplicações, foram selecionados artigos publicados nos seguintes periódicos: A Física na escola, Acta Scientiae, American Journal of Physics, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Computers Education, Enseñanza de las Ciencias, European Journal of Physics, International Journal of Science Education, Investigações em Ensino de Ciências, Journal of Computer Assisted Learning, Journal of Research in Science Teaching, Physics, Physics Education, Revista Brasileira de Ensino de Física, Revista Ciências Exatas e Naturais e Science e Education.

A pesquisa de periódicos adota a abordagem de ferramentas de pesquisa Google, Google Acadêmico, com os seguintes termos: colisões, colisão e collisions. Após a busca, foram encontrados artigos que implicam com o estudo de colisões.

### 3.1.2 Artigos conceituais de colisão

Considerando os trabalhos que discutem os conceitos de colisões, a maior concentração está nos periódicos American Journal of Physics e The Physics Teacher.

Viana e Fernandes (2003) Discutiram as deformações que ocorrem nos objetos no instante da colisão elástica, considerando que no instante da colisão, a energia cinética é convertida em energia potencial de deformação elástica. Os resultados obtidos mostram que a deformação da bola de metal é uma fração de milímetro. A análise realizada é adequada para baixas velocidades onde a dissipação de energia térmica ou acústica é desprezível.

Os resultados aqui apresentados e discutidos são relevantes para este estudo, pois, em geral, o ensino de colisão considera apenas as leis de conservação e não considera as

deformações que ocorrem no instante da colisão. Roeder (2003), A pesquisa sobre colisão é analisada a partir da segunda lei de Newton, considerando o impulso recebido por um objeto no momento da colisão, a terceira lei de Newton também é considerada em sua análise. Como resultado dessa análise, o autor relaciona a conservação da energia cinética com a conservação do momento linear do sistema.

Um ponto interessante levantado neste trabalho é a abordagem do autor sobre a conservação da energia cinética, relacionando-a com o impulso recebido pelo centro de massa no instante da colisão. Por exemplo, ele apontou que o centro de massa recebe duas vezes mais impulso em uma colisão elástica do que em uma colisão completamente inelástica. O tipo de colisão está diretamente relacionado ao momento linear ao qual o objeto está sujeito.

Mors (2011) discute matematicamente a energia cinética que pode ser perdida em uma colisão unidimensional. Mostra que a energia cinética mínima que deve ser mantida após a colisão ocorre quando as velocidades dos objetos são iguais após a colisão. Além disso, discute quanta energia cinética é perdida em uma colisão unidimensional.

Outro trabalho de Machado e Potiguar (2011) se obtêm resultados também considera a geometria em colisões, porém, considerando todas as equações mecânicas pertinentes na colisão, incluindo a rotação da esfera “(um corpo rígido)” na colisão.

Neste estudo, os autores implementaram no comportamento mecânico no momento da colisão o movimento rotacional, permitindo uma análise detalhada da conservação de energia. Ademais, eles discutiram possíveis mudanças no comportamento de uma bola de futebol e seu impacto com o solo, usando uma análise matemática detalhada do fenômeno para esse fim.

Por outro lado, ainda sobre as colisões com o solo, há também o trabalho de Silveira (2014), que considera o efeito estilingue, que consiste em analisar duas esferas de massas diferentes, onde a de massa menor “é abandonada para colidir com a outra” que possui maior massa.

No momento da colisão, devido à transferência de energia da esfera maior para a esfera menor, esta última retorna para alcançar uma altitude maior do que quando foi abandonada.

### 3.1.3 Atividades experimentais relacionadas ao estudo de colisões

Chesman et al. (2005) descrevem uma atividade experimental para abordar as leis de conservação através da colisão lineares entre duas bolas de bilhar. Foi montado um arranjo de madeira em que uma bola seria mantida “em repouso em um lugar” onde “colide” com a outra bola “inicialmente suspensa”.

A posição desta segunda esfera será a uma altura ajustável, e quando submetida a uma colisão com outra esfera, será lançada a uma certa distância em relação à horizontal. Os alunos determinam onde a bola cairá e para isso, eles devem usar leis de conservação para conseguir determinar essa distância.

Bianchi e Filho (1985) descrevem detalhadamente a construção de pêndulos balísticos. Por meio dessa atividade, os autores buscam poder discutir a conservação do momento linear e da energia mecânica. Ao final do trabalho, os autores apresentam alguns resultados experimentais e teóricos mostrando que a atividade está próxima do valor teórico.

Cavalcante, Bonizzia e Gomes (2008) descrevem uma atividade que utiliza fontes de aquisição de dados, microfones e placas de som como “interfaces” para medir intervalos de tempo. Nesta proposta, os autores descrevem uma atividade para analisar a conservação do momento linear em colisões. Com sensores fotoelétricos, a velocidade das esferas antes e depois da colisão pode ser medida por análise por “software”. A partir dos valores obtidos, pode-se determinar o coeficiente de restituição.

### 3.1.4 Concepções espontâneas dos estudantes em relação às colisões

Em uma narrativa apresentado por vários autores Bañas, Mellado e Ruiz (2004), Barbosa e Borges (2006), Pacca e Henrique (2004), Grimellini-Tomasini et al. (1993) e Villani (1991), referem-se às dificuldades que os alunos têm em usar a lei da conservação da energia, uma ideia popular de comunicação, como transferência de algo, de um projétil para um alvo. Os alunos usam a concepção espontânea, onde a energia é parcial ou totalmente transferida do corpo que colidiu para o corpo que sofreu a colisão.

Constata-se também que os alunos têm dificuldade em analisar os momentos iniciais e finais da colisão, dificultando assim o aprendizado das leis de conservação. Eles relacionam a energia do sistema em diferentes momentos, mas não descrevem como ocorre a transferência de energia, Villani, Carvalho et al. (1997). Em geral, os alunos não são obrigados a analisar as interações que ocorrem durante as colisões, pois basta aplicar os princípios de conservação de energia em relação aos estados final e inicial do sistema.

Quando há perda de energia em uma colisão, nota-se que os educandos necessitam explicar, principalmente a quantidade de energia perdida. Por exemplo, quando a massa do alvo é maior que a do projétil, eles tendem a introduzir perdas de energia Grimellini-Tomasini et al. (1993); Villani e Pacca (1990a); Villani e Pacca (1990b). Em geral, o ensino médio analisa o tipo de colisão por meio do coeficiente de restituição, que não considera a perda ou ganho de energia, mas analisa a razão entre as velocidades relativas de saída e aproximação.

Isso dificulta para muitos alunos definir o tipo de colisão pela conservação da energia

cinética do sistema. Grimellini-Tomasini et al. (1993) constataram que, entre os alunos do ensino superior, a análise de colisão via dissipação ou ganho de energia estava longe do conceito de espontaneidade do aluno. Os alunos focaram sua atenção nas mudanças de velocidade dos corpos na colisão; mesmo tendo estabelecido a relação entre a inelasticidade da colisão e a perda de energia, acharam mais fácil realizar a análise a partir das mudanças de velocidade dos corpos que integram o sistema.

Assim como os alunos têm dificuldade em entender a lei da conservação da energia, verificou-se que para a lei de conservação de momento linear não é diferente. O modelo de transporte utilizado pelos alunos na conservação de energia dificulta a construção da ideia de conservação do momento linear.

Grimellini-Tomasini et al. (1993), Villani e Pacca (1990.<sup>a</sup>) identificaram em estudantes de pós-graduação a ideia da produção de uma força contrária, reativa. Segundo esses autores, difere da terceira lei de Newton por estar ligada pela ideia de uma lei de conservação. Usando esse conceito, é difícil para os alunos prever o que acontecerá com a energia cinética do alvo a partir do movimento do projétil, porque não há conexão entre o movimento do projétil e a resposta do alvo.

Ainda sobre o momento linear, é difícil para os alunos reconhecê-lo como um vetor. Segundo Grimellini-Tomasini et al. (1993), os alunos devem conseguir descrever como um sistema evolui, identificando o momento linear como um vetor. No entanto, sabe-se que o conceito de vetor tem pouca semelhança com as concepções do aluno Villani e Pacca (1990b).

Os alunos também acharam difícil prever a velocidade final dos objetos em uma colisão. Para tanto, os alunos devem reconhecer que as leis de conservação, energia e quantidade de movimento são necessárias e suficientes para analisar colisões.

Os alunos devem entender a determinação da velocidade final do sistema após uma colisão somente se ambas as leis forem satisfeitas, Grimellini-Tomasini et al. (1993). Talvez a dificuldade de determinação possa estar nas dificuldades que os alunos têm em determinar as leis de conservação Grimellini-Tomasini et al. (1993); Villani e Pacca (1990b).

Finalmente, os alunos têm dificuldade em explicar sistemas isolados. Segundo Grimellini-Tomasini et al. (1993). “[...] o corpo tem algo que pode ser dado ao outro pelo processo da individualidade de cada corpo ser um absoluto”.

Como resultado, os alunos têm dificuldade de entender que esses objetos fazem parte de um sistema e devem ser analisados como um conjunto. Essa interpretação dificulta a compreensão do conceito de conservação do momento linear.

Apenas um trabalho utilizou explicitamente o referencial teórico da (TAS). Além disso, o estudo de Grimellini-Tomasini et al. (1993), mostraram que os alunos tinham algumas concepções diferentes do conceito de colisão:

1. Em aplicar as leis de conservação de energia;
2. Dificuldade em determinar o tipo de colisão através da conservação ou não de energia cinética;
3. Dificuldade em entender a lei de conservação e a quantidade de movimento;
4. Dificuldade em compreender quantidade de movimento como grandeza vetorial;
5. Dificuldade em estabelecer uma relação entre velocidades finais utilizando as leis de conservação;
6. Dificuldades em diferenciar às duas leis de conservação.

Com base nos resultados deste estudo bibliográfico, há necessidade de pesquisas na área de experimentação no ensino de física que busquem determinar detalhadamente como essas ferramentas interferem no ensino de física. Com a utilização de experimentos de colisões, torna-se importante verificar se ocorreram modificações às concepções alternativas dos estudantes, após a sua utilização. É importante verificar se os conceitos alternativos dos alunos mudaram após o uso.

### 3.1.5 O Conceito de Energia mecânica nos livros de Ensino Universitário

Apresenta-se, agora, o princípio de conservação de energia em pequenos recortes dos respectivos conceitos chaves tratados em três livros de ensino de física básica para a formação, seja de professores em formação inicial, ou nas disciplinas iniciais de física. São os seguintes livros: Nussenzveig (1981), Tipler e Mosca (2009); Halliday, Resnick e Walker (2009).

Em seguida, com base na meta-discussão, mostraremos que a abordagem adotada nos livros tende a priorizar certas visões dos conceitos em detrimento de outras. Para fortalecer nosso argumento, enfatizaremos o teorema de trabalho — energia proposta nos livros. Para o desenvolvimento deste trabalho, e necessária uma breve revisão teórica dos conceitos físicos que trataremos na sequência de ensino. Faz-se uma transposição didática para os alunos do ensino médio no sentido de simplificar as equações matemáticas.

### 3.1.6 Definição de Energia

As dificuldades envolvidas na definição formal de energia são mutuamente acordadas. Embora muitos livros tradicionais resumem a energia como “a capacidade de realizar trabalho”, a energia é maiormente definida pela sua conservação.

De acordo com Barbosa e Borges (2006). Entre os conceitos da ciência escolar que se espera que todo estudante aprenda, o de energia é considerado como um dos

mais difíceis de ser ensinado e aprendido, por várias razões: por ser usado em diferentes disciplinas escolares, que enfatizam os seus diferentes aspectos; no ensino fundamental, sendo estudado muito superficialmente, disponível apenas na aprendizagem dos nomes de algumas manifestações de energia, nem todas elas consensuais; a noção de energia é também utilizada na linguagem cotidiana, confundindo-se com outras ideias, como as de força, movimento e potência; a aprendizagem do significado de energia em Física requer um alto grau de abstração, além de conhecimentos específicos de suas várias áreas, como mecânica, eletricidade, termodinâmica, etc.

Bunge (2000) faz uma análise do estatuto do conceito de energia, destacando que, da forma como é exibido apresentado nos livros e como é ensinado, torna-se abstrato e pouco informativo.

O que é energia?

Segundo Calçada e Sampaio (2012), ninguém ainda deu uma definição satisfatória de energia, que se apresenta de várias formas. Às vezes é possível dar uma definição que serve para alguns casos, mas não serve para todos. O fato de não se ter uma definição geral não aflige os físicos, como podemos constatar ao ler o trecho a seguir, extraído de um livro do físico americano Richard Philips Feynman:

É importante observar que hoje não sabemos o que é energia. [...] O que sabemos é que existe uma lei governando todos os fenômenos naturais conhecidos até hoje? Não existe nenhuma exceção conhecida a essa lei, conhecida pelo nome de Lei da Conservação da Energia. Ela estabelece há uma certa quantidade, que chamamos energia, cujo valor não se altera, nas várias mudanças que ocorrem na natureza. Ela não é a descrição de um mecanismo ou de qualquer coisa concreta. É uma lei abstrata porque é um princípio matemático. Ela exprime que, quando calculamos um certo número (o valor da energia) no início e no fim de um processo, os resultados são iguais. (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008, pg-53).

Para reforçar isso, livros, professores, mídia impressa e televisão mencionam o conceito de energia vagamente. Por exemplo, fala-se em gastar e repor energias, em bebidas e alimentos energéticos, em indivíduos ou ações enérgicas. Na linguagem do dia-a-dia o termo energia adquire significados e propriedades não reconhecidos pela ciência, como nas expressões comuns recarregar as energias ou descarregar as energias negativas, no mesmo, isso sem falar em outros sentidos mais esotéricos Bunge (2000, pg-185).

### 3.1.7 Definição de energia como é apresentada nos livros examinados.

#### 3.1.7.1 Nussenzweig (2013)

Nussenzweig, no capítulo 6 intitulado (trabalho e energia mecânica) faz a demonstração de que a grandeza  $\frac{1}{2}mv^2 + mgz$  é conservada no movimento de uma partícula sob a ação do campo gravitacional uniforme na vizinhança da superfície da Terra”.

Isso vale para toda partícula de massa  $m$  e para qualquer que seja esse movimento. Conforme o autor a validade dessa igualdade para todas as partículas do sistema através de  $E = \sum \frac{1}{2}m_i v^2 + mgz_i$  onde a soma é estendida a todas as partículas conformando o sistema . Nussenzveig (2013, p.139–140). Somente na página seguinte anunciar que “chama-se ENERGIA a capacidade de produzir trabalho” Nussenzveig (2013, p.141).

Nussenzveig eventualmente refere-se a “energia como sendo a capacidade de produzir trabalho”, o caminho de ensino que ele percorreu começou conceitualmente com dois exemplos, provando matematicamente que algo foi preservado, assim o conceito só poderia ser apresentado mais tarde.

### 3.1.7.2 Tipler e Mosca (2009)

Na seção 6.4 se faz uma introdução do teorema trabalho e energia, apresentando a ideia de energia como sendo “um dos conceitos unificadores mais importantes da ciência”. Assim os autores definem energia de um sistema como sendo “uma medida de sua habilidade em realizar trabalho” Tipler e Mosca (2009, pg-171).

### 3.1.7.3 Halliday, Resnick e Walker (2009)

Assumem a dificuldade na definição concisa do conceito da energia para, a seguir, afirmar que “tecnicamente, a energia é uma grandeza escalar associada ao estado de um ou mais objetos...” Contudo, os próprios autores entendem tratar-se de uma definição vaga e que uma boa definição inicial, menos rigorosa, seria considerar que “é um número que associamos a um sistema de um ou mais objetos”Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-153) , logo a energia cinética de uma partícula:

$$K = \frac{1}{2}m.v^2 \quad (3.1)$$

A energia pode ser transformada de um tipo para outro e transferida de um objeto a outro, mas a quantidade total é sempre a mesma (a energia é conservada) Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-153). A unidade S.I. de energia cinética (e todos os tipos de energia) é o “joule” (J), denominado por James Prescott Joule, um cientista inglês dos anos 1800 e definido como:

$$1 = 1J = 1kg \cdot m^2/s^2 \quad (3.2)$$

### 3.1.8 Categorias de energia

#### 3.1.8.1 Energia cinética

#### 3.1.8.2 Nussenzveig (2013)

“A energia cinética de uma partícula de massa  $m$  que se move com velocidade  $v$  é dada por  $T = \frac{1}{2}mv^2$  onde  $v = |v|$ ”, Nussenzveig (2013, pg-141-142). No sistema S.I.

$$1 = 1J = 1kg \cdot m^2/s^2 \quad (3.3)$$

#### 3.1.8.3 Tipler e Mosca (2009)

Diferentes termos são usados para descrever a energia associada a diferentes condições ou estados do sistema. Conforme os autores, energia cinética é a energia associada ao movimento”.Tipler e Mosca (2009, pg-171). Em seguida, os autores associam força e energia cinética afirmando que “quando Forças realizam trabalho sobre uma partícula, o resultado é uma variação da energia associada ao movimento da partícula — a energia cinética”, Tipler e Mosca (2009, pg-171).

Os autores relacionam trabalho e energia cinética, aplicando a segunda lei de Newton para demonstrar a validade da afirmação em que, por fim, apresentam a “quantidade  $\frac{1}{2}mv^2$  e” uma grandeza escalar que representa a energia associada ao movimento da partícula sendo chamada energia cinética  $K$  da partícula  $K = \frac{1}{2}mv^2$ , Tipler e Mosca (2009, pg-172).

#### 3.1.8.4 Halliday, Resnick e Walker (2009)

Os autores definem a energia cinética  $K$  como sendo a energia associada ao estado de movimento de um objeto. Quanto mais rápido o objeto se move, maior é sua energia cinética. Quando o objeto está estacionário, sua energia cinética é zero. Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-154). Tem-se  $K = \frac{1}{2}mv^2$ .

#### 3.1.8.5 Energia potencial gravitacional

#### 3.1.8.6 Nussenzveig (2013)

O autor faz uma associação do trabalho realizado por um bate-estacas que, na posição  $z_0$  de altura máxima, sua energia seria dada por  $E = mgz_0$ . Esta forma de energia, que só depende da posição onde o bloco se encontra, chama-se energia potencial, e vamos representá-la por  $U$ . Para uma massa  $m$  à mesma altura  $z$  na vizinhança da superfície terrestre, a energia potencial gravitacional é dada por  $U = mgz$  Nussenzveig (2013, pg-141-142).

### 3.1.8.7 Tipler e Mosca (2009)

Tipler e Mosca relacionam a energia potencial gravitacional com a invariância da energia cinética do sistema porque com frequência, a energia transferida a um sistema, pelo trabalho realizado por forças externas sobre ele, não irá aumentar a energia cinética total do sistema. Conforme os autores, este trabalho é armazenado como energia potencial gravitacional do sistema Tipler e Mosca (2009, pg-197).

### 3.1.8.8 Halliday, Resnick e Walker (2009)

Os autores declaram que “Tecnicamente, energia potencial é qualquer energia que pode ser associada à configuração (arranjo) de um sistema de objetos que exercem forças uns sobre os outros.” Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-181) em seguida, associa ao trabalho.

## 3.1.9 Trabalho e energia mecânica

O conceito de trabalho parece difícil de entender. Igual à definição formal dada no livro o conceito de energia, o conceito de trabalho está geralmente relacionado ao deslocamento do objeto quando a força é aplicada sobre este.

### 3.1.9.1 Nussenzveig (2013)

Consideremos um “bate-estacas”, que opera suspendendo um bloco a uma altura acima da estaca que se quer enterrar ao deixar o bloco cair sobre ela. Dizemos que a força  $F$  aplicada à estaca, enterrando-a um certo  $\Delta z$ , ou seja, produzindo um deslocamento de  $\Delta z$  na direção da força, realiza um trabalho  $\Delta W$  sobre a estaca. Nussenzveig (2013).

$$\Delta W = F \cdot \Delta z \quad (3.4)$$

O trabalho é tanto maior quanto maior o deslocamento ou a força sob a ação da qual esta se realiza.

Em seguida o autor explica o conceito de trabalho de uma força variável onde se realiza uma demonstração gráfica e da equação  $W_{x_0 \rightarrow x_1} = \int_{x_0}^{x_1} F(x) dx$  onde considera um caso particulares de trabalho usando de uma força oriunda de uma mola, que depende da constante da mola.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida para trabalho combina uma unidade de força, newton (N), com uma unidade de distância, metro (m); a unidade de trabalho então é o newton-metro (N.m), também chamada, “joule” (J) HEWITT e Conceitual (2011).

### 3.1.9.2 Tipler e Mosca (2009)

Inicialmente os autores realizam uma pequena introdução exemplificando que não se trata de trabalho como esforço pessoal (esforço físico ou mental).

Trabalho é definido como “a transferência de energia por uma força”. Se você estica uma mola puxando-a com sua mão, energia é transferida de você para a mola e esta energia é igual ao trabalho realizado pela força de sua mão sobre a mola.

Trabalho é uma grandeza escalar que pode ser positiva, negativa ou zero. O trabalho realizado pelo corpo A sobre o corpo B é positivo se alguma energia é transferida de A para B, sendo negativa se alguma energia é transferida de B para A. Se não existe energia transferida, o trabalho realizado é zero. Tipler e Mosca (2009, pg-169).

“Trabalho é realizado sobre um corpo por uma força quando o ponto de aplicação da força se desloca. Para uma força constante, o trabalho é igual à componente da força no sentido do deslocamento vezes a magnitude do deslocamento. ”Tipler e Mosca (2009, pg-169).

### 3.1.9.3 Halliday, Resnick e Walker (2009)

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2009) trabalho é “a energia transferida para um objeto ou de um objeto através de uma força que age sobre o objeto. Quando a energia é transferida para o objeto, o trabalho é positivo; quando a energia é transferida pelo objeto, o trabalho é negativo” Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-155).

Em seguida, os autores definem o conceito de Trabalho”, como sendo, a energia transferida; faz-se uma observação que o termo transferência pode ser enganador e se parece mais com a transferência eletrônica de dinheiro entre duas contas bancária e não é como um fluxo de água.

Teorema do trabalho — energia cinética, considere uma partícula de massa  $m$  que se move sob a ação de uma resultante de forças  $F$ . O trabalho  $W$  realizado por esta força sobre a partícula será:

$$W = \int_i^f F(x)dx = \int_i^f (ma)dx \quad (3.5)$$

mas, por outro lado.

$$(ma)dx = \left(m \frac{dv}{dt}\right)dx = \left(m \frac{dv}{dt}\right)\left(\frac{dx}{dt}dt\right) = \left(m \frac{dx}{dt}\right)\left(\frac{dv}{dt}dt\right) = (mv)(dv) \quad (3.6)$$

ou seja:

$$W = \int_i^f mvdv = \frac{1}{2}mv^2|_i^f = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (3.7)$$

Considerando que  $K = \frac{1}{2}mv^2$ . Assim temos  $W = K_f - K_i = \Delta K$

### 3.1.10 Conservação de energia mecânica no movimento unidimensional

#### 3.1.10.1 Nussenzweig (2013)

Inicialmente o autor cita um exemplo do movimento vertical de queda livre, para introduzir o conceito de conservação da energia mecânica, o trabalho realizado por uma força qualquer sobre uma partícula é igual à variação da energia cinética da partícula entre as posições inicial e final.

Em seguida os autores, enuncia a ideia de que o trabalho é igual à variação da energia cinética, explicitando matematicamente a conservação da energia mecânica. Em seguida partindo da variação da energia potencial elástica como sendo igual ao trabalho realizado. A partir dessas duas discussões, o autor combinou algumas equações matemáticas e resumiu os resultados da observação onde temos que:

$$E = T + U(x) = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \quad (3.8)$$

Conforme o autor, “forças sob a ação das quais existe uma função energia mecânica que se conserva durante o movimento da partícula, chamam-se forças conservativas”, Nussenzweig (2013, pg-114).

Após tentar persuadir a validade do conceito de conservação, o autor afirma ser capaz de “expressar a condição para que uma força seja conservativa”, Nussenzweig (2013, pg-115).

$$\int_{x_0}^{x_1} F(x)dx = W_{x_0 \rightarrow x_1} = U_0 - U_1 \quad (3.9)$$

implicando em  $\int_{x_1}^{x_0} F(x)dx = W_{x_1 \rightarrow x_0} = -\int_{x_0}^{x_1} F(x)dx = U_1 - U_0$ , somando membro a membro,  $W_{x_0 \rightarrow x_1} + W_{x_1 \rightarrow x_0} = 0$ . Portanto, o trabalho total realizado em um “viagem de ida e volta” é nulo.

Sendo intuitivo “que isto corresponde a uma força que conserva a energia mecânica: se faz preciso fornecer trabalho à partícula na “ida”, o qual é integralmente devolvido na “volta”, Nussenzweig (2013, pg-116).

#### 3.1.10.2 Tipler e Mosca (2009)

Após os autores explanarem o conceito de trabalho, e energia cinética e energia potencial Gravitacional nos tópicos preliminares, distintos, Tipler e Mosca (2009) afirma

‘estar pronto’ para discutir a relação entre energia cinética e potencial.

Segundo Tipler e Mosca (2009) o trabalho total realizado por todas as forças é igual às mudanças na energia cinética do sistema,  $W_{total} = \sum AK_i = AK_{sis}$ . Onde trabalho total realizado por todas as forças é igual ao trabalho realizado por todas as forças externas,  $W_{ext}$ , mais o trabalho realizado por todas as forças internas não-conservativas,  $W_{nc}$ , mais aquele realizado por todas as forças conservativas,  $W_c$ , Tipler e Mosca (2009, pg-205).

$$W_{total} = W_{ext} + W_{nc} + W_c \quad (3.10)$$

Rearranjando, a expressão matemática onde o negativo do trabalho total realizado por todas as forças conservativas internas,  $-W_c$ , é igual à variação da energia potencial do sistema.

$$W_{ext} + W_{nc} = \Delta K_{sis} + \Delta U_{sis} \quad (3.11)$$

Onde o lado direito desta equação pode ser simplificado como:

$$\Delta K_{sis} + \Delta U_{sis} = \Delta(K_{sis} + U) \quad (3.12)$$

A soma da energia cinética do sistema  $U_{sis}$  com a energia potencial  $U_{sis}$  é a chamada energia mecânica total,  $E_{mec}$ :

$$E_{mec} = K_{sis} + U_{sis} \quad (3.13)$$

a energia mecânica de um sistema de partículas é conservada ( $(E_{mec}) = constante$ ) se o trabalho total realizado por todas as forças externas e por todas as forças internas não-conservativas é zero.

$$E_{mec} = K_{sis} + U_{sis} = constante \quad (3.14)$$

### 3.1.10.3 Halliday, Resnick e Walker (2009)

Halliday, Resnick e Walker (2009) são bem diretos ao introduzir o conceito de conservação da energia mecânica, onde já de início pode-se ler “a energia mecânica  $E_{mec}$  de um sistema é a soma da energia potencial  $U$  do sistema com a energia cinética  $K$  dos objetos que compõem o sistema” Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-187)

$$E_{mec} = K + U \quad (3.15)$$

Após algumas manipulações matemáticas apropriadas, os autores restringiram as forças não conservativas. Logo a definição de conservação de energia mecânica é assim expressas:

Em um sistema isolado onde apenas forças conservativas causam variações de energia, a energia cinética e a energia potencial podem variar, mas a soma das duas energias, a energia mecânica  $E_{mec}$  do sistema, não pode variar, Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-188).

### 3.1.11 Conservação do momento, Impulso e colisões

#### 3.1.11.1 Nussenzveig (2013)

Nussenzveig (2013) inicia o tópico apresentando o conceito de conservação do momento e colisão, e não se importa muito com a definição precisa desses conceitos. Para tanto, Nussenzveig (2013) exemplifica algumas observações sobre a experiência de colisão unidimensional e frontal de dois discos idênticos com as mesmas massas em três situações.

No primeiro caso, os dois discos têm a mesma velocidade “ $v$ ”, mas em direções opostas; já que no segundo e terceiro caso, a velocidade de um disco é “ $v$ ”, e o outro disco está em estado estacionário.

Nussenzveig (2013), demonstrado que no primeiro e segundo experimentos que os discos se separaram após a colisão, no terceiro, eles ainda estavam grudados. O objetivo do autor é provar que o movimento do sistema antes e depois da colisão é conservado. O autor enfatiza um ponto importante que quando se refere ao tempo de contato durante a colisão:

As forças de interação entre os dois discos são forças de contato, que atuam somente durante o tempo de colisão, o intervalo de tempo  $\Delta t$  onde os dois discos permanecem em contato. Este intervalo é tão curto que é praticamente imperceptível, e podemos falar no “instante da colisão”, como se ela fosse instantânea, Nussenzveig (2013, pg-248).

Após passa-se a explorar experimentos e introduções teóricas através de verificação matemática para provar:

$$\frac{d}{dt}(\vec{p}_1 + \vec{p}_2) = 0 \quad (3.16)$$

“Isso quer dizer que o momento total do sistema se conserva a cada instante, inclusive durante a colisão” Nussenzveig (2013, pg-103).

De modo, que durante as colisões:

$$\vec{F}_{1(2)} = \vec{F}_{2(1)} \quad (3.17)$$

### 3.1.11.2 Tipler e Mosca (2009)

Tipler e Mosca (2009), apresentam o assunto partindo de exemplos do dia-a-dia como colisões entre bolas e tacos, que podem ser generalizados em outras situações como colisões entre tacos e bolas de golfe e partículas subatômicas. A partir dessa breve introdução, Tipler e Mosca (2009) expressão a relação entre massa e velocidade como sendo momento.

Segundo Tipler e Mosca (2009), Newton observou essa consideração ao formular a segunda lei da dinâmica. A partir deste ponto, o autor esclarece a definição matemática de momento com a segunda lei da dinâmica para provar a conservação do momento, ou por sua expressão matemática  $\sum \vec{F}_{ext} = 0$  então  $P_{sis} = \sum_i m_i \vec{v}_i = Mv_{cm} = \text{const.}$ ), este resultado é conhecido como a lei de conservação da quantidade de movimento: “se a soma das forças externas sobre um sistema permanece zero, então a quantidade de movimento total do sistema permanece constante” Tipler e Mosca (2009, pg-243). Dando um passo adiante, (TIPLER; MOSCA, 2009) voltaram a lidar com colisões, interessado em introduzir o conceito de impulso.

Para tanto, recorrem a um exemplo semelhante ao utilizado no início deste capítulo, chamando a atenção para o curto período de tempo durante o contato da colisão e distinguindo três tipos:

“Quando a energia cinética total do sistema de dois corpos é a mesma antes e depois da colisão, é chamada colisão elástica. Caso contrário, ela é chamada colisão inelástica. Um caso extremo é o da colisão perfeitamente elástica”, Tipler e Mosca (2009, pg-248).

Em seguida, introduziram o conceito de impulso, tomando como parâmetros a intensidade da força e a duração da colisão, cuja expressão matemática é  $I = \int_{t_1}^{t_2} F dt$  e, após algumas articulações matemáticas demonstram que:

$$I_{res} = \Delta \vec{p} \quad (3.18)$$

### 3.1.11.3 Halliday, Resnick e Walker (2009)

Após iniciar a seções relacionado à conservação do momento com alguns exemplos, os autores introduzem o conceito de momento linear como um vetor relacionado à expressão matemática.

$$I_{res} = \Delta \vec{p} \quad (3.19)$$

Conforme Halliday, Resnick e Walker (2009), Newton expressou o momento em termos da segunda lei da dinâmica como sendo “a taxa de variação com o tempo do

momento de uma partícula que se faz igual à força resultante que atua sobre a partícula e tem a mesma orientação que essa força” Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-226) em forma de equação:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (3.20)$$

Nas próximas seções, Halliday, Resnick e Walker (2009) tratam dos conceitos de colisão e impulso por operações matemáticas, e não dão muita atenção na discussão do conceito até definirem a conservação da quantidade de movimento, afirmando nas seções seguintes, “se um sistema de partículas não está submetido a nenhuma força externa, o momento linear total  $\vec{p}$  do sistema não pode variar”, Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-231).

Este resultado, conhecido como lei de conservação do momento linear “ $\vec{P}_i = \vec{P}_f$  (sistema isolado e fechado)” Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-231).

Os autores enfatizam que o conceito de momento não deve ser confundido com o conceito de energia, mas não explicitaram se é à energia cinética do modelo à qual estão se referindo.

### 3.1.12 Observações

Após a discussão apresentada na primeira parte revisamos às várias perspectivas onde os conceitos científicos podem ser considerados:

1. Sua natureza;
2. Seu perfil epistemológico;
3. Sua construção;
4. Sua linguagem;

O que consta nos livros é a prevalência de algumas visões conceituais em detrimento de outras? Assim, a perspectiva funcional é superior à de natureza conceitual, diferentes contornos epistemológicos e suas diferentes estruturas racionais.

Como resultado, o que foi apresentado aos nossos alunos e professores na formação inicial foi um quadro conceitual instável. Essa constatação por si só é um dos motivos para explicar a dificuldade de compreensão do que o livro ensina. No entanto, digamos que este seja o modelo que temos que usar.

O tratamento epistemológico dos conceitos ali existentes é esquecido, vejamos mais de perto as características dos “conceitos funcionais”. Para isso, adotaremos o teorema trabalho e energia para que a linearidade seja respeitada em nossa escolha de exemplo.

Como consequência das leis de Newton, daremos continuidade aos passos que podem introduzir o princípio da conservação da energia até a construção e prova do teorema do trabalho e energia e, por fim, a aplicação deste teorema ao sistema conformado por um bloco deslizando sobre uma superfície com atrito.

O conceito de energia é geralmente introduzido a partir das relações existentes na dinâmica newtoniana. O resultado assume a forma familiar Arons (1999):

$$F_{res} = m \cdot a \quad (3.21)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta S \quad (3.22)$$

$$F_{res} \cdot \Delta S = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = \Delta \left( \frac{1}{2} m \cdot v^2 \right) \quad (3.23)$$

Em cursos baseados em cálculo, ambos os lados de  $F = ma$  são integrados em relação à variável de posição “s”, aproveitando a regra da cadeia de diferenciação substituindo.

$$a = \frac{dv}{dt} = \left( \frac{dv}{ds} \right) \left( \frac{ds}{dt} \right) = v \frac{dv}{ds} \quad (3.24)$$

Reescrita de modo mais elaborada.

$$\int_{s_0}^s F ds = \Delta \left( \frac{1}{2} m v^2 \right) \quad (3.25)$$

Esta equação chama-se teorema “trabalho-energia” e significa que “O trabalho realizado pela força resultante não desaparece; é “conservado” ao ser “convertido” em energia cinética” Arons (1999, pg-1063). Sendo dado o nome de trabalho à quantidade  $\int_{S_0}^S F_{res} \cdot ds$ . E dado o nome de trabalho e à quantidade é dado nome de “energia cinética da partícula” Arons (1999, pg-1063) à quantidade,

$$\Delta \left( \frac{1}{2} m v^2 \right) \quad (3.26)$$

Assim, o teorema “trabalho — energia” integra fenômenos dinâmicos em equações e toma como ponto de partida a segunda lei da dinâmica de Newton e, ao contrário do princípio da conservação da energia, tem aplicações limitadas.

Para confiar na consistência lógica de nossas afirmações, deve-se considerar a relação tautológica<sup>1</sup>. estabelecida; se a lei da conservação da energia é de fato um resultado direto as leis de Newton, então não seria um princípio independente.

Essa inconsistência no teorema trabalho e energia limita conceitualmente seu uso em situações dinâmicas como fricção, sistemas de molas em bloco, impulsos que um patinador dá a si mesmo, até mesmo movendo-se contra paredes, etc.

Observemos o método proposto por Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-195) (adaptado). Ao lidar com o trabalho de atrito do bloco com velocidade variando de  $v_0$  para certo “ $v$ ”.

Aplicando-se a segunda lei de Newton. Podemos escrever a lei para as componentes ao longo do eixo  $x$  na forma.

$$F_{res,x} = ma_x \quad (3.27)$$

$$F - f = m \cdot a \quad (3.28)$$

Sendo “ $F$ ” uma força externa, “ $f$ ” a força de atrito, onde “ $m$ ” é a massa do bloco e “ $a$ ” sua aceleração.

Assumindo que as forças são, constantes:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta d \quad (3.29)$$

$$F\Delta d - f\Delta d = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (3.30)$$

onde temos

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \Delta K \quad (3.31)$$

Pode ser reinscrito como:

$$F\Delta d - f\Delta d = \Delta K \quad (3.32)$$

Ou

$$F\Delta d = \Delta K + f\Delta d, \quad (3.33)$$

---

<sup>1</sup> Consiste na repetição de uma idéia com palavras diferentes, mas com o mesmo sentido (do grego “dizer o mesmo”). Em filosofia e outras áreas das ciências humanas, diz-se que um argumento é tautológico quando se auto explica, redundantemente, Filho (2021).

onde  $\Delta K$  é a variação da energia cinética.

“observamos experimentalmente que o bloco e a parte do piso ao longo da qual o bloco se desloca ficam mais quentes quando o bloco está se movendo” Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-195).

Segundo os autores a “energia Térmica do bloco e do piso aumenta porque existe atrito entre eles e há movimento” Halliday, Resnick e Walker (2009, pg-195).

Em resposta a esta demonstração, Arons (1999) questiona:

Se a energia é de fato conservada, o que acontece com essa quantidade de trabalho? Se o deslocamento ocorre sem mudança de velocidade porque  $P$  e  $f$  são iguais em magnitude e opostos em direção, o trabalho líquido realizado no sistema parece ser zero. Se o trabalho líquido é zero, como explicar o aumento de temperatura que ocorre na caixa? Arons (1999, pg-1064).

Este exemplo é uma boa ilustração das limitações da perspectiva conceitual empregada em muitos livros didáticos universitários. O teorema trabalho-energia tem aplicabilidade extremamente limitada, “constitui um ponto de partida perfeitamente razoável”, Arons (1999) tem uma sutileza que deve ser explorada.

“Nem todo produto da força e deslocamento é, necessariamente, uma quantidade de trabalho, sendo termodinamicamente conservado”, Arons (1999).

Essa falta de significado conceitual, ou seja, tratar o conceito como uma função, atrasa a discussão da lei de conservação da energia no que diz respeito à sua natureza, estrutura formal, panorama epistemológico, e só pode ser trazida para o estudo da termodinâmica por energia interna.

É nesse momento que o futuro professor, ainda na condição de aluno universitário pode, ou não, perceber que a “dissipação por atrito é um processo adiabático onde nenhum calor é transferido, embora ocorra mudança de temperatura”. Arons (1999, pg-1066).

## 4 Metodologia

Neste capítulo, apresentamos a organização do estudo e descrevemos passos para atingir os objetivos pretendidos com este trabalho. Também apresentamos as ferramentas utilizadas para a coleta de dados. Por fim, vemos as principais características da nossa pesquisa e o foco do nosso.

### 4.1 Características da Pesquisa

Esta pesquisa tem características descritivas e explicativas. Assim, é descritiva tendo em vista que a mesma busca descrever também as características de uma determinada população (os alunos) além do estabelecimento das relações entre as variáveis desta população, GIL (2017).

Conforme Moreira (2011b) explica que a pesquisa qualitativa se preocupa mais com a compreensão do fenômeno social, segundo a perspectiva dos atores, através da participação na vida desses atores. Assim, o pesquisador qualitativo, imerso no fenômeno de interesse, registra tudo o que ocorre no ambiente estudado, coletando documentos, tais como trabalhos de alunos e materiais distribuídos pelo professor (ibid.).

Analisa-se assim a relação do material instrucional com a aprendizagem significativa. Esta pesquisa é também explicativa, pois apresenta a preocupação de identificar os fatores que influenciam determinados fenômenos na população estudada GIL (2017).

Neste sentido, a proposta deste trabalho de mestrado visando a elaboração de um Material Instrucional potencialmente significativo para o estudo de conteúdos de Física no ambiente de sala de aula enquadra-se no paradigma da pesquisa qualitativa Moreira (2011b).

#### 4.1.1 Sujeitos da pesquisa

O trabalho foi realizado no Colégio Estadual Simon Bolívar, escola pública do município de Corumbáiba, próximo (centro da cidade), onde os alunos do terceiro (3º) ano do ensino médio frequentam.

A turma é composta por 15 alunos com idades compreendidas entre os quinze, 15 e os vinte dois 22 anos. Tanto a direção da escola quanto o professor da turma estão preparados para trabalhar conjuntamente, disponibilizando espaço físico e permitindo que os alunos selecionados saiam por um período para atividades experimentais, conforme exibido na figura 2 mostramos os colaboradores utilizando os experimentos.



Figura 2 – Colaboradores. Fonte: Autor.

O Colégio Estadual Simon Bolívar, antigo Ginásio Simon Bolívar, situa-se na Rua Hortêncio Carneiro de Pádua, n.º 65, Bairro Simon Bolívar, na cidade de Corumbáiba — GO. Esta é uma escola pública vinculada à Secretaria de Estado da Educação de Goiás, subordinada à subsecretária Regional de Educação de Catalão. Atende alunos da Segunda Fase (6º ao 9º ano) do Ensino Fundamental, Ensino Médio nas modalidades Regular e EJA (Educação de Jovens e Adultos). A referida escola possui laboratório de informática, biblioteca, sala de vídeo e quadra de esporte.

#### 4.1.2 Instrumentos de coleta de dados

Os instrumentos utilizados para a coleta de dados dessa pesquisa foram três questionários, denominados de pré-teste, pós-teste e o grau de satisfação (APÊNDICES A, C e D), todos contendo questões abertas e fechadas.

A partir desses materiais, foi possível transcrever as ações realizadas pelos respondentes e buscar por informações fundamentais para evidenciar nossa análises investigativas.

A aplicação do pré-teste visa obter informações dos respondentes referentes às atividades de investigação sobre os conhecimentos prévios.

O grau de satisfação teve como objetivo a busca por subsídios para evidenciar o índice de satisfação dos discentes frente à aplicação do material instrucional.

#### 4.1.3 Detalhamento das Aulas

A pesquisa realizada foi prospectiva<sup>1</sup> e dividida em três etapas: 1 — Caracterização do modelo inicial; 2 — Atividade experimental na plataforma de lançamento; 3 — Atividade

<sup>1</sup> O que se vê ao longe; que se relaciona com o futuro.

de colisão na canaleta de (PVC).

Tabela 1 – Atividades pedagógicas desenvolvidas.

Ações	Período	Aulas
Apresentação da proposta de trabalho	Novembro 2021	1 <sup>a</sup>
Sondagem de conhecimentos prévios	Novembro 2021	1 <sup>a</sup>
Montagem do experimento (1) e experimentação	Novembro 2021	2 <sup>a</sup>
Conceitos de Energia Cinética, Potencial e Gravitacional	Novembro 2021	3 <sup>a</sup>
Resolução de exercícios do experimento (1)	Dezembro 2021	4 <sup>a</sup>
Apresentação do material de aprendizagem experimental (2)	Dezembro 2021	5 <sup>a</sup>
Execução experimental do experimento (2)	Dezembro 2021	6 <sup>a</sup>
Atividades experimentais na canaleta de (PVC)	Dezembro 2021	7 <sup>a</sup>
Aplicação do questionário de opinião	Dezembro 2021	8 <sup>a</sup>

Fonte: Autor.

Inicialmente solicitei autorização para realizar os trabalhos à Gestora da Instituição de Ensino e a turma escolhida foi o 3º ano do ensino médio. Em seguida, com a turma já definida, fui conhecê-los e apresentar sobre os objetivos com a pesquisa, informando-os que participaram de uma pesquisa. Apresentei o projeto, expliquei sobre os objetivos propostos e a abordagem que adotaria. Ao falar sobre o projeto, tanto o professor quanto os alunos ficaram curiosos quando expliquei que esta atividade seria uma forma de aprender Física por meio da experimentação e que usaríamos materiais alternativos como ferramentas para demonstrar o conteúdo de energia.

Reforçando que este projeto poderia possibilitar aos alunos aprender os conceitos de energia de uma forma significativa. Ao comentar sobre o projeto com a turma, expliquei que seria aplicado um pré-teste para que pudesse verificar o seu nível de aprendizagem da turma (subsunoçores existentes). Esta atividade considera questões subjetivas e objetivas, as principais etapas são mostradas na Tabela 1.

Meu objetivo consistiu em descobrir, através das suas respostas obtidas, o que eles realmente sabem sobre as manifestações de energia, ou seja, quais as concepções espontâneas existem em suas estruturas cognitivas.

Ressalto que a professora titular acompanhou todas as práticas de ensino que desenvolvemos.

A turma tinha três aulas de física por semana, duas às terças e uma às quintas. O professor disponibilizou todos os períodos necessários para, desenvolver o projeto.

## 5 Relato da aplicação

Um novo vírus da família dos coronavírus, Sars-CoV-2, foi descoberto em Wuhan, China, em dezembro de 2019 e se espalhou globalmente a uma taxa alarmante. A doença causada pelo vírus Sars-CoV-2 é chamada COVID-19 e, embora a maioria dos pacientes apresenta sintomas leves, em pessoas com condições médicas crônicas, idosos ou pessoas com sistema imunológico enfraquecido, o vírus se torna extremamente agressivo, com complicações graves para a saúde, possivelmente fatal.

Diante dessa situação, tem havido várias respostas em todo o mundo voltadas para a prevenção e erradicação da doença. As ações incluem etiqueta da tosse, medidas de autoproteção (como uso de máscaras e álcool 70%), distanciamento social e busca de vacinas e medicamentos que possam combater o vírus. O colapso do sistema de saúde foi citado como um dos principais motivos para a adoção de medidas preventivas.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou oficialmente o estado de pandemia devido ao, COVID-19 em 12 de março de 2020, devido ao aumento exponencial do número de infecções em todo o mundo. Até se encontrar uma vacina ou medicamento eficaz para controlar a doença, a Organização Mundial da Saúde considerou o distanciamento social uma ação necessária e importante.

Em Goiás, portanto, o governo declarou, por decreto, “estado de emergência sanitária para o estado”, a primeira de uma série de medidas de combate à doença.

Apesar do fechamento das escolas devido à pandemia do Covid19, as atividades diárias da escola foram interrompidas durante o período de estudo, mas os alunos ainda estavam muito interessados em participar da pesquisa. Preparamos os materiais didáticos e os experimentos de colisão.

Diante de cenários incertos, os cursos presenciais não podem ser retomados, inviabilizando a aplicação do (MI), resultando em grande atraso na aplicação dos produtos educacionais.

Ressaltando que no início do ano de 2021 não foi viável a aplicação do produto educacional, e que com o retorno às aulas no segundo semestre de 2021 retomamos o processo de aplicação do produto educacional que foi aplicado em sala de aula nos respectivos meses de novembro a dezembro.

Sendo que este processo estava prestes a ser concluído em dezembro de 2021, onde se fez necessário fazer alterações na maneira de aplicar o (MI), introduzindo no protocolo de trabalho com o uso de álcool 70 para higienização das mãos, grupo de apenas duas pessoas e distanciamento social de no mínimo um metro e uso de máscara individual.

## 5.1 Atividade 1

### 5.1.1 A primeira etapa: aplicação do questionário prévio

Considerando que, conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa, é importante verificar o que os alunos já sabem sobre o que se planeja ensinar, após a definição do conhecimento alvo para a sequência didática, foi aplicada uma atividade, que está transcrita no (Apêndice A). Esta visa investigar o conhecimento prévio dos discentes, que são sujeitos de nossa pesquisa.

Durante a atividade, mostramos aos alunos vinte e uma figuras relacionadas à energia e pedimos para que marcassem as figuras em que identificassem a presença de algum tipo de energia. Para cada figura marcada, eles devem escrever uma justificativa.

A Tabela 2 mostra a distribuição de frequência das indicações da presença de determinados tipos de energia, para os casos apresentados do ponto de vista científico, o conceito de energia se aplica a todas as situações:

Tabela 2 – Resposta dos alunos as atividades do Apêndice (A)

Situações	Descrição	Nº alunos		Percentual (%)	
		Sim	Não	Sim	Não
1	Som de alto-falantes	14	1	93%	6%
2	Transmissão via satélite	7	8	46%	53%
3	Petróleo	3	12	20%	80%
4	Lâmpada acesa	13	2	86%	13%
5	Jogador	12	3	80%	20%
6	Usina nuclear	14	1	93%	6%
7	Chama	13	2	86%	13%
8	Menino de bicicleta	14	1	93%	6%
9	Mola esticada	6	9	40%	60%
10	Foguete espacial	13	2	86%	13%
11	Engrenagens	7	8	53%	53%
12	Sistema Terra-Lua	10	5	66%	33%
13	Carro em movimento	13	2	86%	13%
14	Estátua	2	13	13%	86%
15	Molécula	5	10	33%	66%
16	Esfera parada sobre a mesa	2	13	13%	86%
17	Arco esticado	8	7	46%	46%
18	Sol-planta	9	6	60%	40%
19	Conjunto pilha-lâmpada	14	1	93%	6%
20	Prato com alimento	12	3	80%	20%
21	Pilha elétrica	12	3	80%	20%

Fonte: Autor.

Os alunos realizaram um pré-teste e, em seguida, tiveram um debate com a turma

sobre as questões do pré-teste destinadas a identificar quais dos conceitos espontâneos dos alunos se relacionavam com o conceito de energia. Após o debate, foram registrados momentos de discussão entre professor e alunos e entre os próprios alunos sobre as respostas às questões do pré-teste.

A dinâmica da atividade foi construída para se adequar às condições apresentadas para o ambiente de aprendizagem e os alunos trabalharam em pequenos grupos após a discussão, cada aluno relatou em uma folha de papel o que aprendeu na aula. Durante o debate, houve pouca interferência do pesquisador que acompanhou a aula e enquanto isso acontecia, apenas moderando as discussões e pedindo aos alunos para repetir uma afirmativa contra a de outro aluno, provocando alguma discussão.

Para esta atividade, os alunos foram divididos em pequenos grupos para estimular um processo de aprendizagem interativo e colaborativo entre eles, promovendo a participação de todos e evitando qualquer possível “desanimo”.

O material empírico adquirido foi analisado de forma sintética e recursiva <sup>1</sup>, possibilitando a triangulação <sup>2</sup> dos dados e fornecendo indicadores do grau de estabilidade e consistência da compreensão dos alunos sobre os conceitos de energia em diferentes contextos.

### 5.1.2 Análise dos dados

A análise dos dados coletados foi inicialmente orientada pela análise proposta por Ribeiro (2015) com base na teoria da aprendizagem significativa.

Conceito presente: aquela em que as respostas sinalizavam a presença do subsunçor procurado;

Conceito em construção: aquela em que as respostas indicavam a presença incompleta do subsunçor, ou que este estivesse em fase de construção;

Conceito não identificado: questões em que os estudantes não apresentaram o subsunçor procurado;

Questão em branco: aquelas que não foram respondidas pelos estudantes. Ribeiro (2015, pg-53).

A autora dividiu os grupos de resposta na avaliação inicial (que ele chamou de pré-teste) nas seguintes categorias:

- Subsunçor Presente (SP): nesta classe enquadram-se as respostas dos sujeitos que detinham o conhecimento, sendo esse adquirido em outras circunstâncias. Assim, os sujeitos classificados como possuidores dos subsunçores estariam aptos a receberem novas informações a serem ancorados nesses conhecimentos presentes.

<sup>1</sup> Que pode ser repetido inúmeras vezes

<sup>2</sup> A triangulação refere-se ao uso de múltiplos métodos, técnicas de coleta ou fontes de dados, na tentativa de superar parcialmente as deficiências que decorrem de uma investigação ou de um método.

- Subsunçor Ausente (AS): esta classe agrupou os sujeitos que não responderam à questão e também aqueles que de certa forma não apresentaram respostas que demonstram uma relação lógica com o fenômeno que envolvia a questão.
- Subsunçor Mal Definido (SMD); os sujeitos enquadrados nessa classe foram aqueles que apresentaram respostas fazendo uso de conceitos pertinentes à situação, mas não relacionáveis de forma correta com a pergunta em questão.

Durante a organização e análise dos dados, validou-se a necessidade de ajustes nestas categorias.

- Conhecimento Satisfatório (CS): O conhecimento buscado é correto, detalhado e relacionado a outros conhecimentos.
- Conhecimento Ausente (CA): Respostas dos sujeitos que não apresentaram nenhum entendimento sobre a questão.
- Conhecimento Insuficiente (CI): Um sujeito que apresenta um conceito mal definido em uma resposta ou de forma pouco clara.
- Conhecimento não identificado (CNI): Não foi possível determinar o conhecimento procurado.

### 5.1.3 Os conhecimentos prévios dos alunos

A análise do conhecimento prévio foi feita para avaliar se os participantes do estudo tinham alguma ideia sobre a energia, a matéria apresentada durante a atividade.

Além disso, verificar a existência de um (subsunçores), sendo estes considerados importantes para aprender os princípios de conservação de energia: representação, transformação e conservação de energia.

A Tabela 4 lista o número de itens que cada aluno marcou como indicando a presença de energia nas diversas situações que lhes foram apresentadas aos alunos.

No entanto, podemos ainda salientar que a unidade de ensino desenvolvida privilegiava uma compreensão qualitativa do conceito de energia, principalmente relacionado com o processo de transformação e transferência de energia e a conservação da mesma.

Neste trabalho, optou-se por realizar uma análise das situações onde a energia foi identificada ou ausente pelos alunos, e sua interpretação para cada situação. O objetivo é evidenciar a variedade de interpretações associadas ao conceito, a variedade de termos utilizados para denominar as formas de energia, as razões apresentadas para justificar suas escolhas e os aspectos ontológicos que podem ser inferidos de seus discursos e ações.

Tabela 3 – Indicação de presença de energia por aluno

Categorias de energias	Nº de itens assinalados	Percentual
Energia térmica	9	10%
Energia solar	3	4%
Energia dos ventos	3	4%
Energia da radiação	13	15%
Energia cinética	8	9%
Energia humana	3	4%
Energia potencial gravitacional	7	8%
Energia potencial	2	2%
Energia sonora	6	6%
Energia nutritiva	5	5%
Outros termos	28	32%

Fonte: Autor.

A Tabela 4 exibe altas porcentagens que indicam que o conceito de energia é facilmente vinculado a algumas situações típicas, principalmente aquelas onde os alunos percebem a presença de movimento, contudo aparentemente eles não entendem as figuras mostrando engrenagens e fontes de energia conhecidas.

Por outro lado, são poucos os alunos que atribuem a presença de energia a uma mola esticada, um arco tensionado, boa parte dos alunos desconhecem a energia nessas situações envolvendo manifestações, ou formas de energia, energia potencial elástica e energia potencial gravitacional, estas raramente mencionadas na vida cotidiana e no ensino fundamental.

O exame desses resultados mostrou que os alunos entendiam cada situação diferentemente das demais, ou seja, cada caso era um caso. Eles conceituam cada um individualmente com base em seus conhecimentos, mostram a importância em sua resposta o conhecimento científico escolar.

Quais os objetos ou fenômenos salientados em cada figura representada parecem guiar sua maneira de pensar? Em alguns casos, foram produzidas respostas semelhantes às esperadas: como reconhecer alimentos, baterias e combustível como fontes de energia e reconhecer situações que envolvem movimento ou atividade com uso intensivo de energia. Como pode ser observado na Tabela 4, onde as situações mais selecionadas são aquelas correspondentes às situações usuais de eletricidade e atividade física.

As razões apresentadas pelos alunos, como o potássio ser energia, nutrição, combustão, plantas que precisam de energia para crescer, armazenar eletricidade ou baterias que fornecem energia para manter as lâmpadas acesas, parecem estar diretamente relacionadas à memória. Fatos e informações recorrentes da própria escola, situações cotidianas e da mídia. Portanto eles são ouvidos e usados.

A Tabela 3 mostra o vocabulário que eles usaram espontaneamente para se referir à situação do pré-teste. Os termos podem derivar da própria experiência e imersão em uma cultura compartilhada, os anos de escolaridade em que viveram e seu ambiente de trabalho. Vale ressaltar que muitos termos do vocabulário científico relacionados ao conceito de energia são conhecidos pelos alunos e utilizados espontaneamente por eles.

Focado na identificação e uso de certas formas de energia como categorias para sua organização do conhecimento energético: energia elétrica, energia cinética, energia nuclear e energia solar. Esses são termos mencionados por adultos e pela mídia (jornais, TV).

Essas formas, com pouco significado científico, atuarão como organizadoras do conhecimento dos alunos, enquanto, por outro lado, as formas cientificamente significativas não são devidamente diferenciadas ou utilizadas.

... observa-se o escasso uso e quase completo desconhecimento de outras formas de energia valorizadas pela ciência escolar, mas pouco utilizadas em situações cotidianas e na mídia, como por exemplo, a energia potencial elástica e gravitacional ou química... Barbosa e Borges (2006, pg.202).

Tabela 4 – Concepções espontâneas dos alunos

Alunos indicaram a presença de energia	Porcentagem.
Petróleo, Jogador e Prato com alimento	80%
Pilha-lâmpada, Terra-Lua	66%
Música, Usina nuclear	93%
Carro, Chama e Lâmpada	86%
Engrenagens, Transmissão via satélite	46%

Fonte: Autor.

Particular atenção também deve ser dada ao uso da linguagem e formas de energia típicas da vida cotidiana, como energia alimentar, energia humana e energia de combustível.

Por outro lado, outras formas de energia valorizadas na ciência escolar são raramente usadas, mas também raramente usadas na vida cotidiana e na mídia, como a energia potencial elástica ou gravitacional e a energia química. No pré-teste, as razões que fundamentaram para a escolha de cada ‘item’ apontaram para um aspecto importante, como discutido a seguir.

A primeira questão diz respeito às dificuldades que os alunos enfrentam quando os conceitos são representados em contextos físicos, conforme indicado pela diversidade de termos usados para descrever figuras que representam situações semelhantes (Tabela 3).

Através da análise dos dados, verificamos que os itens com menor relação entre alunos e energia são “Figura 14 e Figura 16”, e apenas 2 alunos (20,0%) dos 15 alunos participaram da atividade de levantamento de conhecimentos prévios sendo considerado como Conhecimento Ausente (CA).

Falta de compreensão da relação entre os conceitos de “conservação” e “energia”, associada a um alto percentual de energia presente nas situações apresentadas nas atividades, indicando a necessidade de utilizar o conceito de “conservação” para garantir a compreensão posterior de “conservação de energia” Princípios de Aprendizagem Significativa.

Também observamos analiticamente que os alunos não conseguiram relacionar as formas de energia presentes em cada figura com suas transformações ao efetuar seus argumentos. Dada a relação inerente entre “conservação e conversão de energia”, esses dois conceitos são listados como subsunçores que devem ser estudadas antes que a sequência pretenda ensinar o “princípio da conservação de energia”.

Aqui é importante ressaltar que, neste momento do estudo, a análise dos conhecimentos prévios foi baseada em dados sobre todos os alunos. Além disso, a análise dos grupos de alunos que participaram de toda a sequência de ensino também mostrou que os conceitos de “conservação e transformação” foram os menos detalhados.

Portanto, um evento com amostras de vídeo foi proposto como organizador prévio. Links para acessar os vídeos utilizados na estrutura do trabalho (Vídeo 1 – Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pzTPwlgkupA>>), que visou orientar os alunos na compreensão do significado de “conservação e transformação”, suprimindo a ausência dos subsunçores necessários para ancorar novos conhecimentos.

Os princípios gerais e abrangentes de conservação de energia, seguindo a estratégia prevista pela mesma teoria, sendo benéfico partir dos conceitos mais gerais para os mais específicos.

A turma foi dividida em grupos com a mesma configuração da reunião anterior, utilizando de um organizador prévio. Como recurso didático, utilizamos o vídeo “LEIS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA” sobre a conservação de energia. Este vídeo foi escolhido por tratar do princípio da conservação da energia, mostrando as formas de energia e sua transformação. Após a apresentação do vídeo, cada aluno escreve exemplos de transições de energia e depois, foi dedicado um período para socializar com o grupo.

Analisando as respostas dos alunos em atividades baseadas no uso do material (Apêndice A), podemos observar que para a resposta de número 3 neste tipo de material, representando a plataforma de petróleo, 80% dos alunos não são atribuídos a algum dos tipos de energia envolvidos.

Os resultados chamaram nossa atenção porque os alunos provavelmente já estudaram combustíveis fósseis em anos anteriores. Este fato permite inferir que anos anteriores de estudos sobre o conceito de combustíveis fósseis não tiveram implicações muito claras. Da mesma forma, podemos inferir que nenhum significado muito explícito é atribuído a outros conceitos estudados anteriormente.

Para o grupo 1 optando por não preencher o tipo de energia das figuras representadas

pelos números 9 e 11 do material em estudo, as quais representam respectivamente uma bola ligada a uma mola suspensa do teto e uma engrenagem, onde apenas 40% indicaram a presença de energia na primeira e 46% na última.

Outro fato que merece destaque é que os tipos de energia presentes nas Figuras 9 e 17 do material, foram identificados pelo Grupo 2, que representam, respectivamente, uma bola ligada a uma mola suspensa no teto e um arqueiro puxando uma flecha com um arco.

O grupo 2 atribuiu isso à energia elástica à situação mostrada na Figura 9, porém, 46% não identificaram o mesmo tipo de energia envolvida na situação mostrada na Figura 17 no material. A figura de número 14, representando uma estátua, apareceu no material sendo interpretado por 86% dos alunos como sem energia. Isso pode ser devido à estátua ser um objeto imóvel: para o aluno, como não há movimento, ela não deve ter energia.

O mesmo vale para o número 16, que representa uma esfera em repouso sobre uma mesa, 80% dos alunos não indicaram a presença de nenhum tipo de energia associada. Em ambos os casos, podemos inferir que o aluno reconhece que a presença de energia está relacionada apenas à presença de determinados movimentos.

Por fim, a figura de número 20, que representa um prato contendo determinado alimento, foi destacado pelo fato de 20% de ambos os grupos não terem relatado energia associada. Esse resultado ficou aquém da expectativa original que era fornecer respostas como “energia alimentar”, visto que conceitos de energia relacionada à alimentação são tão comuns no cotidiano dos alunos, como em propagandas e sobre alimentação.

#### 5.1.4 A transcrição das falas

Para transcrever as falas coletadas por instrumentos de registros, utilizamos MARCUSCHI (2003), que afirma que a primeira forma de linguagem com a qual entramos em contato, e provavelmente a única forma de linguagem que abandonamos em nossa vida é o diálogo, porque a relação entre as pessoas é uma forma de interação entre as mesmas.

As análises das conversas apontaram a interação verbal focada como característica dominante quando duas ou mais pessoas conversando voltaram sua atenção visual e cognitiva para uma tarefa comum.

Esse tipo de diálogo exige que os interlocutores estejam face a face, pois a verificação dos movimentos físicos por si só não pode ser descrita como diálogo.

Segundo MARCUSCHI (2003) argumenta que, para manter um diálogo, são necessárias pelo menos duas pessoas, que possam compartilhar um mínimo de conhecimento comum.

Ressalta-se que para análise das falas dos alunos foi realizada uma adaptação de Cardoso (2011). Ele fornece os elementos necessários para analisar as apresentações

dos alunos envolvidos na pesquisa, e para ter sucesso na análise dessas apresentações, a qualidade da transcrição é necessária.

Para tanto, foi utilizado o método de transcrição fonética de MARCUSCHI (2003), onde há indicações de que a transcrição deve ser legível e sem símbolos excessivamente complexos. A tabela de notação (Apêndice G) também foi utilizada para melhor transcrever a fala dos alunos.

Disponibilizamos as transcrições das apresentações dos alunos:

- Figura 1 - Energia sonora. Ela é transmitida por atrito gerando algum som, resultando em energia sonora.
- Figura 2 - Porque o satélite produz energia eletromagnética.
- Figura 3 - Energia cinética, gerada através da combustão.
- Figura 4 - Energia elétrica, é gerada em hidrelétricas e por condutores são levadas até a nossa casa em função do funcionamento de certos equipamentos.
- Figura 5 - Para jogar bola se gasta a energia do corpo, essa energia vem dos alimentos que possuem muitos nutrientes, que dá força para o corpo.
- Figura 6 - Energia de fusão, produzida em usinas nucleares utilizando como fonte césio e outros radiadores.
- Figura 7 - Energia térmica, é utilizado em casa no aquecimento do fogão.
- Figura 8 - Gasta a energia do corpo para pedalar, energia cinética.
- Figura 9 - A mola produz energia.
- Figura 10 - Energia potencial.
- Figura 11 - Energia mecânica, onde a energia é gerada através do movimento das engrenagens.
- Figura 12 - Energia gravitacional, ocorre onde a gravidade puxa outro elemento como, por exemplo, no sistema terra-lua.
- Figura 13 - Energia cinética, pois tudo que está parado e vem a se movimentar se “transforma” em cinética.
- Figura 14 - Uma estátua, não possui energia e sempre permanece em repouso.
- Figura 15 - Não possui energia.
- Figura 16 - Não possui energia, e ainda está em contato com a mesa.

- Figura 17 - Energia cinética, pois quando você puxa carga de energia.
- Figura 18 - Energia luminosa, porque a energia imposta pelo sol gera certa luminosidade contribuindo para o desenvolvimento das plantas.
- Figura 19 - A refeição Gera energia ao nosso corpo nos abastece de energia.
- Figura 20 - Conservar energia química.
- Figura 21 - Armazena energia elétrica.

Após a análise dos itens relacionados à energia, lemos e analisamos as razões e explicações dadas pelos alunos, para avaliar as respostas dadas e encontrar conexões, assim com aquilo que estava certo e errado.

Tabela 5 – Classes das justificativas dada a transformação de energia

Grupos	Transcrições	Classes
G1	Fig. 4 - Energia elétrica, é gerada em hidrelétricas.	(CS)
G2	Fig. 19 - A refeição Gera energia ao nosso corpo nos abastece de energia.	(CI)
G3	Fig. 16 - Não possui energia, e ainda está em contato com a mesa.	(CI)
G4	Fig. 5 - Para jogar bola se gasta a energia do corpo.	(CNI)
G5	Fig. 9 - A mola produz energia.	(CNI)
G6	Fig. 2 - Porque o satélite produz energia eletromagnética.	(CNI)

Fonte: Autor.

Esperava-se também que cada aluno mencionasse sete formas de energia na fundamentação apresentada. Em relação aos primeiros subsunçores de formas de energia, conforme a tabela 5, onde os alunos são solicitados a identificar as formas de energia correspondentes em cada figura: energia mecânica, energia elétrica, energia sonora, energia luminosa, energia nuclear, energia química e energia térmica.

Os resultados mostram que a maioria dos alunos, portanto, não tem conhecimento de transformação para conectar esse conhecimento com o conhecimento da energia, mesmo que a forma seja insuficiente. A maioria dos alunos apresentou uma compreensão das diferentes formas de energia, mas não entendem de transformação e conservação e não sabem como esse conhecimento está relacionado à energia.

## 5.2 Atividade 2

### 5.2.1 A primeira etapa: abordagem conceitual

A fase conceitual foi realizada em sala de aula pelo professor, enfatizando os aspectos conceituais e os fenômenos físicos envolvidos, tomando-se o cuidado de não priorizar o

formalismo matemático demais, característico dos métodos tradicionais de ensino e que não se mostrou temporalmente suficiente para desenvolver o aprendizado no ensino de física.

A abordagem do conteúdo energético foi desenvolvida utilizando estratégias que facilitam a interação entre alunos e professores e entre os próprios alunos em perspectivas de aprendizagem significativas.

Para incentivar o engajamento ativo dos alunos, usamos recursos educacionais para inspirar os alunos a sair de sua zona de conforto e se envolver no processo de ensino e aprendizagem de forma participativa. Para que esse engajamento ativo aconteça e permita que os alunos aprendam positivamente e significativamente.

Ao realizar demonstrações de laboratório em sala de aula, o professor contou com a participação de alguns alunos para realizar as atividades, visando dinamizar a sala de aula. O conteúdo é centrado no aluno, conduzido de forma dialógica sob a mediação do professor, com reflexões necessárias.

As aulas são dialogadas, com interação professor-aluno e alunos, debates críticos sobre o que está sendo aprendido e com os alunos apresentando suas ideias e comparando suas interpretações com as de outros colegas.

Os alunos acompanham o conteúdo por meio de apostilas, mas para tornar o conteúdo dinâmico, ilustrativo e aprofundado, também usamos aulas de apresentação de slides para enfatizar e apresentar situações reais do cotidiano.

Experimentos de demonstração em sala de aula são projetados para aprofundar o que é aprendido, explorar teorias que permitam aos alunos participar ativamente de todo o processo de ensino e aprendizagem, apresentar o conteúdo de forma mais concreta, ficar próximo da realidade do dia a dia dos alunos e colocar a teoria em prática. Esse momento é importante porque há uma discussão sobre a compreensão teórica do que está sendo estudado, o que pode ser discutido de forma prática.

Para continuar aprendendo e aprofundar a compreensão do que está sendo aprendido, o professor propõe uma solução para um exercício de duas perguntas sobre o tema em estudo, permitindo que os alunos apliquem os conceitos aprendidos e respondam às suas perguntas, se necessário.

Na Figura 3, os colaboradores utilizam experimentos importantes para priorizar situações relevantes para o dia a dia dos alunos, além de auxiliar na compreensão e no aprofundamento do conteúdo. A duração desta fase de atividade é de duas aulas de 50 minutos.



Figura 3 – Colaboradores utilizando o aparato experimental.

### 5.2.2 A segunda etapa: Atividade experimental desenvolvida pelos alunos

A segunda etapa é realizada pelos alunos com a ajuda do professor. Para realizar a atividade, o professor dividiu toda a turma em dois grupos, e cada grupo ficou responsável por organizar o experimento. Os alunos receberão um roteiro contendo os objetivos, habilidades e competências, suporte teórico, materiais necessários, montagem passo a passo, análises e observações que devem ser realizadas durante a execução da montagem encontra-se no (Apêndice E).

No decorrer da atividade, o professor pode avaliar o processo de aprendizagem e, se necessário, sua intervenção no processo de ensino que visa uma aprendizagem significativa.

No material teórico, introduzimos conceitos de física aplicada, enfatizando o que foi apresentado na primeira fase do estudo de abordagem conceitual. Contribuições teóricas visam orientar os alunos através de experimentos, demonstrando a relação entre teoria e aplicações práticas.

A construção do experimento é um momento importante para explorar os conceitos discutidos, proporcionando aos alunos espaço para reflexão e permitindo que os alunos interpretem as observações elaboradas durante a construção do experimento. Nesta atividade, buscamos a participação ativa dos alunos no processo de ensino, acreditando que a experimentação é um fator motivador que promove potencial de aprendizagem e sucesso.

Ao planejar essas atividades experimentais, buscou-se considerar experimentos simples, em simultâneo, envolventes e relevantes para o dia a dia dos alunos, desenvolvidos com materiais de baixo custo e acessíveis. As atividades experimentais aplicadas permitem que os alunos façam conexões entre experimentos e seus conhecimentos previamente estudados em abordagens conceituais, para que a aprendizagem significativa ocorra de fato, confirmando os fundamentos teóricos deste trabalho.

A atividade experimental apresentada neste trabalho está estruturada da seguinte forma: objetivos, questões prévias, tendo como objetivo estimular a compreensão dos alunos sobre o experimento a ser realizado. O professor apresenta a cada grupo o que planeja alcançar realizando o experimento, em seguida fazemos perguntas relacionadas ao experimento, tentamos mostrar sua importância na aplicação dos conceitos abordados neste estudo.

Por fim é apresentado um roteiro de construção, que inclui os materiais necessários para execução e os procedimentos a serem realizados, assim como as observações a serem feitas, explicando que o principal problema com o ajuste da plataforma de lançamento é o alinhamento das esferas, pois pequenas mudanças no posicionamento significam colisões não frontais. Impedindo que a esfera lançada caísse no coletor.

O uso de um ajustador de nível ajuda até certo ponto no alinhamento vertical, no entanto, tivemos problemas com o alinhamento horizontal devido ao pequeno deslocamento lateral da esfera do pêndulo.



Figura 4 – Passo 9. Fixar a bola de sinuca ao fio de ‘náilon’ e fixa o Transferidor a peça lateral (2) com auxílio de cola super bonder como ilustrado. Junção do fio de ‘náilon’ com a bola de bilhar a peça lateral (2). Fonte: Autor.

Observações: Deve-se alinhar o transferidor e o fio de náilon de forma simétrica<sup>3</sup> como ilustrada na figura 4. No (Apêndice E) mostra desenhos técnicos e etapas de montagem. Se surgirem dúvidas e dificuldades durante o experimento, os alunos contarão com a ajuda do professor.

<sup>3</sup> A simetria é definida como a relação exata no que se refere ao tamanho, à forma e a posição das partes que compõem um todo, (MATTOS; KUCKER; PEREIRA, 2015)

As propostas experimentais envolvem os mesmos conceitos físicos em todas as atividades experimentais. Os objetivos gerais desses experimentos são: estabelecer e explicar o funcionamento do experimento, explorar a aplicação de conceitos físicos, enfatizar o conceito de energia e sua transformação e demonstrar a transferência de energia através de colisões de forma prática.

Ao final dessas atividades, os alunos deverão ser capazes de:

- Identificar e aplicar os conceitos de energia cinética, potencial e energia potencial gravitacional;
- Compreender e entender a transferência de energia;
- Reconhecer os fenômenos aplicados no experimento.

O professor planeja e organiza atividades experimentais e os alunos realizam atividades. Nesta etapa, a observação do professor no desenvolvimento do trabalho é fundamental, auxiliando o aluno quando necessário, na construção do experimento. Um dos pontos básicos que os professores devem aderir é a interação e o diálogo entre os alunos, destacando a desenvoltura dos alunos mais aptos e sua capacidade de auxiliar e ajudar outros colegas como supervisores na execução das atividades. Essa interação social entre os alunos permite que os alunos desenvolvam seu potencial.

As ferramentas utilizadas para avaliar a atividade experimental são: a introdução da atividade experimental e o registro da prática investigativa, a atividade de fazer perguntas sobre o experimento realizado e a observação direta durante a atividade e a interação dos alunos durante a execução do trabalho.

Durante a montagem do experimento, analisaremos os diferentes procedimentos que os alunos realizam para resolver os problemas apresentados e avaliamos a apropriação de conceitos de pesquisas anteriores, sendo consistente com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Este trabalho permite que a física seja aplicada de forma prática, estimulando a capacidade de raciocínio dos alunos, permitindo que eles relacionem os experimentos que fazem com as aplicações cotidianas e analisem conceitos da física, na prática.

Uma das dificuldades encontradas no trabalho foi o espaço escolar, tivemos que construir temporariamente quatro mesas e colocá-las na sala da escola para que os alunos pudessem fazer suas atividades.

Na execução de nossas atividades, trabalhamos como um laboratório aberto. Na abordagem experimental, começamos com a seguinte pergunta. Quando a bola (1) colide com a bola (2), qual é a sua velocidade? Qual é o alcance (X) experimental em relação ao ângulo de lançamento.

Na construção do experimento, fornecemos os seguintes materiais: régua 60 cm, paquímetro, broca em espiral 3mm, parafuso para madeira, linha-náilon, transferidor acrílico 180°, cesto coletor confeccionado com carretel de linha, filamento de cobre com borracha para prender a linha, etc. Cada grupo deve construir e explicar o seu experimento, os conceitos de física aplicados.

Os alunos receberão instruções sobre a condução das atividades e os cuidados necessários para o manuseio de materiais e ferramentas. Após concluir o experimento, começamos a discutir os exercícios realizados.

Em seguida descrevemos onde são feitos os cálculos experimentais e tabelados:

O experimento na plataforma de lançamento, foi construído com chapas (MDF), de forma que uma das bolas (bola roxa) foi suspensa por um fio de “náilon” (fixados no MDF por parafusos), formando um pêndulo. A segunda bola (bola rosa) fixada sobre a plataforma de lançamento onde será arremessada, para frente caindo no cesto.

Duas bolas (1 e 2), de massas iguais, são posicionadas lado a lado no sistema conforme demonstrado Figura 2.2. A bola 2 está presa formando um pêndulo, elevando-se a bola 2 a uma certa angulação ponto (A). Libera-se a esfera 2 que partindo do repouso terá a mesma energia do ponto (B).

A colisão das bolas faz com que a energia da bola 2 seja transferida para a bola 1, essa energia é momentaneamente armazenada sob forma de energia potencial elástica, mas logo a seguir, a energia elástica é convertida em energia cinética. Assim a bola 1 é então lançada horizontal para frente a uma certa distância (d) da bola 2, caindo no cesto coletor.

A colisão será tratada como perfeitamente elástica, quando toda a energia mecânica é conservada, ou seja, não é transformada em outra forma de energia. Outro ponto a ser abordado para o entendimento do experimento é referente às equações que descrevem o lançamento horizontal.

Como um móvel ao executar esse movimento descreve uma trajetória parabólica conclui-se que tal movimento é resultante de dois componentes vetoriais, de deslocamento (X) (horizontal) e (Y) (vertical), em referência ao sistema de coordenadas cartesianas.

O objetivo deste experimento é instigar a curiosidades dos alunos e motivá-los, as atividades desenvolvidas são em grupos de três pessoas favorecendo aprender colaborativamente <sup>4</sup>, logo alunos se mostraram entusiasmados executando as atividades.

O que se observa é que os alunos manipulam o experimento sem muita preocupação com a fenomenologia, pois quando os discentes executam a experimentação nem sempre

---

<sup>4</sup> A expressão “aprendizado colaborativo” refere-se a um método de instrução/aprendizagem onde os estudantes trabalham juntos, em pequenos grupos, em torno de um objetivo comum. Os alunos são responsáveis pelo aprendizado uns dos outros, de modo que o sucesso de um ajuda no sucesso dos outros. Gokhale (1995)

a bolinha cai no cesto coletor, gerando algumas indagações do por ela não cair no lugar calculado experimentalmente que é o alcance (X). Já aqueles com um olhar mais crítico fazem o uso de ajustes laterais procurando possibilitar com que a bola caia no cesto coletor.

Boa parte dos alunos apenas observa o experimento com uma visão dos conhecimentos do cotidiano e não como um conhecimento científico e crítico onde se questiona quando uma bola colide com a outra é arremessada para frente caindo no cesto coletor, o que acontece com o sistema, quais equações podem ser usadas para explicar a fenomenologia e quando são questionados, eles apresentam grande, dificuldades para explicar o fenômeno. Isto também foi observado no momento de resolver os exercícios (Apêndice B), onde foi identificada uma certa dificuldade em manipular as expressões matemáticas referentes aos experimentos.

### 5.3 Atividade 3

#### 5.3.1 A terceira etapa: Atividade experimental desenvolvida na canaleta de (PVC)

Os experimentos envolveram uma colisão horizontal entre duas esferas, explorando os conceitos de conservação do momento linear e conservação da energia cinética dependendo do tipo de colisão. Note-se que a mudança na energia cinética, e a lei da conservação da energia depende do comportamento dos objetos antes e depois da colisão.

Segundo pesquisas (GRIMELLINI-TOMASINI et al., 1993), os alunos têm dificuldade em compreender o momento linear, principalmente como um vetor. Dessa forma, essas quantidades são representadas em um experimento onde o aluno percebe a conservação do momento linear. Para isso, o vetor é representado pelo momento linear paralelo à canaleta, conforme mostrado na Figura 5.

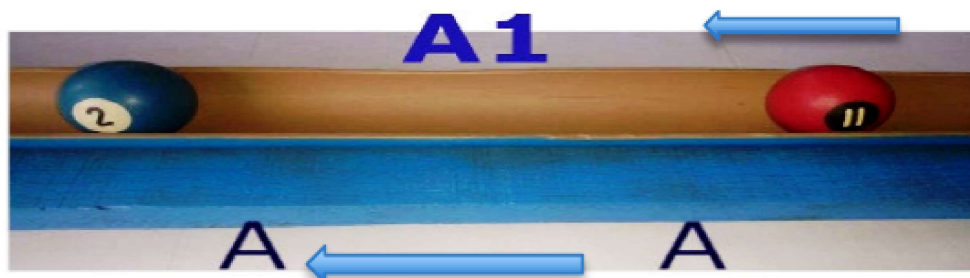


Figura 5 – O alvo está inicialmente em repouso, bola azul ( $A=220g$ ) e o projétil bola vermelha ( $A=220g$ ) será lançada contra ela rolando suavemente. Fonte: Autor.

Durante a aplicação do material instrucional na canaleta de (PVC), os alunos podem manipular, repetir experimentos sugeridos ou modificar situações. A montagem

experimental consistiu em uma canaleta plano (PVC) com perfil em “U” de 6 cm de largura e 1,20 m de comprimento, e um conjunto de bolas de aço de 160g, 250g e 316g, bolas de gude 100g, bola de bilhar 220g, massinha de modelar e um pedaço de espuma como ilustrado na figura 6.

Experimentos na canaleta envolveram causar colisões entre as bolas, alterando a massa da bola incidente e da bola alvo, várias combinações de colisão são possíveis como indicado no (Apêndice C). O método de arremesso da bola que inicia o evento também pode variar, segundo arremessos “suave” ou “rápidos”.



Figura 6 – Ilustração da confecção do dispositivo experimental. Fonte: Autor.

Análise focada na discussão de experimentos de colisão as seguintes características foram selecionadas como estratégias:

- O alvo pode estar parado ou em movimento;
- As massas dos objetos que interagem podem ser iguais ou diferentes;
- A deformação durante o impacto pode ser vista como na espuma ou invisível com bolas de aço;
- O tempo de interação pode ser longo ou curto;

Os alunos foram divididos em grupos de duas pessoas, para facilitar a organização, após a formação dos grupos foi solicitado aos discentes que utilizam o “kit experimental”, e

executassem as colisões conforme indicado em cada situação foi recomendado que observem atentamente o que acontece com cada uma das esferas após a colisão conforme (Apêndice C).



Figura 7 – Colaboradores utilizando o aparato experimental. Fonte: Autor.

Foi pedido que o aluno descreva o que acontece durante a colisão usando suas próprias palavras, foi recomendado aos alunos poderiam repetir várias vezes o mesmo experimento e transcrever o que foi observado como ilustrado na figura 7.

Após o término da experimentação houve um momento de socialização entre os alunos e professor visando compartilhar experiências.

A experimentação parece fazer com que os alunos fiquem fascinados no desenvolvimento de seu conhecimento científico, sendo incluída como um estímulo intelectual extremamente desafiador que pode desencadear pelo menos uma reorganização parcial do conhecimento.

Cada atividade funciona de forma diferente dependendo do roteiro elaborado e das “variáveis específicas de cada sistema” que serão expostas posteriormente. Durante o final de cada atividade, os alunos escrevem as suas respostas às questões, que foram colocadas nas folhas de respostas.

No entanto, o aspecto mais interessante do potencial experimental, ao nosso ver, é a capacidade de usar resultados experimentais para estimular o intelecto dos alunos, levando-os a corrigir suas previsões e explicações teóricas, e ser uma fonte de observação muito apurada.

De fato, em alguns casos, os alunos mostraram uma tendência a descrever colisões com pouca precisão, enfatizando aspectos da percepção cientificamente sem sentido.

### 5.3.2 Análise das respostas dos alunos contidas no “kit experimental”

Após o término da experimentação houve um momento de socialização entre os alunos e professor visando compartilhar experiências.

Para iniciar a análise das questões contidos no “Kit Experimental”, primeiro definiremos as classes incluídas no (item 5.1.2) para grupos de resposta com certa afinidade segundo a teoria de Ausubel; Novak Hanesian (1982), em grupos com conhecimento prévio explícito ou pouco claro.

Essa categorização agrupa os alunos que passaram pelos conceitos necessários, mas ainda não aprenderam efetivamente o conteúdo específico. Como resultado, os conceitos são formados de forma arbitrária e literal ou de difícil assimilação.

As questões incluídas no material instrucional foram elaboradas para determinar a carga cognitiva associada ao conceito de massa e velocidade, o momento linear, que sirva de âncora do novo conhecimento: a lei da conservação dos momentos lineares que os alunos adquirem durante a formação no ensino médio. Algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo nas figuras de 8 a 10.

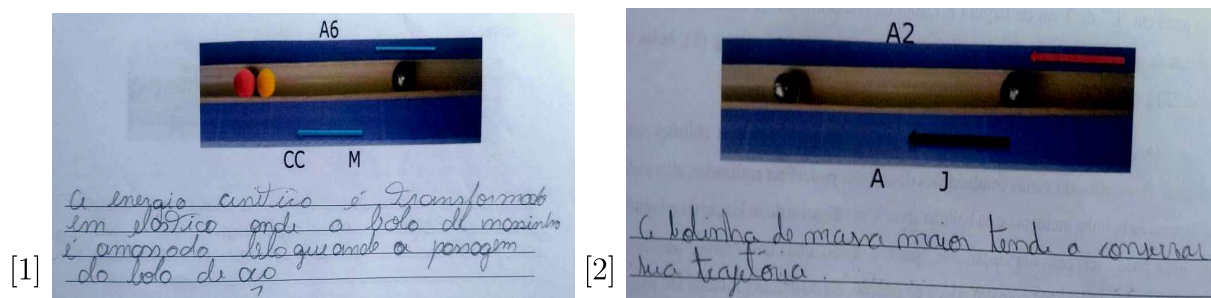


Figura 8 – Resposta do Grupo 1 e 2. Fonte: Dados da pesquisa.

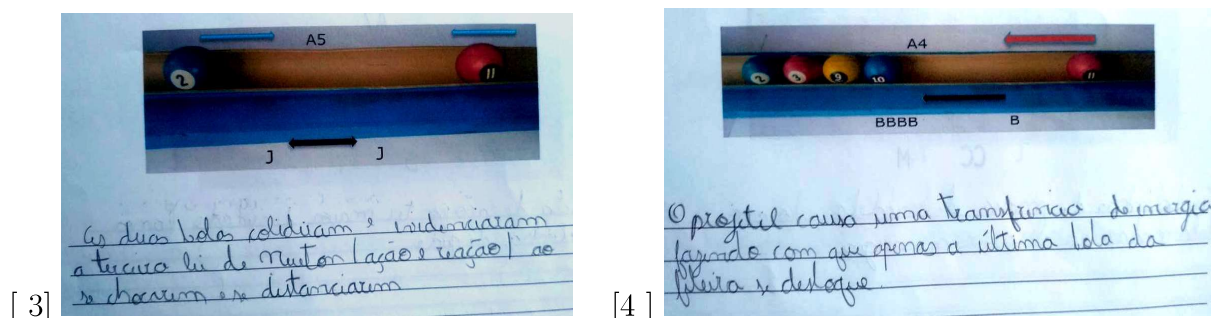


Figura 9 – Resposta do Grupo 3 e 4. Fonte: Dados da pesquisa.

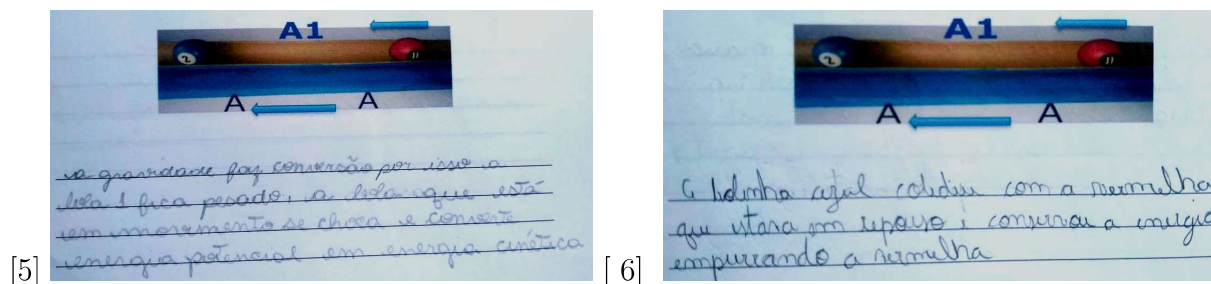


Figura 10 – Resposta do Grupo 5 e 6. Fonte: Dados da pesquisa.

Em muitos casos, as respostas dos alunos são confusas e podemos perceber a dificuldade de organizar a própria estrutura do texto.

Quando se trata de conhecimento físico relacionado a princípios Conservação de energia, a existência de um conceito que vale a pena mencionar, pode ser classificado como fluido, ingrediente ou produto, conforme o significado que atribuem ao conceito de energia através de termos como “transmitir de energia” ou “transportar de energia na colisão”, (BARBOSA; BORGES, 2004).

Na análise da figura 9 (item 3), a dificuldade dos alunos parece estar relacionada à sua tendência de aplicar “ação” e “reação” como respostas ao mesmo corpo: eles explicam o princípio de ação/reação na ideia de movimento espontâneo, às duas forças são iguais apenas em condições estáticas ou quando os dois corpos estão se afastando um do outro, mas quando os dois corpos se movem juntos, a ação é sempre maior que a força de reação são classificando-os em (SMD).

Na análise da Figura 9 (item 4), denotada como choque mecânico, o aluno percebe haver uma certa quantidade de movimento transferida de um corpo para outro no choque. Nesse caso, é provável que os alunos cheguem à lei da conservação para cada mudança específica do momento e possam classificá-los na categoria em (PS).

Na análise da Figura 10 (item 5), os alunos conseguiram reconhecer corretamente que, ao longo da trajetória da bola, a energia mecânica envolvida era a energia cinética e a energia potencial gravitacional, indicando que seu pensamento anterior correspondia, coerente com os conceitos físicos presentes no problema, atribuídos na categoria (PS).

Na análise da Figura 8 (item 1) os alunos conseguiram reconhecer corretamente que, ao longo da trajetória da bola, a energia cinética é convertida em energia potencial elástica onde a bolinha de massinha absorve a energia causando a deformação da bolinha impedindo sua passagem, indicando que os alunos dispõem de subsunçores que ancoraram suas ideias, coerente com os conceitos físicos presentes no problema, atribuídos na categoria (PS).

### 5.3.3 Questionário de opinião sobre a disciplina

Após as atividades, foi solicitado aos alunos que avaliassem as atividades realizadas por escrito e eles foram convidados a apontar os eventos positivos ou negativos, e oferecer críticas ou até mesmo mostrar alternativa conforme o (Apêndice D). Algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo figura 11.

Talvez o fato de haver apenas 15 alunos na turma facilita-se a identificação e inibe-se a exposição a coisas que lhes foram negativas ou ineficazes no desenvolvimento da atividade. Certamente, foi explicado que a avaliação negativa a respeito dos experimentos não aferirá suas notas e que as respostas são muito importantes para que no futuro sejam implementadas melhorias e possíveis correções ao presente material.

A análise do questionário de opinião sobre a disciplina visa determinar a opinião

**Descreva pontos positivos e/ou negativos em relação a os experimente.**

Foram interessantes, etma explicaçõs  
Tínhamos pouco conhecimento sobre a matéria.

Em quais situações do cotidiano você consegue identificar que a Física está presente?

Em tudo que ocorre ao red.

Os experimentos foram bem demonstrativos e de fácil entendimento

Em quais situações do cotidiano você consegue identificar que a Física está presente?

Em tudo o que acontece

**Descreva pontos positivos e/ou negativos em relação a os experimente.**

foi uma ótima explicação com experimentos curiosos, mas acho que não sabemos o necessário para ~~comp~~ compreender tal atividade.

Em quais situações do cotidiano você consegue identificar que a Física está presente?

Em todas as situações do vida tem o físico presente

Figura 11 – Trechos de algumas das respostas dos alunos. Fonte: Autor.

dos alunos sobre o impacto dos recursos didáticos usados em todo o material instrutivo.

Esse resultado conforme a (tabela 7) também mostra o desempenho do material instrucional, pois mostra que os recursos usados parecem estar contribuindo para instigar no aluno “a vontade de aprender” considerando que eles apresentaram boas relações com recursos de ensino para com professor.

Os resultados da análise dos dados coletados são apresentados em tabelas, apresentamos os resultados do questionário aplicado aos sujeitos da pesquisa conforme tabela 6. Ressalta-se que 33% dos sujeitos afirmaram não ter o conhecimento matemático suficiente para desenvolver o conteúdo e apenas 20% relataram que faz as atividades porque querem aprender coisas novas, sendo este percentual considerado bem baixo em função às nossas expectativas. Assim, observamos um grande desinteresse pelos conteúdos de Física.

Tabela 6 – Análise do questionário de opinião sobre a disciplina

Questionário de opinião sobre a disciplina	Nº alunos	Percentual.
Eu não sei a matemática necessitaria para aprender física.	5	33%
Tenho muita curiosidade de saber como as coisas funcionais.	10	66%
Faço atividades porque quero aprender coisas novas.	3	20%
Acabo fazendo as atividades para não reprovar.	6	40%
A Física só e importante para passar em um vestibular.	2	13%

Fonte: Dados da pesquisa.

Finalmente, outros 40% só fizeram as atividades, pois não querem reprovar.

Tabela 7 – Análise do questionário de opinião sobre os experimentos

Questionário de opinião sobre os experimentos	Nº alunos	Percentual.
Poderia afirmar que os experimentos		
Foram interessantes	13	86%
Motivou-me a seguir com o conteúdo	3	20%
Motivou-me a pesquisar mais sobre o assunto	8	53%
Foram uteis	11	73%

Fonte: Dados da pesquisa.

Esses resultados referem-se à aplicação de questionários de opinião da disciplina e aplicação dos experimentos utilizados para analisar a compreensão e motivação. O estudo foi aplicado a 15 alunos do 3º ano do ensino médio. Nas Tabelas 7, a evolução pode ser observada através dos resultados coletados.

Analisando esses dados é possível verificar que essa estratégia de ensino em paralelo com as atividades experimentais com o conteúdo do livro didático é uma sugestão que pode auxiliar no ensino de física, sendo que 86% dos sujeitos da pesquisa consideraram que os experimentos foram interessantes e outros 73% afirmaram que foram úteis.

De modo geral, pode-se dizer que no processo de aplicação da sequência das atividades observa-se o empenho do aluno em participar das atividades propostas, pontualidade no horário agendado e interesse pelo assunto estudado. Entende-se que o engajamento e a dedicação dos alunos, mesmo que não sejam recompensados, é uma postura consciente e leal.

## 5.4 Possibilidades futuras

No decorrer da campanha, foram observados alguns aspectos do material didático que, se modificados, podem trazer melhores resultados. Neste caso, as seguintes alterações são sugeridas em trabalhos futuros.

### 5.4.1 Levantamento dos conhecimentos prévios

Os conceitos aprendidos na vida de uma pessoa constituem o conhecimento dessa pessoa. Esses conceitos subsunçores são fundamentais para aprender algo, pois atuam como âncoras para novas informações, internalizadas na estrutura cognitiva do aluno de forma literal e não arbitrária, para que a aprendizagem realmente aconteça.

O objetivo desta atividade é aprimorar o pré-conhecimento dos alunos em estrutura cognitiva, para terem um aprendizado significativo sobre o conhecimento da lei da conservação da energia. Pode-se dividir a atividade em duas etapas facilitando sua aplicação, tornando a atividade menos cansativa e potencializando os resultados de acordo com (Apêndice A).

Após a aplicação da atividade proposta, analise os dados obtidos para verificar os conhecimentos atuais dos alunos em relação àqueles ausentes no início, a fim de avaliar o aprender significativamente sobre os princípios gerais de conservação de energia.

Na ausência de subsunçores, se possível, preparar organizadores prévios para facilitar a ancoragem e aplicação de novos conhecimentos.

### 5.4.2 kit experimental

Ressalta-se, que se faz necessário algumas alterações objetivando uma melhor aplicabilidade do material instrucional, sugere-se dividir o número de perguntas em algumas etapas. O objetivo é minimizar qualquer pressão que os alunos sintam, pois, sempre precisam responder às perguntas.

Dessa forma, o processo pode se tornar mais natural no ambiente de sala de aula, resultando em menor cansaço físico e emocional. Procurando promover uma reconciliação abrangente, os materiais instrucionais revisitam continuamente aspectos mais gerais dos tópicos estudados. No entanto, alguns aspectos tornam-se repetitivos porque utilizam o mesmo tipo de raciocínio, portanto, podem ser simplificados ou alterados. Sugere-se adicionar métodos através de entrevistas.

## 6 Conclusão

Nosso objeto de estudo consistiu em compreender qual é a contribuição da sequência instrucional formulada conforme a TAS, para o aprendizado dos princípios gerais de conservação de energia, no ensino médio.

Inicialmente, realizamos pesquisa bibliográfica para identificar estudos que demonstram a relevância da pesquisa realizada e para auxiliar na definição dos referenciais teóricos e metodológicos utilizados. A pesquisa realizada com tese, dissertação e artigos, como base teórica deste trabalho, aponta uma grande dificuldade no ensino e aprendizagem da disciplina de física.

No processo de leitura dessas obras, verificamos as barreiras que professores e alunos apresentam, principalmente no que diz respeito à contextualização do conteúdo da disciplina, pois a maioria dos livros didáticos não traz exemplos que se apliquem ao cotidiano dos alunos. Este resultado se faz importante para o trabalho aqui relatado é um produto relacionado a uma sequência de ensino explorando processos de transferência de energia.

Além disso, a pesquisa bibliográfica nos ajudou a definir a teoria da aprendizagem significativa como referencial teórico e metodológico, e despertou nosso interesse pela experimentação como a gente organizadora e motivadora prévia. Com base na análise da bibliografia, desenvolvemos uma sequência instrucional composta por três fases para contextualizar a conservação de energia, guiada pelos aspectos instrucionais da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Aplicado a um grupo de 15 alunos voluntários do Colégio Estadual Simon Bolívar durante as aulas da manhã, que participaram de todas as fases da intervenção.

Com base na TAS, aplicamos uma avaliação diagnóstica preliminar (pré-teste) visando verificar a presença de subsunçores necessárias para ancorar o novo conceito e obter informações sobre a compreensão do sujeito sobre o conceito de energia e o tipo de transmissão de energia. Os resultados dessa avaliação sinalizam a ausência de subsunçores e onde se faz preceder a necessidade de elaborar organizadores prévios.

Para uma coordenação abrangente, usamos uma atividade de demonstração de experimentos de colisão na plataforma de lançamento, onde os sujeitos tiveram a oportunidade de utilizar equipamentos idealizados confrontando a experimentação com a teoria, para apoiar discussões de estudos de colisão. Para completar essa atividade, o pesquisador explorou o processo de propagação de energia como energia cinética, energia potencial, gravitacional e momento, destacando os materiais usados para elaborar os experimentos e apresentando-os na sequência instrucional.

Essas atividades experimentais permitiram que os alunos expressem seus conhecimentos e negociem significados com seus professores. Acreditamos que, se bem planejadas e tendo em conta a participação ativa dos alunos, as atividades experimentais revelar-se-ão ferramentas eficazes como sugestões para ajudar a tornar a aprendizagem significativa. No decorrer do experimento, os alunos vivenciam a prática exploratória e traçaram o importante processo de negociação construído por meio do diálogo professor-aluno.

Ao realizar este trabalho concluímos que produzimos uma aprendizagem significativa na qual o professor auxilia os alunos no processo de investigação durante as atividades experimentais. Podemos perceber que a sala de aula tornou-se dinâmica durante a construção do experimento, com os alunos empenhados em conduzir o experimento e explicar o conceito físico aplicado, quão eficaz ele é, qual é a sua finalidade e como é utilizado no dia a dia dos alunos.

O levantamento de conhecimentos prévios foi realizado através da aplicação do questionário. A partir desse questionário, verificamos que os alunos não associavam energia com conservação e transformação. A análise de pesquisas de conhecimento anteriores mostrou que, embora a maioria dos alunos tivesse algum conhecimento sobre diferentes formas de energia, eles não entendiam sobre sua transformação e conservação, nem como esse conhecimento se relaciona com a energia.

Por um lado, não entender a relação entre esses conceitos significa que a lei da conservação da energia é um assunto que os alunos ainda não entendem. Por outro lado, não entender o significado de transformação e conservação em um sentido mais geral os impede de aprender significativamente a lei da conservação da energia.

A maioria dos alunos 80% reconheceu a presença de energia em mais de 60% das vezes. Essa porcentagem indica que a maioria dos alunos tem algum conceito do que é energia, mesmo que esse conceito não esteja totalmente desenvolvido. Os resultados mostraram que a maioria dos alunos, portanto, não transformou o conhecimento, mesmo que em sua forma insuficiente, para conectar esse conhecimento com o conhecimento da energia.

Ressalta-se que na atividade do “kit experimental” já observamos uma pequena evolução, onde os sujeitos que detinham o conhecimento conseguiram descrever as colisões com mais precisão considerando que eles possuíam subsunçor presente (SP).

Uma das dificuldades observadas durante o desenvolvimento das atividades foi o fato que durante as aulas remotas os conteúdos desenvolvidas foram trabalhados de uma forma mais compacta, onde as atividades foram enviadas aos alunos, deixando a cargo deles todo o processo de estudo, sendo que em muitos casos estes sujeitos sem a orientação adequada, isso possa ter gerado um grande desinteresse e até mesmo o abandono dos estudos.

# Referências

- ALMEIDA, L. M. W. de; FONTANINI, M. L. de C. Aprendizagem significativa em atividades de modelagem matemática: Uma investigação usando mapas conceituais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 2, p. 403–425, 2016.
- ARONS, A. B. Development of energy concepts in introductory physics courses. *American Journal of Physics*, American Association of Physics Teachers, v. 67, n. 12, p. 1063–1067, 1999.
- ASTOLFI, J.-P.; DEVELAY, M. *A didática das ciências*. [S.l.]: Papyrus Editora, 1990.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional. Edição: Segunda*. [S.l.]: Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 1980.
- AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa. *São Paulo: Moraes*, 1982.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. *Lisboa: Plátano*, v. 1, 2003.
- BAÑAS, C.; MELLADO, V.; RUIZ, C. Los libros de texto y las ideas alternativa sobre la energía del alumnado de primer ciclo de educación secundaria obligatoria. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. 3, p. 296–312, 2004.
- BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. Modelos iniciais de energia. *Música (som de alto-falantes)*, v. 31, n. 4, p. 89, 2004.
- BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 23, n. 2, p. 182–217, 2006.
- BIANCHI, I.; FILHO, J. de P. A. Laboratório caseiro: pêndulo balístico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 2, n. 3, p. 146–152, 1985.
- BUNGE, M. Energy: Between physics and metaphysics. *Science & Education*, Springer, v. 9, n. 5, p. 459–463, 2000.
- CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. Física clássica, são paulo. *Atual, sd*, 2012.
- CARDOSO, S. d. O. Ensinando o efeito fotoelétrico por meio de simulações computacionais: Elaboração de roteiro de aula de acordo com teoria da aprendizagem significativa. *Belo Horizonte*, 2011.
- CAVALCANTE, M. A.; BONIZZIA, A.; GOMES, L. C. P. Aquisição de dados em laboratórios de física: um método simples, fácil e de baixo custo para experimentos em mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 30, n. 2, p. 2501–1, 2008.
- CHESMAN, C.; SALVADOR, C.; SOUZA, E. D.; JÚNIOR, A. Colisão elástica: Um exemplo didático e lúdico. *Física na Escola, Porto Alegre*, v. 6, n. 1, p. 23–25, 2005.

- DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, p. 3–15, 1986.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. Lições de física—vol. 1. *Tradução de Adriana VR da Silva e Kaline R. Coutinho. Porto Alegre: Bookman, 2008.*
- FILHO, E. A. d. S. *Regras para o parque lacaniano, contraintes do discurso psicanalítico. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2021.*
- GIL, A. C. *Pós-Graduação-Metodologia-Como Elaborar Projetos de Pesquisa-Cap 2. [S.l.]: Atlas, 2017.*
- GOKHALE, A. A. Collaborative learning enhances critical thinking. Digital Library and Archives of the Virginia Tech University Libraries, 1995.
- GRIMELLINI-TOMASINI, N.; PECORI-BALANDI, B.; PACCA, J.; VILLANI, A. Understanding conservation laws in mechanics: Students' conceptual change in learning about collisions. *Science Education*, John Wiley & Sons, 1993.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, vol. 1: mecânica. *LTC*, 2009.
- HEWITT, P. G.; CONCEITUAL, F. *9ª Edição. Ed. [S.l.]: Bookman, 2011.*
- MACHADO, L. P. S.; POTIGUAR, F. Q. Colisão inelástica com rotação relativa de um objeto de simetria esférica em um plano. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 28, n. 3, p. 700–714, 2011.
- MARCUSCHI, L. A. A transcrição de conversações. *Análise da Conversação*, Editora Ática São Paulo, v. 5, p. 9–13, 2003.
- MATTOS, A. de; KUCKER, C. E. D. N.; PEREIRA, S. A. Simetria, a matemática perfeita. *Coleção do V Seminário Nacional de Histórias e Investigações de/em Aulas de Matemática*, p. 224, 2015.
- MOREIRA, M. Aprendizagem significativa em um enfoque vygotskyano. *MOREIRA, MA Aprendizagem significativa. Brasília: Editora Universidade de Brasília*, p. 90–95, 1999.
- MOREIRA, M. A. Modelos mentais. *Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 1, n. 3 (dez. 1996), p. 193-232*, 1996.
- MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 7, n. 1 (jan./mar. 2002), p. 7-29*, 2002.
- MOREIRA, M. A. Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A teoria da aprendizagem significativa. *Porto Alegre-RS*, 2009.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2011.*
- MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas—ueps. *Aprendizagem Significativa em revista*, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011.

- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa (concept maps and meaningful learning). *Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas*, v. 41, 2012.
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação (Bauru)*, SciELO Brasil, v. 9, n. 2, p. 301–315, 2003.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. [S.l.]: Centauro, 1982.
- MORS, P. M. Quanta energia cinética é possível se perder em uma colisão inelástica? *Physicae*, v. 10, n. 1, p. 6–8, 2011.
- NUSSENZVEIG, H. M. Física básica 1-mecânica. *São Paulo: Edgar Blücher LTDA*, 1981.
- NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica 1-mecânica. *Editora Edgard Blücher, Sao Paulo*, 2013.
- OLIVEIRA, J. F. de; LIBÂNEO, J. C.; TOSCHI, M. S. *Educação escolar: políticas, estrutura e organização*. [S.l.]: Cortez editora, 2003.
- OTERO, M. R.; GRECA, I. M. Las imágenes en los textos de física: entre el optimismo y la prudencia. *Caderno catarinense de ensino de física. Vol. 21, n. 1 (abr. 2004), p. 35-64*, 2004.
- PACCA, J. L. de A.; HENRIQUE, K. F. Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, p. 159–166, 2004.
- PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. D. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do ensino médio a respeito de temas na área de genética. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, SciELO Brasil, v. 7, n. 3, p. 182–201, 2005.
- PEDUZZI, L. O.; PEDUZZI, S. S. Sobre o papel da resolução literal de problemas no ensino da física: exemplos em mecânica. *Pietrocola (org.), Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa abordagem integradora, INEP, Editora da UFSC, SC*, 2001.
- PEDUZZI, S. S. Concepções alternativas em mecânica. *Ensino de Física—conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC*, p. 53–75, 2001.
- PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: UFSC*, p. 9–32, 2001.
- REHFELDT, M. J. H. A aplicação de modelos matemáticos em situações-problema empresariais, com uso do software lindo. 2009.
- RIBEIRO, M. H. Estudo do calor: sequência de ensino associada à conservação de alimentos. 2015.

- ROBILOTTA, M. R. O cinza, o branco e o preto—da relevância da história da ciência no ensino da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, p. 7–22, 1988.
- ROEDER, J. L. Analyzing collisions in terms of newton’s laws. *The physics teacher*, American Association of Physics Teachers, v. 41, n. 2, p. 97–99, 2003.
- SILVEIRA, F. L. da. Colisão entre dois pêndulos com “efeito estilingue”. *VIDYA*, v. 34, n. 1, p. 7, 2014.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros. vol. 1. *LTC, Rio de Janeiro*, 2009.
- VIANA, R. L.; FERNANDES, A. S. Colisões elásticas entre duas esferas: Um tratamento intermediário para estudantes de graduação. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 5, n. 2, 2003.
- VIANNA, H. M. Avaliação educacional. *São Paulo: IBRASA*, p. 187–202, 2000.
- VIEIRA, É. M. B. *A evolução das ideias de alunos do 1.º e 2.º ciclo do ensino básico sobre o ciclo da água e poluição com base no modelo de mudança conceptual*. Tese (Doutorado), 2017.
- VIENNOT, L. Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. *Revue française de pédagogie*, JSTOR, p. 16–24, 1978.
- VILLANI, A. Reflexões sobre as dificuldades cognitivas dos professores de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 8, n. 1, p. 7–13, 1991.
- VILLANI, A.; CARVALHO, L. M. O. d. et al. Evolución de las representaciones mentales sobre colisiones. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 1997.
- VILLANI, A.; PACCA, J. L. d. A. Spontaneous reasoning of graduate students. *International Journal of Science Education*, Taylor & Francis, v. 12, n. 5, p. 589–600, 1990.
- VILLANI, A.; PACCA, J. L. de A. Conceptos espontáneos sobre colisiones. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, p. 238–243, 1990.

## Apêndice A

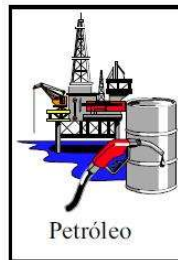
QUESTÕES SOBRE ENERGIA – *Você certamente já ouviu falar de energia no seu dia-a-dia. Baseado nos seus conhecimentos, assinale quais situações descritas abaixo você pode identificar a presença de algum tipo de energia. Para cada situação assinalada anteriormente, procure dar uma justificativa no quadro que segue.*



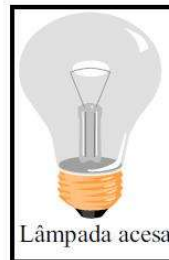
[ ] 1



[ ] 2



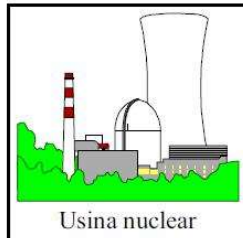
[ ] 3



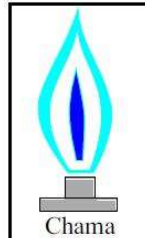
[ ] 4



[ ] 5



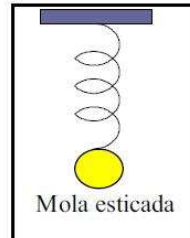
[ ] 6



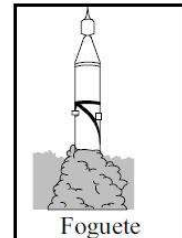
[ ] 7



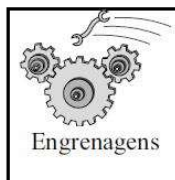
[ ] 8



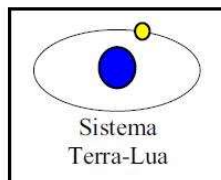
[ ] 9



[ ] 10



[ ] 11



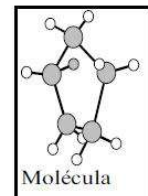
[ ] 12



[ ] 13



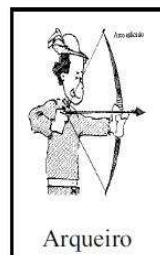
[ ] 14



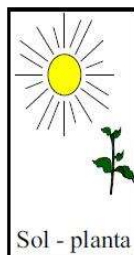
[ ] 15



[ ] 16



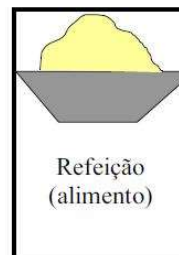
[ ] 17



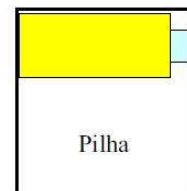
[ ] 18



[ ] 19



[ ] 20



[ ] 21



## Apêndice B

### Experimento de colisão na plataforma de lançamento.

1. Cálculo experimental da velocidade da bolinha (1) ao colidir com a bolinha (2). Considerando o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  e  $h_1 = 15 \text{ cm}$ .

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \quad (4.1)$$

2. Cálculo experimental do alcance (X) em relação ao ângulo de largada. Dados: Altura da base  $H=22 \text{ cm}$ , comprimento do fio  $L=15 \text{ cm}$ . Realizar as colisões entre as esferas e observaremos os alcances horizontais.

$$x = 2\sqrt{H \cdot L(1 - \cos \theta)} \quad (4.2)$$

$(\theta)_{\text{medido}}(\text{graus})$	$(X)_{\text{calculado}}(\text{cm})$
$\text{Cos } 30^\circ = 0,87$	
$\text{Cos } 40^\circ = 0,77$	
$\text{Cos } 50^\circ = 0,68$	
$\text{Cos } 60^\circ = 0,58$	
$\text{Cos } 70^\circ = 0,34$	
$\text{Cos } 80^\circ = 0,17$	
$\text{Cos } 90^\circ = 0$	

**Tabela 4.1:** Alcance horizontal da esfera lançada.

---

3. O princípio de conservação na Física (conservação da energia, da quantidade de movimento) desempenham papéis fundamentais nas explicações de diversos fenômenos. Considere o estudo de uma colisão entre duas partículas A e B que constituem um Sistema isolado. Verifique quais as proposições são falsas (F) e verdadeiras (V).

A. ( ) Se a colisão entre A e B for elástica, a energia cinética total das partículas permanece constante durante a colisão.

B. ( ) Se a colisão entre A e B for elástica, a energia mecânica do sistema (soma das energias cinética e elástica) permanece constante durante a colisão.

C. ( ) Se a colisão entre A e B for elástica, a quantidade de movimento de cada uma das partículas permanecerá constante.

D. ( ) Se a colisão entre A e B for perfeitamente inelástica, não haverá conservação da quantidade de movimento do sistema.

E. ( ) Se a colisão entre A e B não for elástica, haverá dissipação de energia mecânica, porém, haverá conservação da quantidade de movimento total do sistema.

Desenvolvimento: Comentando cada proposição:

(A). Se a colisão entre A e B for elástica, a energia cinética total das partículas permanece constante durante a colisão.

R: Falso, a energia cinética é transformada em elástica durante a colisão.

(B). Se a colisão entre A e B for elástica, a energia mecânica do sistema (soma das energias cinética e elástica) permanece constante durante a colisão.

R: Verdadeira, segundo o princípio de conservação de energia.

(C). Se a colisão entre A e B for elástica, a quantidade de movimento de cada uma das partículas permanecerá constante.

R: Falso, a quantidade de movimento do sistema se conserva. Entretanto, cada partícula terá a velocidade da outra após a colisão o que faz com que as partículas não conservem a sua quantidade de movimento envolvida.

(D). Se a colisão entre A e B for perfeitamente inelástica, não haverá conservação da quantidade de movimento do sistema.

R: Falso, em qualquer colisão se conserva a quantidade de movimento.

(E). Se a colisão entre A e B não for elástica, haverá dissipação de energia mecânica, porém, haverá conservação da quantidade de movimento total do sistema.

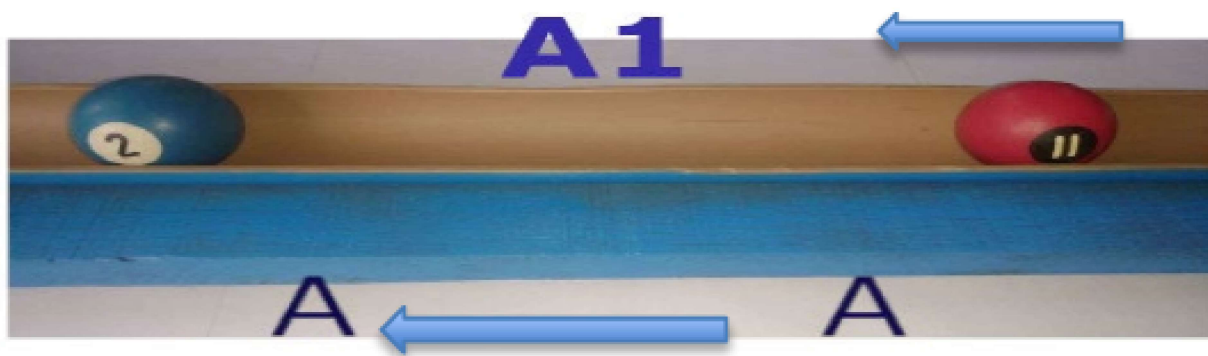
R: Verdadeiro, nas colisões inelásticas e parcialmente inelástica há dissipação de energia mecânica, entretanto a conservação de movimento sempre acontecerá.

## Apêndice C

### Atividades experimental de colisão na canaleta de (PVC).

Utilizando o “kit experimental”, execute as colisões conforme indicado em cada situação. Observe atentamente o que acontece com cada uma das esferas após a colisão. Descreva o que acontece com suas próprias palavras.

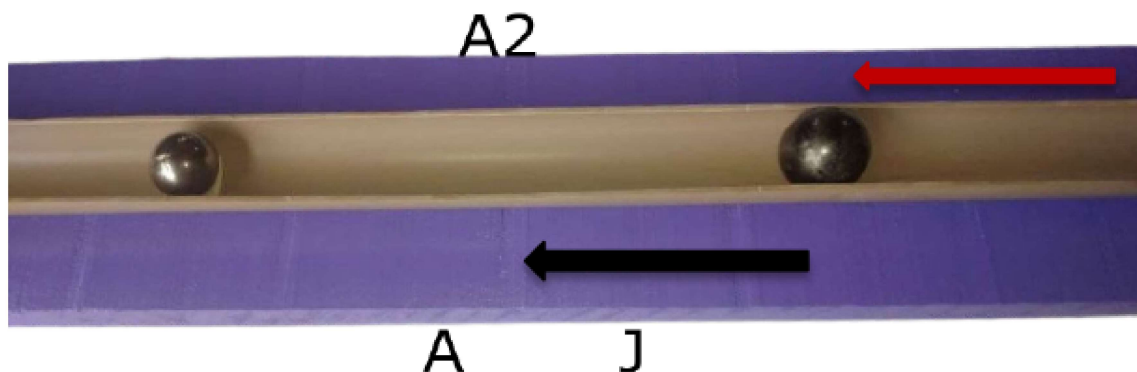
**Figura 4.1:** O alvo está inicialmente em repouso, bola azul ( $A=220\text{g}$ ) e o projétil bola vermelha ( $A=220\text{g}$ ) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A1 (A-A).

Fonte: Autor.

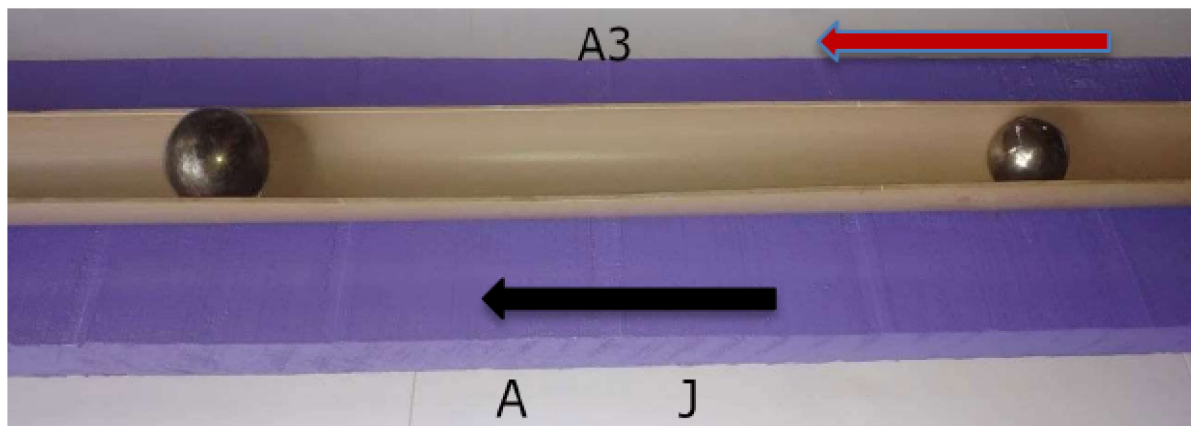
**Figura 4.2:** O alvo está inicialmente em repouso bola de aço ( $A=160\text{g}$ ) e o projétil bola de aço ( $J=316\text{g}$ ) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A2 (A-J).

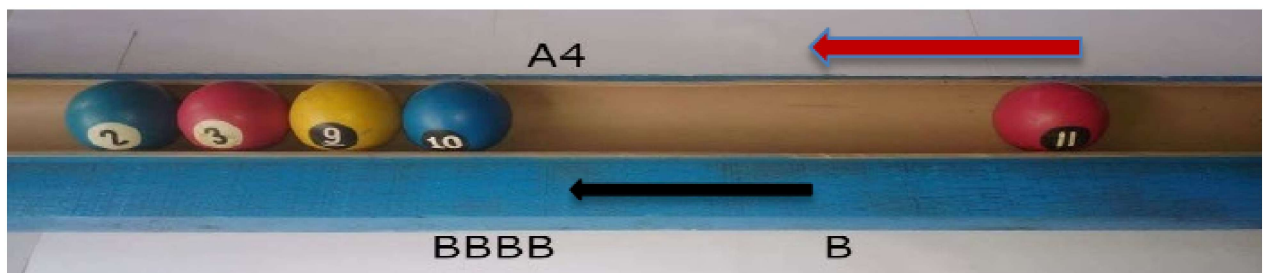
Fonte: Autor.

**Figura 4.3:** O alvo está inicialmente em repouso bola de aço(A=316g) e o projétil bola de aço (J=160g) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A3 (A-J).

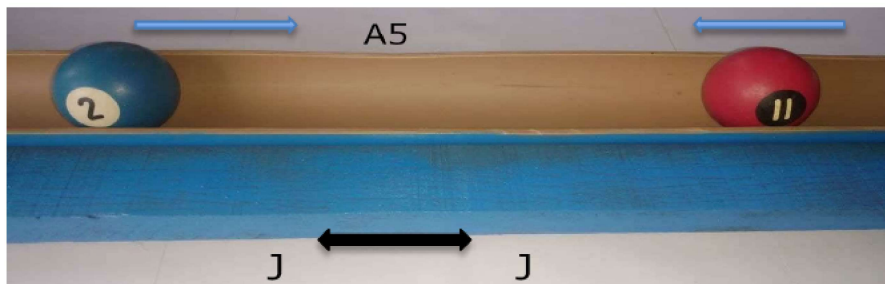
**Figura 4.4:** O alvo está inicialmente em repouso bolas de bilhar (B=220g) e o projétil bola de bilhar vermelha (B=220g) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A4 (BBBB-B).

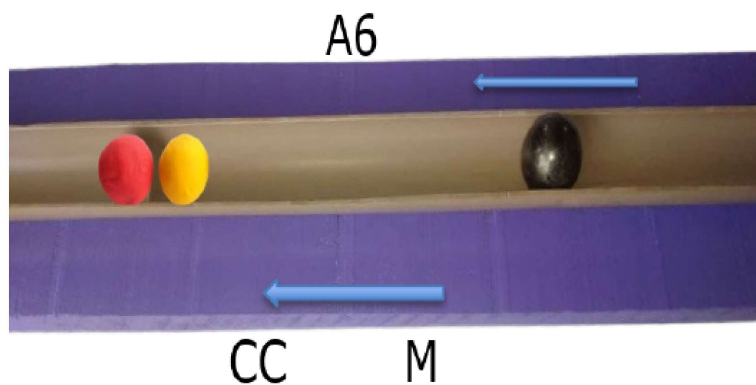
Fonte: Autor.

**Figura 4.5:** Choques frontais de bolas iguais de bilhar azul ( $J=220\text{g}$ ) e bola de bilhar vermelha ( $J=220\text{g}$ ) onde são lançadas uma contra outra com mesma velocidade e rolando de modo suave.



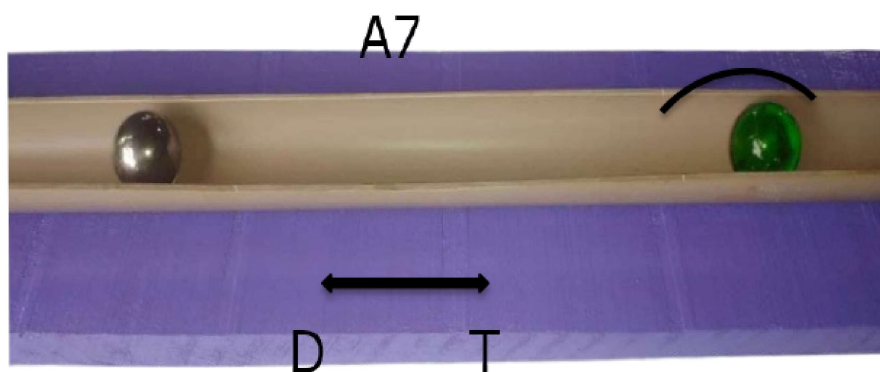
A5 (J-J).

**Figura 4.6:** O alvo está inicialmente em repouso bola de massa de modelar ( $CC=200\text{g}$ ) e o projétil bola de aço ( $M=316\text{g}$ ) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A6 (CC-M).

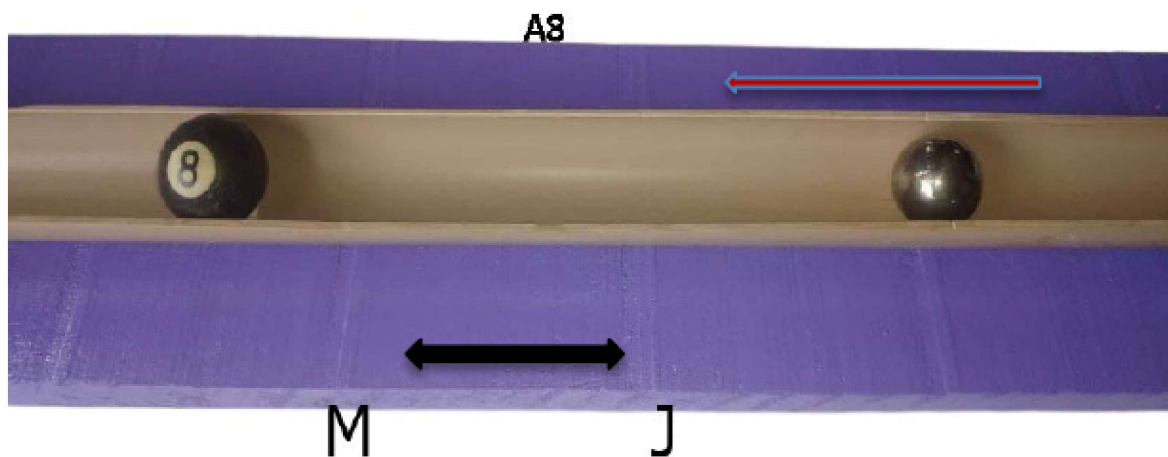
**Figura 4.7:** Choques frontais de bola de aço ( $D=250\text{g}$ ) e bola de gude ( $T=100\text{g}$ ) onde são lançadas uma contra outra com mesma velocidade e rolando de modo suave.



A7 (D-T).

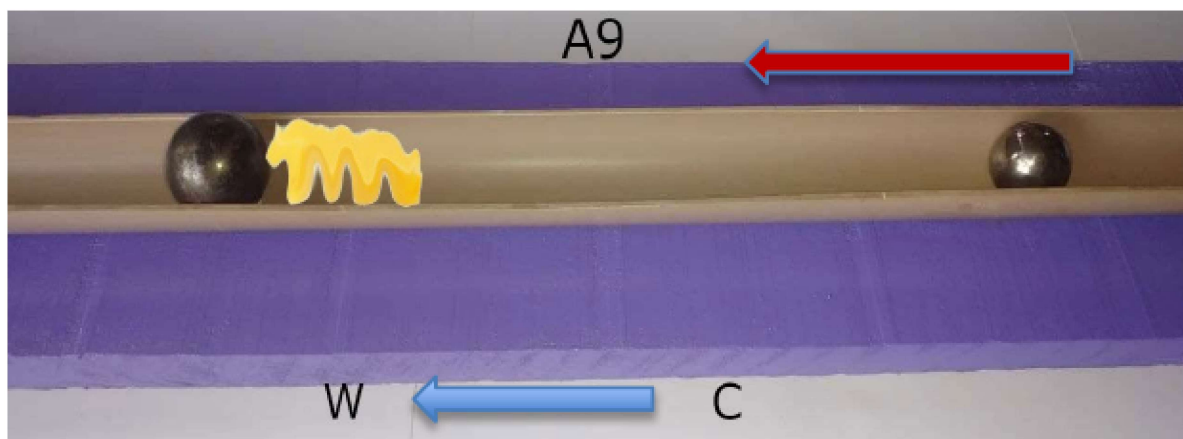
Fonte: Autor.

**Figura 4.8:** Choques frontais de bola de bilhar preta ( $M=220g$ ) e bola de aço ( $J=316g$ ) onde são lançadas uma contra outra com mesma velocidade e rolando de modo suave.



A8 (M-J).

**Figura 4.9:** O alvo está inicialmente em repouso bola de aço ( $W=316g$ ) e está conectada um pedaço de espuma e o projétil bola de aço ( $M=250g$ ) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A9 (W-C).

Fonte: Autor.

## Apêndice D

### Questionário de opinião

1. Marque abaixo o que você acha sobre a disciplina de física.

- Não acho interessante e tenho coisas mais importantes para me preocupar.
- Eu não sei a matemática necessária para aprender física como deveria.
- Tenho mais curiosidade de saber como as coisas funcionam.
- Faço as atividades porque quero aprender coisas novas.
- Acabo fazendo as atividades para não reprovar.
- Não tenho interesse por Física, o que me leva a não fazer quase nada nas aulas.
- A Física só é importante para passar em um vestibular.

2. Na apresentação dos experimentos você poderia afirmar que os experimentos apresentados.

- Foram interessantes.
- Me motivaram a seguir com o conteúdo.
- Me motivou a pesquisar mais sobre o assunto.
- Foram úteis.
- Me desmotivou a continuar a estudar o conteúdo.
- Foram dispensáveis.

3. Descreva pontos positivos ou negativos em relação aos experimentos.

4. Em quais situações do cotidiano você consegue identificar que a Física está presente?

## Apêndice E

### Montagem experimental

A montagem do aparato experimental poderá ser mais bem compreendida através da seguinte descrição detalhada, em consonância com as figuras.

#### PASSO A PASSO

**Figura 2.18:** PASSO 1. Fixa a Base principal peça 9 com peça 5 Lateral (2) da plataforma de lançamento com auxílio de uma furadeira como ilustrado.

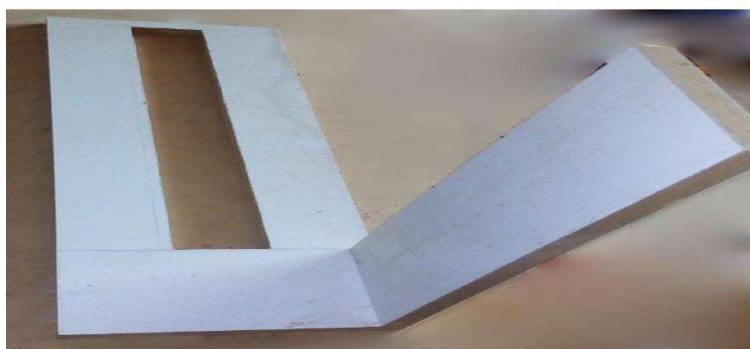


Figura:Junção da base com a lateral 2. Fonte: Autor.

**Figura 2.19:** PASSO 2. Fixa a base principal peça 9 com peça 4 Lateral (1) da plataforma de lançamento com auxílio de uma furadeira como ilustrado.

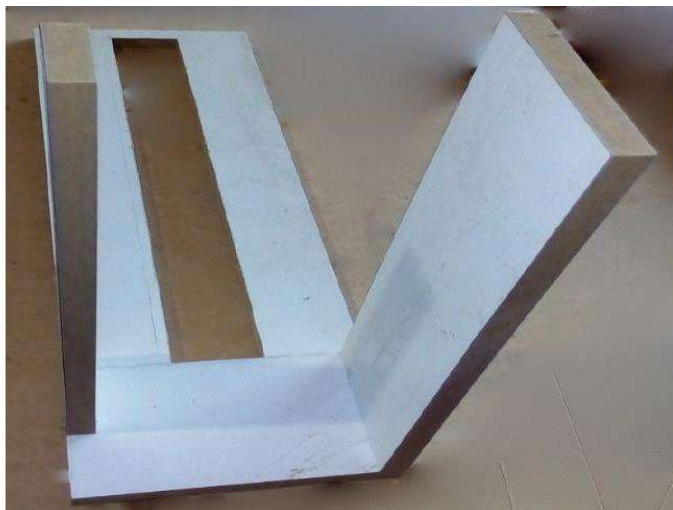


Figura: Junção da base com a lateral 1. Fonte: Autor.

---

**Figura 2.20:** PASSO 3. Fixa as peças 5, lateral (2) e peça 4 Lateral (1) com Suporte peça 1 com auxílio de uma furadeira como ilustrado.



Figura: Junção das laterais 1 e 2 com o suporte. Fonte: Autor.

**Figura 2.21:** PASSO 4. Fixa a peça 5 com a lateral (2) e peça 4 lateral (1) com suporte do meio peça 6 com auxílio de uma furadeira como ilustrado.

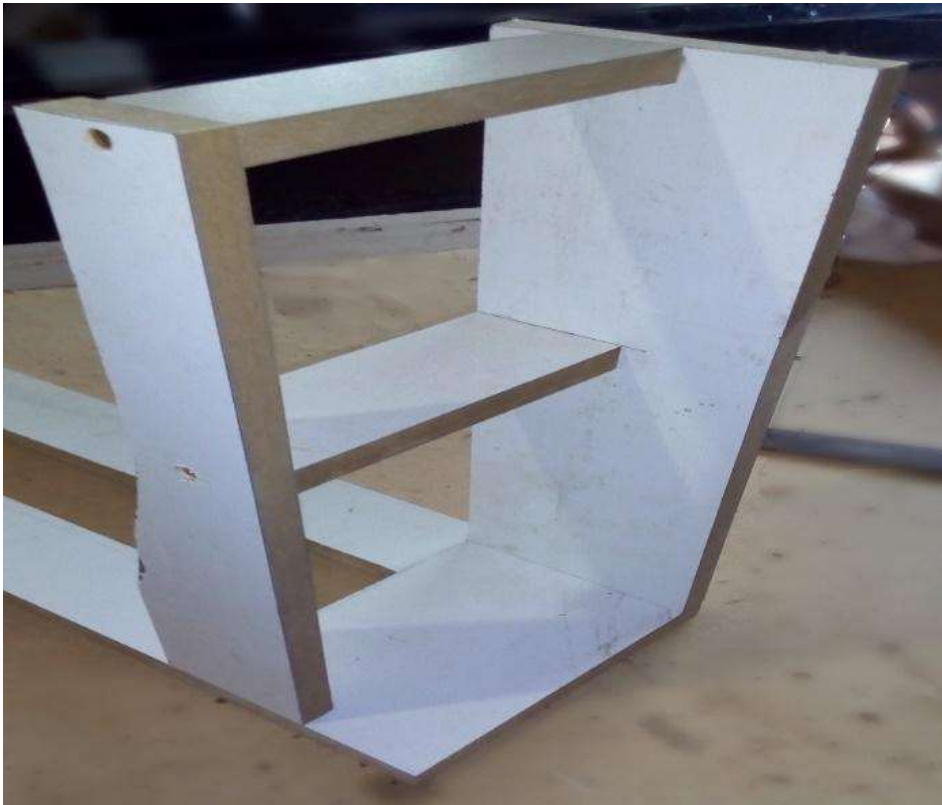


Figura: Junção da lateral (2) com a lateral (1) com suporte do meio. Fonte: Autor.

**Figura 2.22:** PASSO 5. Fixa a Base principal peça 9 com a peça 7 suportes, pé com auxílio de uma furadeira como ilustrado.



Figura: Junção da base principal com suporte pé. Fonte: elaborada pelo autor.

**Figura 2.23:** PASSO 6. Fixa a Base principal peça 9 com a peça 7 suportes, pé com auxílio de uma furadeira como ilustrado.



Figura: Junção da base principal com suporte pé. Fonte: elaborada pelo autor.

**Figura 2.24:** Passo 7. Com auxílio de um paquímetro, meça a peça e dífida ao meio para fixar o filamento de cobre aonde vai se prender o fio do pêndulo com auxílio de uma furadeira como ilustrado.



Figura: Vista do topo do filamento de cobre. Fonte: Autor.

**Figura 2.25:** Passo 8. Fixa a base principal peça 9 com a peça 2 e 3 filetes com auxílio de cola super bonder como ilustrado.

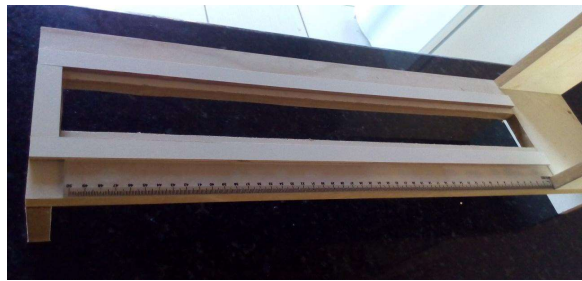


Figura: Junção da base principal com filetes 2 e 3. Fonte: Autor.

**Figura 2.26:** Passo 9. Fixar a bola de sinuca ao filho de 'náilon' e fixa o Transferidor a peça lateral (2) com auxílio de cola super bonder como ilustrado.



Figura: Junção do fio de 'náilon' com a bola de bilhar a peça lateral (2). Fonte: Autor.

## **Procedimentos de ajuste da plataforma de lançamento**

Observação: O principal problema com o ajuste da plataforma de lançamento é o alinhamento das esferas, pois pequenas mudanças no posicionamento significam colisões não frontais. Impedir que a esfera lançada caísse no coletor.

O uso de um ajustador de nível ajuda até certo ponto no alinhamento vertical, no entanto, tivemos problemas com o alinhamento horizontal devido ao pequeno deslocamento lateral da esfera do pêndulo.

Observações: Deve-se alinhar o transferidor e o fio de náilon de forma simétrica<sup>1</sup> como ilustrada na figura 2.26.

## APÊNDICE F

Quadro 8 – Resumo explicativo das normas compiladas e dos exemplos apresentados por Marcuschi (1986, p.10-13).

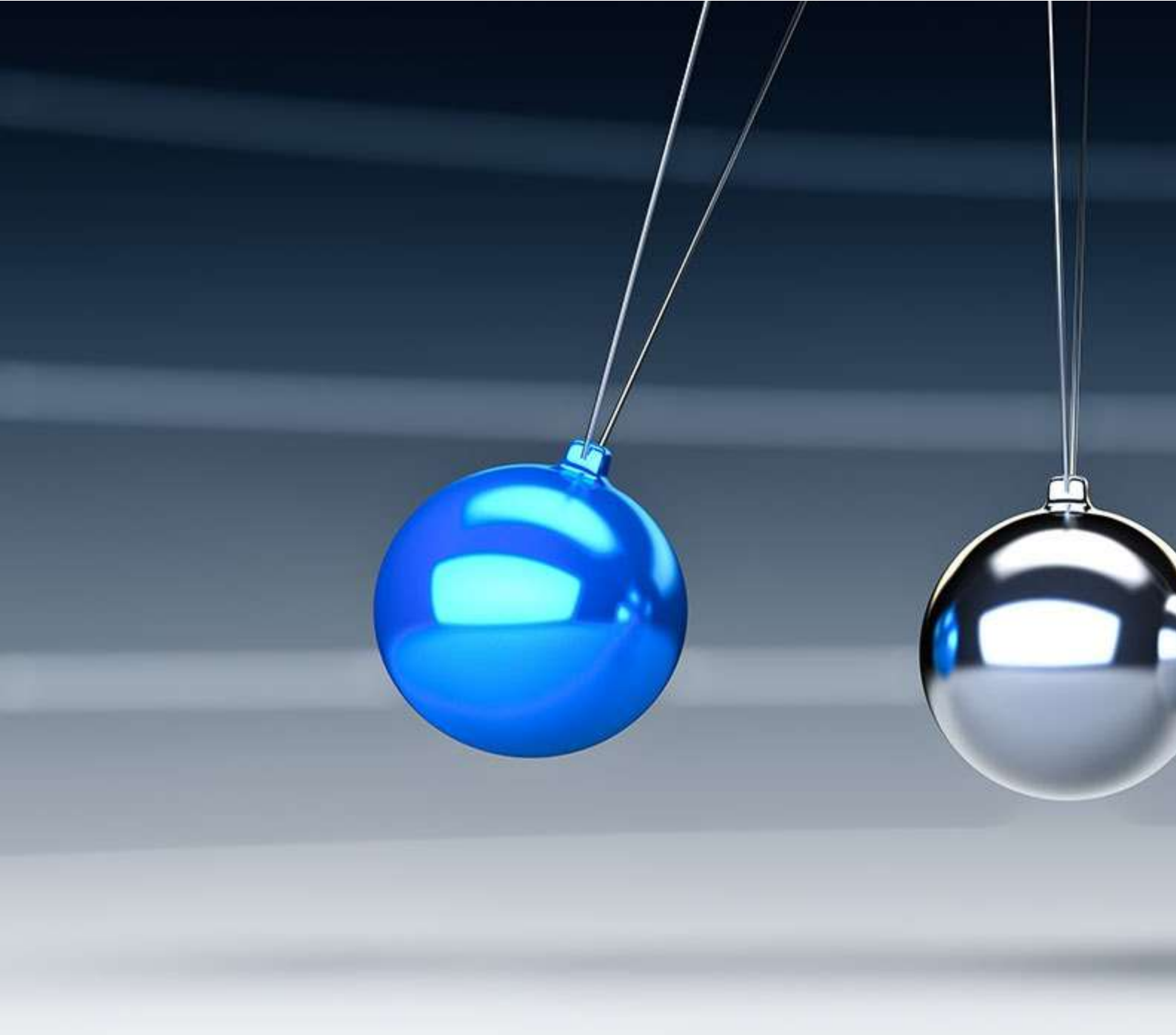
Categories	Sinais	Descrição das categorias	Exemplos
1. Falas simultâneas	[[	Usam-se colchetes para dois falantes iniciam ao mesmo tempo um turno.	... B: mas eu não tive num remorso né' A: [ mas o que foi que houve" J: [ meu irmão também fez uma dessas' B: depois ele voltou e tudo bem,
2. Sobreposição de vozes	[	Dois falantes iniciam ao mesmo tempo um turno.	... E: o desequilíbrio ecológico pode a qualquer momento: acabar com a civilização [ natural J: [ mas não pode ser/ o mundo tá se preocupando com isso E./ (+) o mundo ta evitando/.../
3. Sobreposições localizadas	[ ]	Ocorre num dado ponto do turno e não forma novo turno. Usa-se um colchete abrindo e outro fechando.	... M: A. é o segu [ inte' eu queria era: A: [ im ] M: eh: dizer que ficou pronta [ a cópia A: [ ah sim ] M: ela fez essa noite (+)/.../
4. Pausas e silêncios	(+) ou (2.5)	Para pausas pequenas sugere-se um sinal + para cada 0.5 segundo. Pausas em mais de 1.5 segundo, cronometradas, indica-se o tempo .	Ver exemplos no item 5.



Categorias	Sinais	Descrição das categorias	Exemplos
12. Repetições	Própria letra	Reduplicação de letra ou sílaba.	e e e ele; ca ca cada um.
13. Pausa preenchida, hesitação ou sinais de atenção		Usam-se reproduções de sons cuja grafia é muito discutida, mas alguns estão mais ou menos claros.	eh, ah, oh. ih:::, mhm, ahã, dentre outros
14. Indicação de transição parcial ou de eliminação	... ou /.../	O uso de reticências <i>no início e no final</i> de uma transcrição indica que se está transcrevendo apenas um trecho. <i>Reticências entre duas barras</i> indicam um corte na produção de alguém.	Ver item 5.

## **Apêndice G**

### **Produto Educacional**



**Material Instrucional Experimental  
para o Estudo de Colisões e  
Concepções espontâneas**

Produto Educacional

# Material Instrucional Experimental para o Estudo de Colisões e Concepções espontâneas

Júnior César D. Peixoto  
Julio Santiago Espinoza Ortiz



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Catalão

2022



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Apresentação</b> .....	<b>4</b>
1.1	Apresentação	4
<b>2</b>	<b>Sobre o Produto</b> .....	<b>5</b>
2.1	Aprendizagem	5
2.1.1	Fundamentação Teórica .....	6
2.1.2	Experimento de colisão na plataforma de lançamento. ....	6
2.2	Roteiro de construção do experimento (1) e montagem	14
2.3	Materiais e Equipamentos usados para a construção do produto	15
2.3.1	Descrição das peças .....	15
2.3.2	Montagem experimental .....	17
2.3.3	Procedimentos de ajuste da plataforma de lançamento .....	21
2.4	Roteiro de construção e montagem do experimento (2)	22
2.5	Materiais e Equipamentos usados para a construção do produto	23
2.5.1	Descrição das peças .....	23
2.5.2	Montagem experimental .....	25
<b>3</b>	<b>Sequência Didática</b> .....	<b>26</b>
3.1	Sequência Didática	26
3.1.1	Detalhamento das Aulas .....	26
3.1.2	Sondando conhecimentos prévios .....	27

---

<b>4</b>	<b>Atividades</b> .....	<b>28</b>
4.0.1	Experimento de colisão na plataforma de lançamento. ....	28
4.0.2	Atividades experimental de colisão na canaleta de (PVC). ....	30
<b>5</b>	<b>Considerações finais</b> .....	<b>34</b>



# 1. Apresentação

## 1.1 Apresentação

Este Produto Educacional foi desenvolvido “durante a execução de meu mestrado” no programa Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) e tem por finalidade proporcionar através de uma unidade didática um material instrucional que possa ser usado por professores de modo a estimular os discentes a uma aprendizagem de qualidade.

Este guia é uma sequência instrucional sobre tópicos como movimento uniforme, energia cinética, energia potencial gravitacional, momento linear e colisões. Caro professor, este trabalho elaborado e “aplicado na escola” da rede pública COLÉGIO ESTADUAL SIMON BOLÍVAR é fruto de muitos estudos e revisões de outros trabalhos relacionados na área de ensino de física.

Interessar-se facilitar e tornar a aula de física mais atrativa, este trabalho propõe. Duas tarefas experimentais (I) colisões na plataforma de lançamento (II) colisões na canaleta de (PVC). Elaboramos para a construção de um projeto experimental de ensino para alunos do segundo e terceiro ano do ensino médio utilizando materiais de baixo custo.

Apresentamos os produtos educacionais e disponibilizamos aos professores da Rede de Ensino de Física. Estes são dois projetos de ensino experimental, com sequências de ensino próprias e roteiros para as atividades experimentais apresentadas em cada projeto.



## 2. Sobre o Produto

### 2.1 Aprendizagem

No contexto atual, os pesquisadores têm buscado melhorar o processo educacional, pois o modelo educacional tradicional vem recebendo muitas críticas. Há a necessidade de aliar educação com inovação, criatividade e modernidade na sala de aula, visando atrair uma geração cada vez mais conhecedora e tecnológica, onde as salas de aula tradicionais estão gradualmente perdendo espaço.

Para Peruzzi,[10] “a aula que apenas repassa conhecimento, ou a escola que somente se define como socializadora do conhecimento, não sai do ponto de partida, e, na prática, atrapalha o aluno, porque a deixa como objeto de ensino e instrução. Vira treinamento”. Portanto, para alcançar uma aprendizagem significativa, é necessário transformar os alunos em sujeitos do comportamento de aprendizagem.

Segundo Demo[6], cabe ao professor competente conduzir essa aprendizagem significativa, orientando o aluno permanentemente para expressar-se de maneira fundamentada, exercitar o questionamento e formulação própria, reconstruir autores e teorias e cotidianizar a pesquisa.

O docente pode utilizar diferentes recursos, visando tornar o conteúdo teórico mais interessante, motivador e próximo da realidade. O uso de apresentações de slides, vídeos, propiciar debates, feiras, atividades práticas, entre outros, facilitará o aprendizado e compreensão dos conteúdos programáticos.

Nas disciplinas da área de Ciências da Natureza as saídas de estudos e as aulas práticas em laboratórios tornam-se importantes instrumentos de pesquisa, permitindo ao aluno experimentar situações problematizadas e vivenciar a teoria trabalhada em sala de aula.

Conforme Demo,[6] salienta que base da educação escolar é a pesquisa, e através dela é possível desenvolver no aluno o questionamento sistêmico e reconstrutivo da realidade. Essa reconstrução compreende o conhecimento inovador e sempre renovado, tendo como base a

consciência crítica. Dessa forma, o aluno inclui a sua própria interpretação, formulação pessoal, aprender a aprender e a saber pensar.

As atividades experimentais, quando inseridas nos currículos escolares, sejam realizadas em sala de aula ou em laboratório, são estratégias que auxiliam a aprendizagem no ensino de física. Segundo Júnior[8], as atividades práticas de verificação são geralmente desenvolvidas em laboratórios didáticos sob uma perspectiva tradicional, tendo como principal característica verificar a funcionalidade e veracidade daquilo que foi previamente estudado em sala de aula. Em outras palavras, os alunos já conhecem a teoria e, a partir da prática experimental, buscam comprovar que ela está certa, utilizando atividades roteirizadas e com pouca liberdade Júnior,[8]. Tais argumentos servem de justificativa para muitos professores e pesquisadores considerarem o laboratório didático de ensino de Física como um recurso facilitador, tanto para aprender quanto para ensinar ciências Araújo [2].

Apesar de sua importância, a atividade experimental não é condição suficiente para promover uma mudança conceitual nos alunos, visto que ele considera a necessidade da existência de uma condição prévia para qualquer movimento cognitivo: a motivação de Laburu [9].

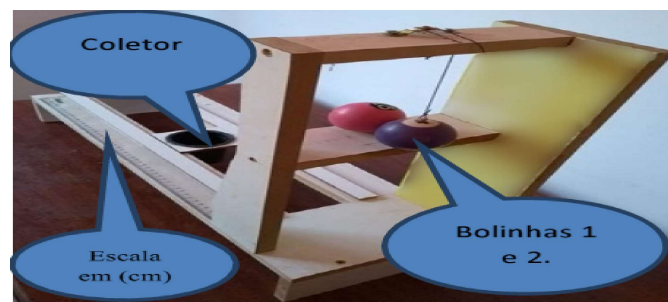
Os conhecimentos prévios são fundamentais para a aprendizagem do aluno. Araújo,[1] na busca de novas metodologias que melhorem o ensino de física, o uso de atividades experimentais é uma estratégia que melhor tem dado frutos no sentido de minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar física significativamente e prazerosa.

Segundo Dias,[7] o professor deve ter em mente que para se construir o conhecimento é importante a interação entre os seres humanos segundo a teoria de Vygotsky no processo de aprendizagem.

### 2.1.1 Fundamentação Teórica

### 2.1.2 Experimento de colisão na plataforma de lançamento.

Elaboramos uma atividade experimental que aborda as leis de conservação da energia através de um aparato experimental que torna a colisão entre duas bolas de bilhar uma atividade experimental. Ilustração do experimento proposto como indicado na figura 2.1.

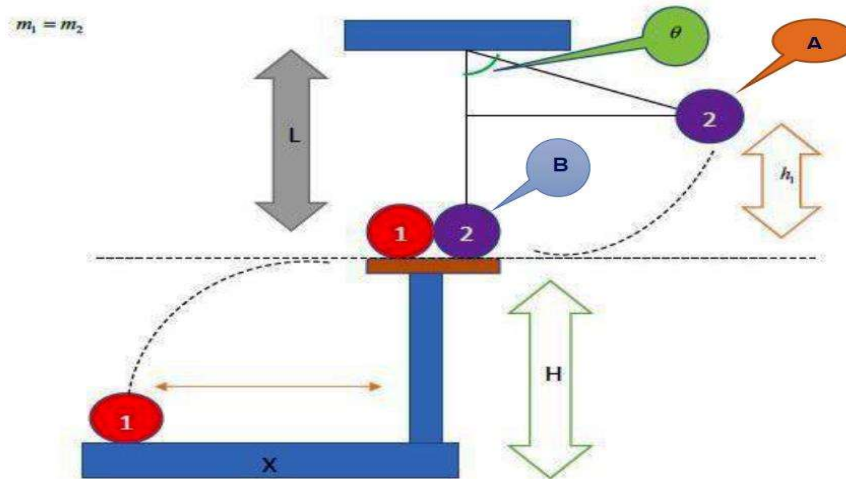


**Figura 2.1:** Vista de perfil. Fonte: Elaborada pelo autor.

O aparato foi construído com chapas de madeira (MDF), de forma que uma das bolas (bola 1 roxa) foi suspensa por um fio de “náilon” (fixados no mdf por parafusos), formando um pêndulo.

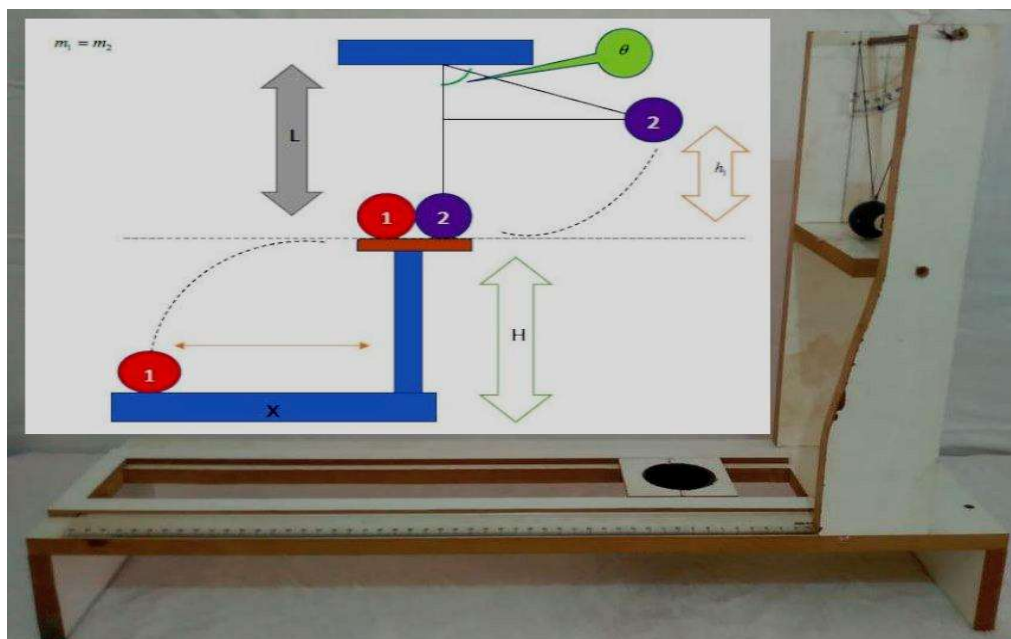
A segunda bola (bola 2 rosa) é fixada sobre a plataforma de lançamento onde será arremessada, para frente, caindo no cesto.

Duas bolas (1 e 2), de massas iguais, são posicionadas lado a lado no sistema conforme demonstrado Figura 2.2. A bola 2 está presa formando um pêndulo, elevando-se a bola 2 a uma certa angulação ponto (A). Libera-se a Bola 2 que partindo do repouso terá a mesma energia do ponto (B).



**Figura 2.2:** Vista de perfil. Fonte: Elaborada pelo autor.

A colisão das bolas faz com que a energia da bola 2 seja transferida para a bola 1, essa energia é momentaneamente armazenada sob forma de energia potencial, mas logo a seguir, a energia é convertida em energia cinética, via processo e colisão. Assim a bola 1 é então lançada horizontal para frente a uma certa distância (X) da bola 2, caindo no cesto coletor como indicado na figura 2.3.



**Figura 2.3:** Modelo para a descrição experimental Fonte: autor.

Aqui consideramos que as bolas ( $m_1$  e  $m_2$ ) possuem a mesma massa e as grandezas envolvidas são:

1.  $L$  — Comprimento do fio que prende a esfera 2;
2.  $\theta$  — Angulo de inclinação medido com o transferidor;
3.  $h$  — Altura da bola 2 em relação ao nível de referência;
4.  $H$  — Altura da bola 1 em relação ao nível do dispositivo coletor;
5.  $X$  — Alcance horizontal (onde posicionaremos o coletor);

A colisão será tratada como perfeitamente elástica, quando toda a energia mecânica é conservada, ou seja, não é transformada em “outra forma de energia dissipada como calor”. Outro ponto a ser abordado para o entendimento do experimento é referente às equações que descrevem o lançamento horizontal.

Como um móvel (bola 1) ao executar esse movimento descreve uma trajetória parabólica, conclui-se que tal movimento é resultante de dois deslocamentos vetoriais, denominados (X) (horizontal) e (Y) (vertical), em referência ao sistema de coordenadas cartesianas.

Galileu Galilei, usando a decomposição dos movimentos, concluiu que desprezando a resistência do ar, o “movimento horizontal” é uniforme, enquanto o “movimento” vertical está em queda livre, portanto um Movimento Uniformemente Variado.

O cálculo do alcance (X) de lançamento horizontal pode ser dado em função da velocidade inicial  $v_x$  com que a bola é arremessada da plataforma de lançamento e o tempo de queda:

$$x = v_x \cdot t_q \quad (2.1)$$

O tempo de queda ( $t_q$ ) de um corpo em lançamento horizontal, em função da altura ( $H$ ) e da aceleração gravitacional ( $-g$ ), temos:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{-g}{2}t^2 \quad (2.2)$$

Inicialmente a velocidade de lançamento tem direção horizontal, de modo que a velocidade inicial em  $y$  é nula. Se  $H$  é a altura da plataforma de lançamento podemos calcular a mesma através da expressão.

Agora, queremos calcular o alcance  $x$  da esfera 1 ao ser lançada horizontalmente, para tanto, separados os movimentos nas direções, vertical ( $y$ ) e horizontal ( $x$ ), pois ambos são independentes, compartilhando apenas o tempo, como segue: Em ( $y$ ), movimento uniformemente variado:

$$H = H_0 + v_{0y}t_q + \frac{1}{2}at_q^2 \quad (2.3)$$

como  $H_0 = 0$ ;  $a = -g$  e  $y = -H$ , teremos:

$$t_q = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (2.4)$$

Além do que já foi explicado, a altura inicial é igual a zero se a referência para a medida é a mesa. Combinando as equações ainda poderão chegar a uma expressão para o tempo de queda:

$$t_q = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (2.5)$$

Para determinar a altura do pêndulo como ilustra figura 2.4 é necessário utilizar uma relação fundamental da trigonometria: o cosseno de um ângulo agudo em um triângulo retângulo:

$$\cos \theta = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}} \quad (2.6)$$

Elevando o pêndulo a uma altura ( $h_1$ ), obtém-se uma correspondência entre a altura do pêndulo em relação ao estado de repouso ( $h_1$ ), o comprimento do fio ( $L$ ) e o ângulo  $\theta$ .

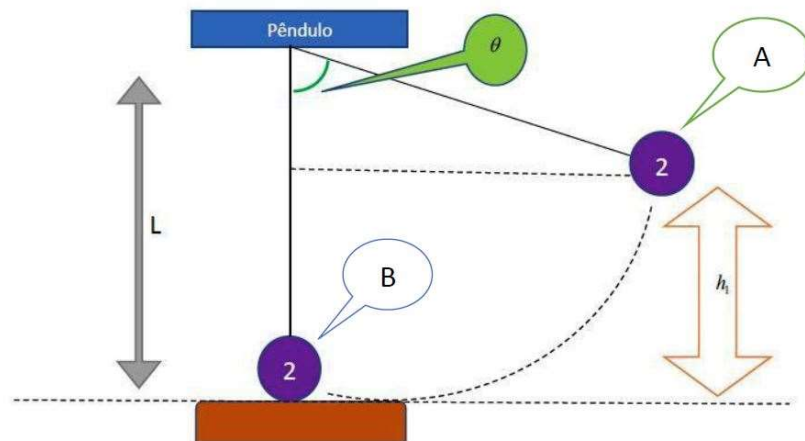


Figura 2.4: Esquema do pêndulo. Fonte: autor.

Usando a Equação (2.6) determina-se a altura  $h_1$  em relação ao ângulo  $\theta$ :

$$\cos \theta = \frac{L - h_1}{L} \quad (2.7)$$

$$L - h_1 = L \cdot \cos \theta \quad (2.8)$$

$$h_1 = L - L \cos \theta \quad (2.9)$$

$$h_1 = L(1 - \cos \theta) \quad (2.10)$$

Analisando a Figura 2.4 e considerando a conservação da energia mecânica, teremos que a energia mecânica em (A) é igual à energia mecânica em (B). Contudo, em (A) o pêndulo ainda não entrou em movimento, indicando uma energia cinética nula. De maneira análoga, em (B) o pêndulo está no referencial nulo para altura, logo a energia potencial gravitacional é igual a zero.

Segundo [4] o aparato experimental é indicado para o estudo da conservação de Energia e da conservação do Momento Linear, mas também pode ser utilizado no ensino de lançamento horizontal. Partindo do princípio de que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada.

Os efeitos dos lançamentos serão aqui tratados como conservativos para uma melhor análise matemática. Definem matematicamente a Energia Mecânica (EM) como sendo a soma das Energias Potenciais (EP) e da Energia Cinética (EC) de um sistema:

$$E_M = E_p + E_c \quad (2.11)$$

Definição de momento linear:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (2.12)$$

Segunda lei de Newton:

$$\Sigma \vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (2.13)$$

A força resultante que atua numa partícula é dada pela taxa de variação do momento linear das partículas.

Já a Energia Cinética é definida como:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.14)$$

Enquanto a energia potencial gravitacional, que depende da massa do corpo ( $m$ ), da aceleração

da gravidade ( $g$ ) e da altura relativa do corpo ( $h$ ), é dada por:

$$E_{Pg} = m \cdot g \cdot h \quad (2.15)$$

O aparato experimental envolve a conservação do momento linear, que segundo [11] se baseia no princípio de que em um sistema mecanicamente isolado, ou seja, sem nenhuma ação de forças externas a quantidade de movimento do sistema imediatamente antes de uma colisão é igual à quantidade de movimento imediatamente após a colisão:

Para calcularmos as velocidades das esferas após as colisões aplicamos o princípio da conservação da quantidade de movimento (momento linear):

$$\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois} \quad (2.16)$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \quad (2.17)$$

contudo,  $v_1 = 0$

$$m_1 = m_2 \quad (2.18)$$

$$m_1 = m_2 = m \quad (2.19)$$

Assim temos, que a quantidade de movimento total do sistema se conservou após a colisão entre as bolas. Contudo, atenção: a quantidade se conserva desde que tenhamos um sistema isolado, isto é, um sistema em que atuam somente forças internas (ou onde as forças externas anulam-se ou possam ser desprezadas).

A colisão será tratada como perfeitamente elástica, quando toda a energia mecânica é conservada no ponto onde a colisão ocorre, ou seja, não é transformada em outra forma de energia. Outro ponto a ser abordado para o entendimento do experimento é referente às equações que descrevem o lançamento horizontal.

Como um móvel ao executar esse movimento descreve uma trajetória parabólica conclui-se que tal movimento é resultante de dois 'deslocamentos' vetoriais, denominados  $x$  (horizontal) e  $y$  (vertical), em referência ao sistema de coordenadas cartesianas.

Observando a Figura 2.5 e considerando a conservação da energia mecânica, observa-se que a energia mecânica em (A) é igual à energia mecânica em (B). Contudo, em (A) o pêndulo ainda

não entrou em movimento, indicando uma energia cinética nula. De maneira análoga, em (B) o pêndulo está no referencial nulo para altura, logo a energia potencial gravidade é igual a zero.

Elevando o pêndulo a uma altura  $h_1$ , obtêm-se uma correspondência entre a altura do pêndulo em relação ao estado de repouso ( $h_1$ ), o comprimento do fio ( $L$ ) e o ângulo.

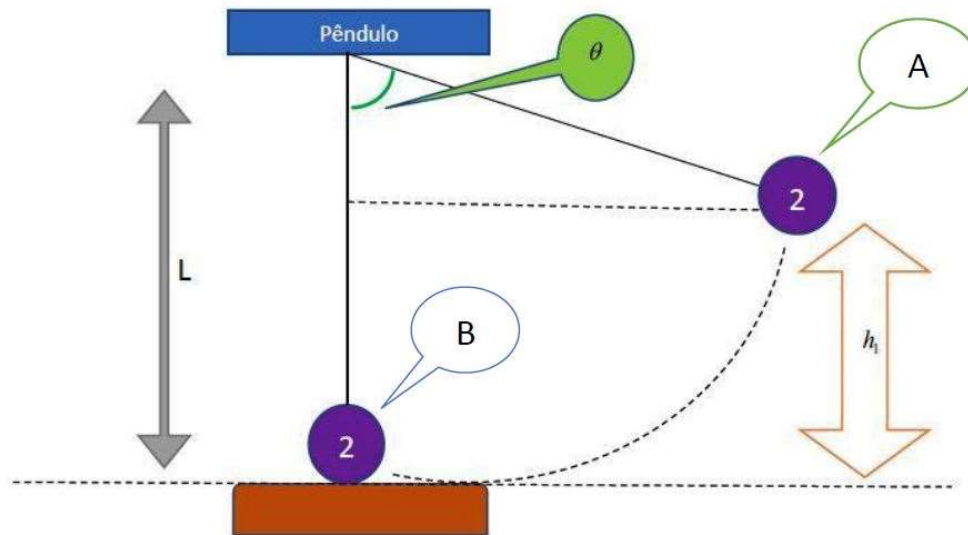


Figura 2.5: Esquema do pêndulo.

Aplicando a Equação 2.8 temos:

$$E_{M(A)} = E_{M(B)} \quad (2.20)$$

$$E_{C(A)} + E_{P(A)} = E_{C(B)} + E_{P(B)} \quad (2.21)$$

$$\frac{1}{2}m.v_A^2 + m.g.h_1 = \frac{1}{2}m.v_B^2 + m.g.h_1 \quad (2.22)$$

$$m.g.h_1 = \frac{1}{2}m.v_B^2 \quad (2.23)$$

$$v_B = \sqrt{2.g.h_1} \quad (2.24)$$

Encontra-se que a velocidade da bola (B) ao colidir com a bola (A), dessa forma, verifica-se

que toda a energia potencial em (A) é transformada em energia cinética em (B). Assim, a equação que define a velocidade com que o pêndulo atinge a bola é:

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \quad (2.25)$$

Considerando o choque entre o pêndulo e a bola como perfeitamente elástico, a Equação 2.25 determina a velocidade inicial da bola ao sair da plataforma, ou seja,  $v_x$ .

Assim, temos um lançamento horizontal, cujo tempo de queda pode ser calculado pela Equação 2.5, onde  $H$  é a altura da plataforma em relação à base. Já o alcance  $X$ , cuja determinação depende da Equação 2.1, é o ponto principal do experimento, pois está condicionado ao ângulo do pêndulo em relação à vertical.

Como,  $v_x = v_B$  substituindo as equações 2.22 em 2.5 na equação 2.1, tem-se:

$$x = v_x \cdot t_q \quad (2.26)$$

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \quad (2.27)$$

$$t_q = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (2.28)$$

$$x = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (2.29)$$

Substituindo,  $h_1$  oriundo da equação 2.7: lembre-se  $v_x = v_B$ .

$$h_1 = L(1 - \cos \theta) \quad (2.31)$$

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \quad (2.32)$$

$$x = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (2.33)$$

$$x = \sqrt{2 \cdot g [L(1 - \cos \theta)] \frac{2H}{g}} \quad (2.34)$$

$$x = 2\sqrt{H \cdot L(1 - \cos \theta)} \quad (2.35)$$

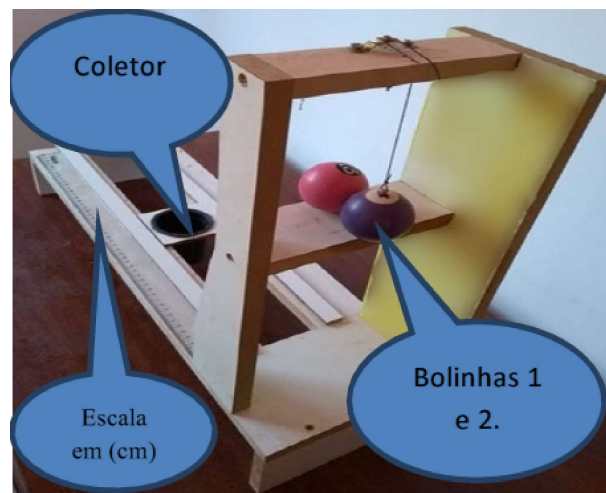
Alcance baseado no ângulo de “inclinação do pêndulo em relação à vertical”. Assim, conhecendo-se o comprimento do fio do pêndulo, a altura da plataforma de lançamento até a base e o ângulo do pêndulo, é possível estabelecer a posição onde a bola cairá.

## 2.2 Roteiro de construção do experimento (1) e montagem

O projeto consiste na construção de um aparato experimental que irá permitir a análise prática e teórica das leis de conservação da energia e do momento linear. Trata-se de um sistema formado por duas esferas, uma das quais, suspensa por um fio (formando um pêndulo) e a outra estará apoiada numa plataforma.

A bola suspensa poderá ser deslocada de “um certo ângulo em relação à vertical” e será abandonada de modo a colidir com a outra “bola”.

**Figura 2.6:** A colisão permitirá o lançamento horizontal da esfera livre. Dispostos no aparato experimental de um dispositivo coletor (um cesto colocada num trilho regulável e graduado) que permitirá a medição do alcance obtido no lançamento horizontal e, conseqüentemente, a análise das leis de conservação envolvidas.



## 2.3 Materiais e Equipamentos usados para a construção do produto

Seguem algumas sugestões de materiais e equipamentos, que você professor, poderá usar nos experimentos a serem construídos e utilizados em sala. Sugere-se formar grupos (de até três alunos) para que assim todos os estudantes participem efetivamente das atividades.

### 2.3.1 Descrição das peças

**Figura 2.8:** Peça 1. Suporte de mdf do topo 1 peças dimensões 156 mm X 42 mm.



**Figura 2.9:** Peça 2. Filetes de mdf 2 peças de dimensões 530 mm X 20 mm.



**Figura 2.10:** Peça 3. Filetes de mdf 1 peças dimensões 78 mm X 20 mm.



**Figura 2.11:** Peça 4. Lateral (1) da plataforma de lançamento de dimensões 400 mm X 42 mm X 80 mm.



**Figura 2.12:** Peça 5. Lateral (2) da plataforma de lançamento de dimensões 400 mm X 120 mm.



**Figura 2.13:** Peça 6. Suporte de mdf do meio dimensões 156 mm X 65 mm.



**Figura 2.14:** Peça 7. Suporte de (mdf) pé 2 peças dimensões 190 mm X 80 mm.



**Figura 2.15:** Peça 8. Base para o cesto, dimensões 80 mm X 80 mm com circunferência de 50 mm.



**Figura 2.16:** Peça 9. Base principal dimensões 650 mm X 190 mm com abertura central 510 mm X 60 mm.



**Figura 2.17:** Peça 10. Cone Plástico 60 mm.



Figura 2.7: Recursos materiais e ferramentas.

(a) Régua 60 cm .



(b) Paquímetro.



(c) Broca em espiral 3 mm.



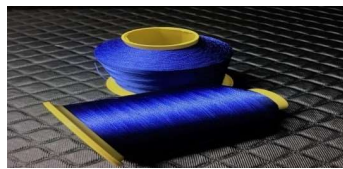
(d) Parafuso Para madeira .



(e) Chapa placa mdf.



(f) Linha Náilon.



(g) Transferidor Acrílico 180°.



(h) Furadeira.



(i) Filamento de cobre com borra-cha para prender a linha.



(j) Cola Branca, Cola Super Bonde, Estilete e Marcador.



(k) Bolas de Bilhar.



(l) Cesto Coletor confeccionado com carretel de linha.



Fonte: Autor.

### 2.3.2 Montagem experimental

A montagem do aparato experimental poderá ser mais bem compreendida através da seguinte descrição detalhada, em consonância com as figuras.

#### PASSO A PASSO

**Figura 2.18:** PASSO 1. Fixa a Base principal peça 9 com peça 5 Lateral (2) da plataforma de lançamento com auxílio de uma furadeira como ilustrado.

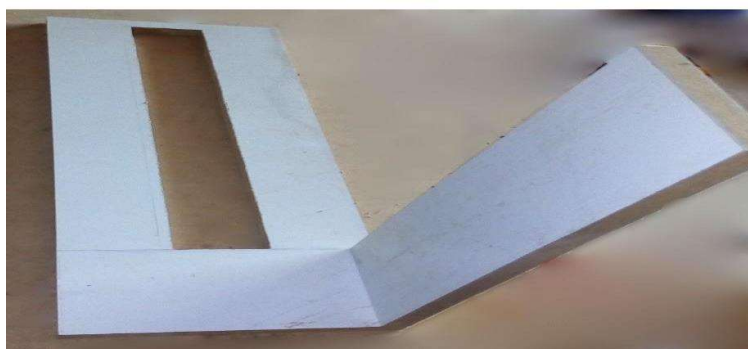


Figura:Junção da base com a lateral 2. Fonte: Autor.

**Figura 2.19:** PASSO 2. Fixa a base principal peça 9 com peça 4 Lateral (1) da plataforma de lançamento com auxílio de uma furadeira como ilustrado.

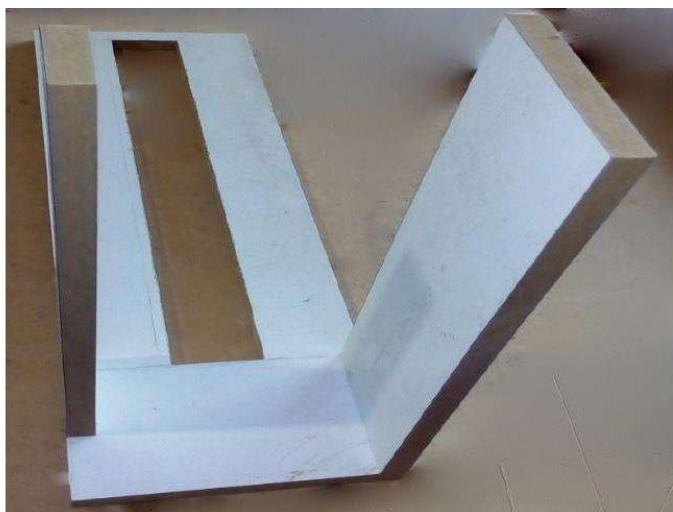


Figura: Junção da base com a lateral 1. Fonte: Autor.

**Figura 2.20:** PASSO 3. Fixa as peças 5, lateral (2) e peça 4 Lateral (1) com Suporte peça 1 com auxílio de uma furadeira como ilustrado.

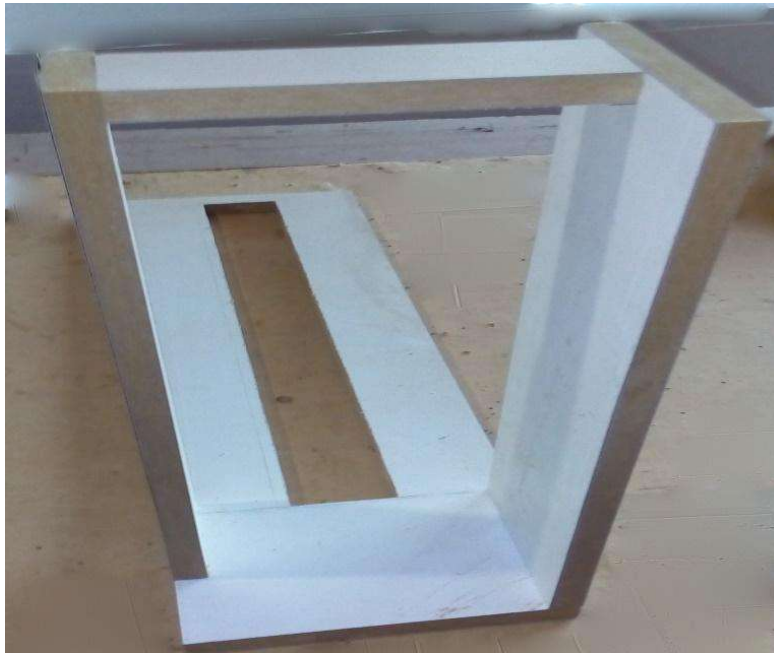


Figura: Junção das laterais 1 e 2 com o suporte. Fonte: Autor.

**Figura 2.21:** PASSO 4. Fixa a peça 5 com a lateral (2) e peça 4 lateral (1) com suporte do meio peça 6 com auxílio de uma furadeira como ilustrado.

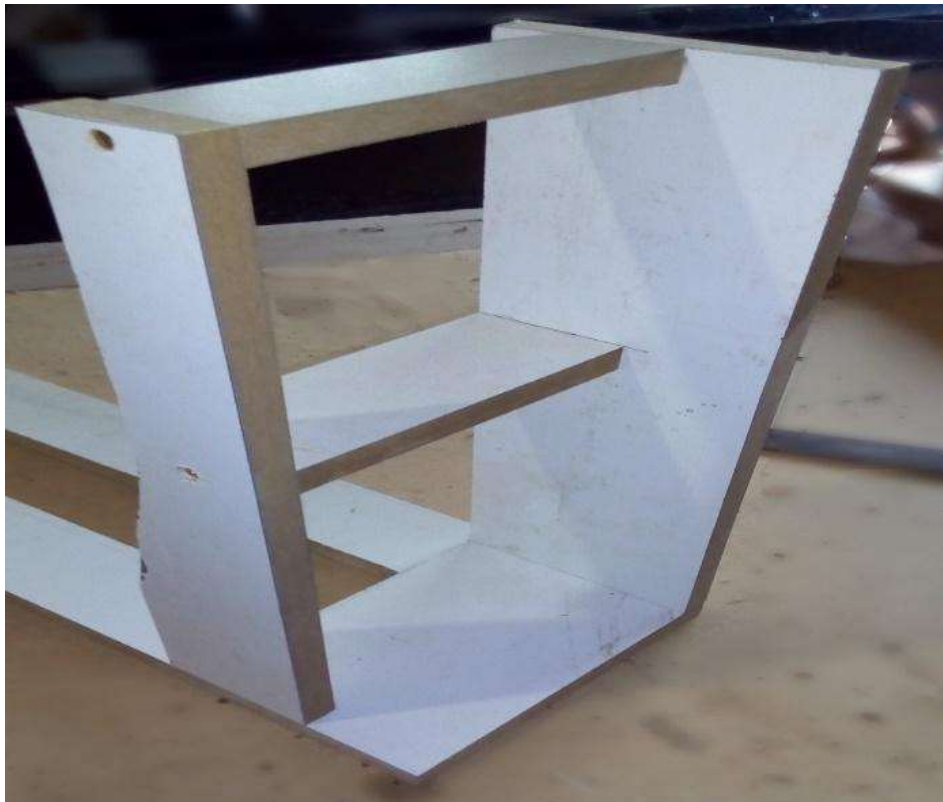


Figura: Junção da lateral (2) com a lateral (1) com suporte do meio. Fonte: Autor.

**Figura 2.22:** PASSO 5. Fixa a Base principal peça 9 com a peça 7 suportes, pé com auxílio de uma furadeira como ilustrado.



Figura: Junção da base principal com suporte pé. Fonte: elaborada pelo autor.

**Figura 2.23:** PASSO 6. Fixa a Base principal peça 9 com a peça 7 suportes, pé com auxílio de uma furadeira como ilustrado.



Figura: Junção da base principal com suporte pé. Fonte: elaborada pelo autor.

**Figura 2.24:** Passo 7. Com auxílio de um paquímetro, meça a peça e dífida ao meio para fixar o filamento de cobre aonde vai se prender o fio do pêndulo com auxílio de uma furadeira como ilustrado.



Figura: Vista do topo do filamento de cobre. Fonte: Autor.

**Figura 2.25:** Passo 8. Fixa a base principal peça 9 com a peça 2 e 3 filetes com auxílio de cola super bonder como ilustrado.

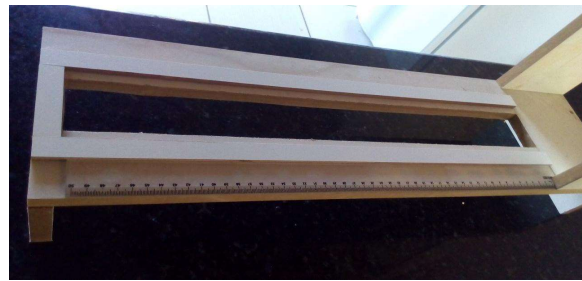


Figura: Junção da base principal com filetes 2 e 3. Fonte: Autor.

**Figura 2.26:** Passo 9. Fixar a bola de sinuca ao fio de 'náilon' e fixa o Transferidor a peça lateral (2) com auxílio de cola super bonder como ilustrado.



Figura: Junção do fio de 'náilon' com a bola de bilhar a peça lateral (2). Fonte: Autor.

### 2.3.3 Procedimentos de ajuste da plataforma de lançamento

Observação: O principal problema com o ajuste da plataforma de lançamento é o alinhamento das esferas, pois pequenas mudanças no posicionamento significam colisões não frontais, impedindo que a esfera lançada caísse no coletor.

O uso de um ajustador de nível ajuda até certo ponto no alinhamento vertical, no entanto, tivemos problemas com o alinhamento horizontal devido ao pequeno deslocamento lateral da esfera do pêndulo.

Observações: Deve-se alinhar o transferidor e o fio de náilon de forma simétrica<sup>1</sup> como ilustrada na figura 2.26.

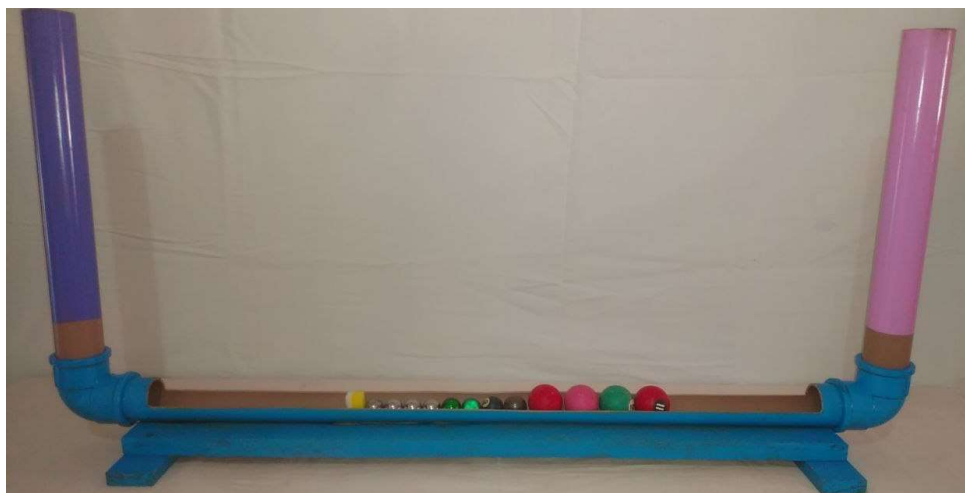
---

<sup>1</sup>A simetria é definida como a relação exata no que se refere ao tamanho, à forma e a posição das partes que compõem um todo.[5]

## 2.4 Roteiro de construção e montagem do experimento (2)

A montagem experimental consistiu de uma canaleta plano de (PVC) com perfil em “U” de 6 cm de largura e 1,20 m de comprimento, e um conjunto de bolas de aço de 160g, 250g e 316g, bolas de gude 100g, bola de bilhar 220g e um pedaço de espuma.

**Figura 2.27:** Experimento de colisão na canaleta de (PVC).



Fonte: Autor.

**Figura 2.28:** Vista do topo.



Fonte: Autor.

**Figura 2.29:** Conjunto de materiais.



Fonte: Autor.

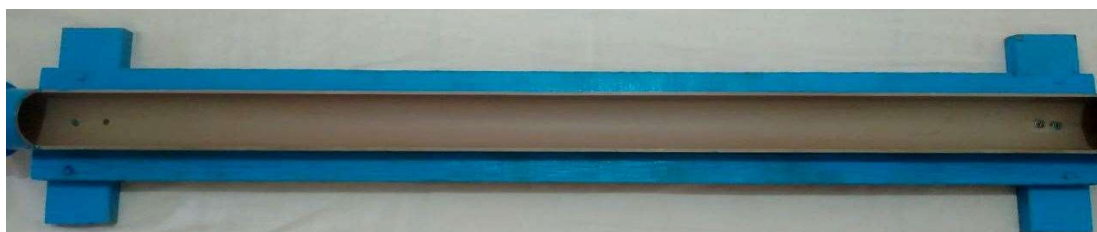
Para uma colisão na canaleta, o resultado depende do movimento da bola antes e depois da colisão.

## 2.5 Materiais e Equipamentos usados para a construção do produto

Seguem algumas sugestões de materiais e equipamentos, que você professor, poderá usar nos experimentos a serem construídos e utilizados em sala. Sugere-se formar grupos (de até três alunos) para que assim todos os estudantes participem efetivamente das atividades.

### 2.5.1 Descrição das peças

**Figura 2.30:** Peça 1. Tubo principal de (PVC) dimensões 1000 mm X 60 mm com abertura central 900 mm X 60 mm.



**Figura 2.31:** Peça 2. Tubo lateral (1) de (PVC) peças de dimensões 450 mm X 60 mm.



**Figura 2.32:** Peça 3. Tubo lateral (2) de (PVC) peças de dimensões 450 mm X 60 mm.



**Figura 2.33:** Peça 4. Joelho (90°) Tigre 2 peças (PVC) Soldável 60mm.



**Figura 2.34:** Peça 5. Suporte de (mdf) pé 2 peças dimensões 190 mm X 80 mm.



**Figura 2.35:** Peça 6. Base principal dimensões 1200 mm X 190 mm.



Figura 2.36: Recursos materiais e ferramentas.

(a) Trena Manual 5m x 19mm .



(b) Chave Philips 1/8x6mm.



(c) Broca em espiral 3 mm.



(d) Parafuso Para madeira .



(e) Chapa placa madeira.



(f) Serra circular elétrica.



(g) Joelho 90° Tigre (PVC) Soldável 60mm.



(h) Furadeira.



(i) Cano (PVC) Soldável Marrom 60mm.



Fonte: Autor.

### 2.5.2 Montagem experimental

A montagem do aparato experimental poderá ser mais bem compreendida através da seguinte descrição detalhada, em consonância com as figuras.

#### PASSO A PASSO

**Figura 2.37:** PASSO 1. Fixa a base principal peça (6) com peça (5) suporte de (mdf) pé da canaleta de lançamento e fixa a Peça (1) tubo principal com a base com auxílio de uma furadeira como ilustrado.

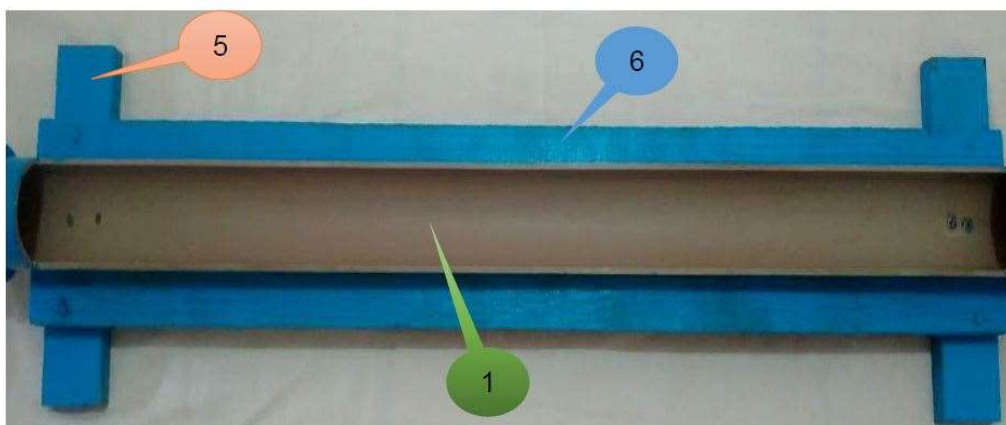


Figura:Junção da base com suporte pé. Fonte: Autor.

**Figura 2.38:** PASSO 2. Fixa a base principal peça (1) com peça (4) joelhos e com a peça (2) repetir o mesmo procedimento para a peça (4) com a peça (3) da canaleta de lançamento como ilustrado.

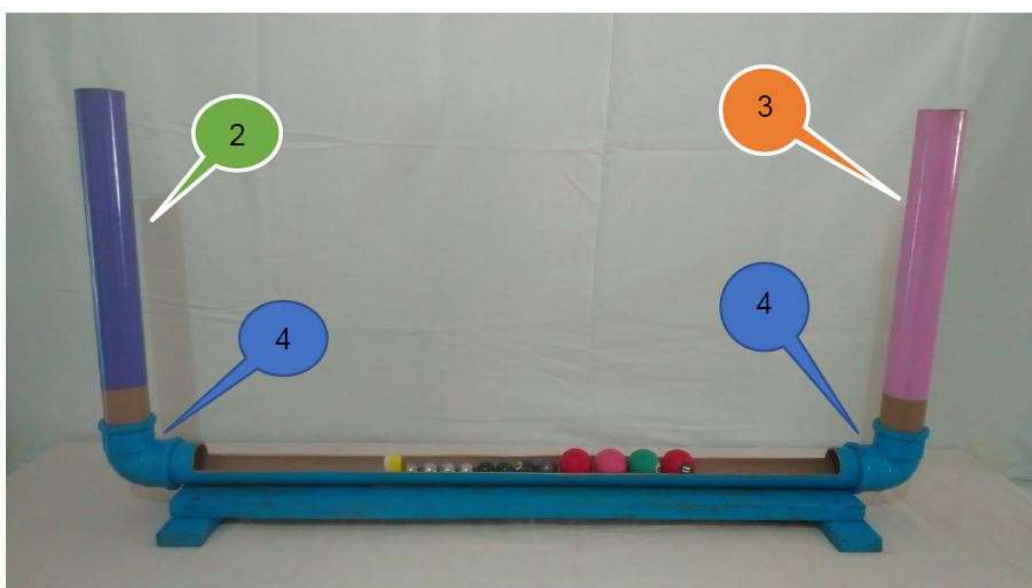


Figura:Junção da base com tubos (1 e 2). Fonte: Autor.



## 3. Sequência Didática

### 3.1 Sequência Didática


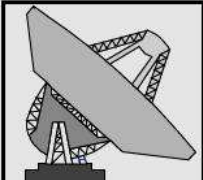

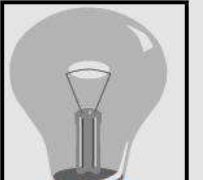

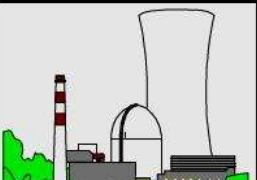
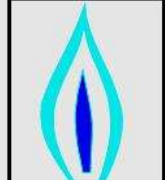

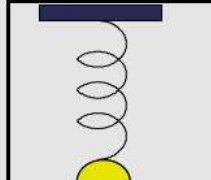
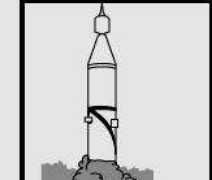
#### 3.1.1 Detalhamento das Aulas

<b>Aulas</b>	<b>Assunto</b>
1 <sup>a</sup>	Apresentação da proposta de trabalho e sondagem de conhecimentos prévios.
2 <sup>a</sup>	Montagem do experimento (1) e experimentação.
3 <sup>a</sup>	Energia Cinética, Energia Potencial, Energia Potencial Gravitacional e Momento Linear.
4 <sup>a</sup>	Resolução de exercícios do experimento (1).
5 <sup>a</sup>	Apresentação do material de aprendizagem experimental (2)
6 <sup>a</sup>	Execução experimental do experimento (2).
7 <sup>a</sup>	Atividades experimentais na canaleta de (PVC).
8 <sup>a</sup>	Aplicação do questionário de opinião.



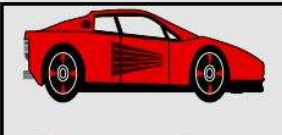

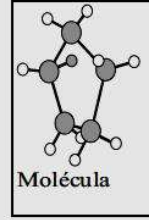
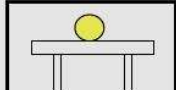

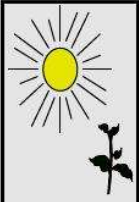

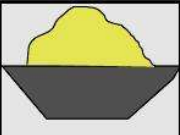
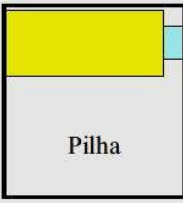
## 3.1.2 Sondando conhecimentos prévios

**Figura 3.1:** Questionário sobre conhecimentos prévios sobre energia. Você já deve ter ouvido falar sobre energia na vida cotidiana. baseado em seu conhecimento, marque em qual das situações descritas abaixo você pode reconhecer a presença de certas formas de energia. Para cada caso marcado, anote por que você selecionou esta opção.

(a)

 Música (som de auto-falantes)	 Transmissão via satélite.	 Petróleo	 Lâmpada acesa	 Jogador
[ ] 1	[ ] 2	[ ] 3	[ ] 4	[ ] 5
 Usina nuclear	 Chama	 Ciclista	 Mola esticada	 Foguete
[ ] 6	[ ] 7	[ ] 8	[ ] 9	[ ] 10

(b)

 Engrenagens	 Sistema Terra-Lua	 Carro em movimento	 Estátua	 Molécula	
[ ] 11	[ ] 12	[ ] 13	[ ] 14	[ ] 15	
 Esfera parada sobre a mesa	 Arqueiro	 Sol - planta	 Lâmpada	 Refeição (alimento)	 Pilha
[ ] 16	[ ] 17	[ ] 18	[ ] 19	[ ] 20	[ ] 21



## 4. Atividades

### 4.0.1 Experimento de colisão na plataforma de lançamento.

1. Cálculo experimental da velocidade da bolinha (1) ao colidir com a bolinha (2). Considerando o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  e  $h_1 = 15 \text{ cm}$ .

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \quad (4.1)$$

2. Cálculo experimental do alcance (X) em relação ao ângulo de largada. Dados: Altura da base  $H=22 \text{ cm}$ , comprimento do fio  $L=15 \text{ cm}$ . Realizar as colisões entre as esferas e observaremos os alcances horizontais.

$$x = 2\sqrt{H \cdot L(1 - \cos \theta)} \quad (4.2)$$

$(\theta)_{\text{medido}}(\text{graus})$	$(X)_{\text{calculado}}(\text{cm})$
$\text{Cos } 30^\circ = 0,87$	
$\text{Cos } 40^\circ = 0,77$	
$\text{Cos } 50^\circ = 0,68$	
$\text{Cos } 60^\circ = 0,58$	
$\text{Cos } 70^\circ = 0,34$	
$\text{Cos } 80^\circ = 0,17$	
$\text{Cos } 90^\circ = 0$	

**Tabela 4.1:** Alcance horizontal da esfera lançada.

3. O princípio de conservação na Física (conservação da energia, da quantidade de movimento) desempenham papéis fundamentais nas explicações de diversos fenômenos. Considere o estudo de uma colisão entre duas partículas A e B que constituem um Sistema isolado. Verifique quais as proposições são falsas (F) e verdadeiras (V).

A. ( ) Se a colisão entre A e B for elástica, a energia cinética total das partículas permanece constante durante a colisão.

B. ( ) Se a colisão entre A e B for elástica, a energia mecânica do sistema (soma das energias cinética e elástica) permanece constante durante a colisão.

C. ( ) Se a colisão entre A e B for elástica, a quantidade de movimento de cada uma das partículas permanecerá constante.

D. ( ) Se a colisão entre A e B for perfeitamente inelástica, não haverá conservação da quantidade de movimento do sistema.

E. ( ) Se a colisão entre A e B não for elástica, haverá dissipação de energia mecânica, porém, haverá conservação da quantidade de movimento total do sistema.

Desenvolvimento: Comentando cada proposição:

(A). Se a colisão entre A e B for elástica, a energia cinética total das partículas permanece constante durante a colisão.

R: Falso, a energia cinética é transformada em elástica durante a colisão.

(B). Se a colisão entre A e B for elástica, a energia mecânica do sistema (soma das energias cinética e elástica) permanece constante durante a colisão.

R: Verdadeira, segundo o princípio de conservação de energia.

(C). Se a colisão entre A e B for elástica, a quantidade de movimento de cada uma das partículas permanecerá constante.

R: Falso, a quantidade de movimento do sistema se conserva. Entretanto, cada partícula terá a velocidade da outra após a colisão o que faz com que as partículas não conservem a sua quantidade de movimento envolvida.

(D). Se a colisão entre A e B for perfeitamente inelástica, não haverá conservação da quantidade de movimento do sistema.

R: Falso, em qualquer colisão se conserva a quantidade de movimento.

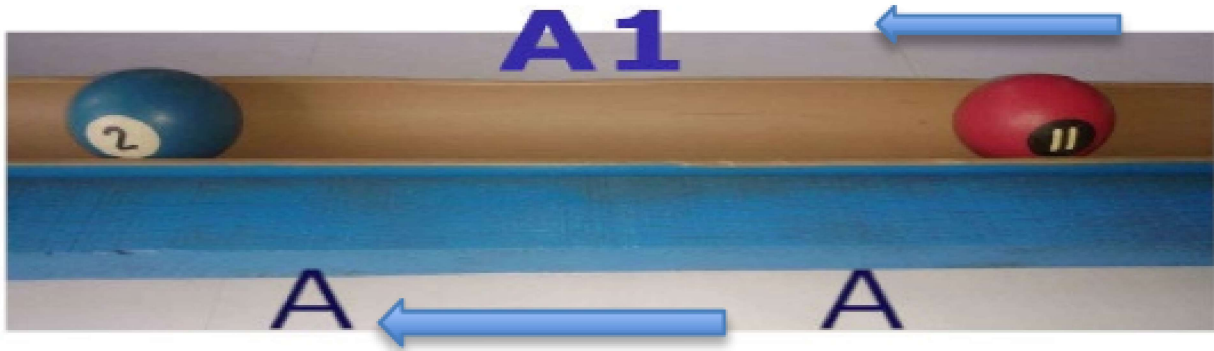
(E). Se a colisão entre A e B não for elástica, haverá dissipação de energia mecânica, porém, haverá conservação da quantidade de movimento total do sistema.

R: Verdadeiro, nas colisões inelásticas e parcialmente inelástica há dissipação de energia mecânica, entretanto a conservação de movimento sempre acontecerá.

#### 4.0.2 Atividades experimental de colisão na canaleta de (PVC).

Utilizando o “kit experimental”, execute as colisões conforme indicado em cada situação. Observe atentamente o que acontece com cada uma das esferas após a colisão. Com suas próprias palavras, descreva o que acontece.

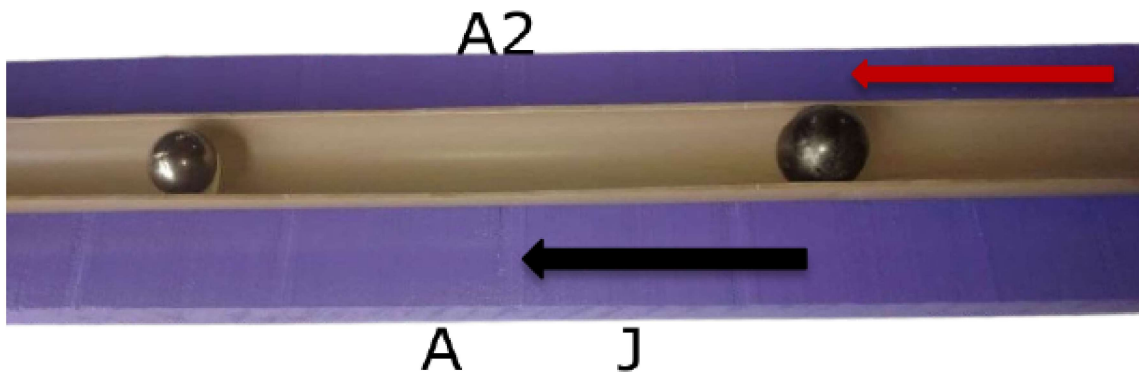
**Figura 4.1:** O alvo está inicialmente em repouso, bola azul ( $A=220g$ ) e o projétil bola vermelha ( $A=220g$ ) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A1 (A-A).

Fonte: Autor.

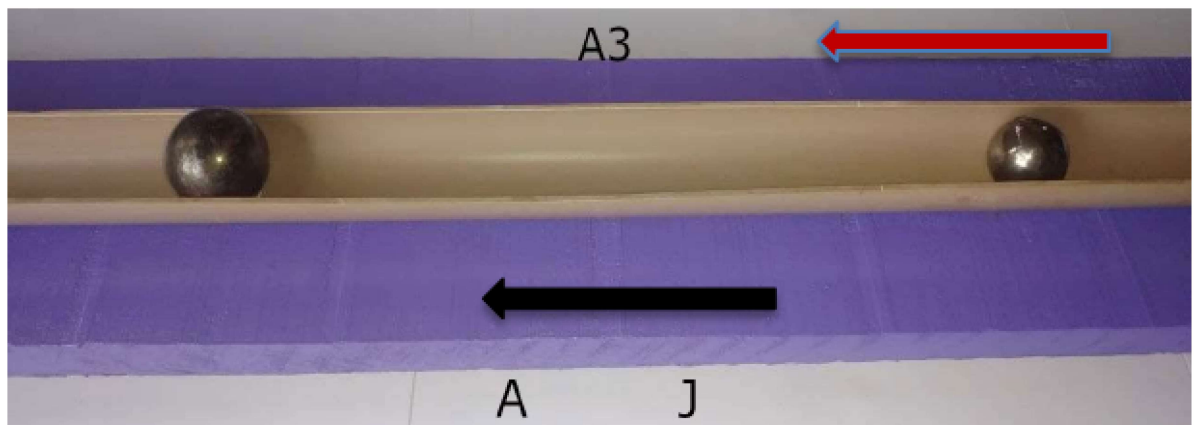
**Figura 4.2:** O alvo está inicialmente em repouso bola de aço ( $A=160g$ ) e o projétil bola de aço ( $J=316g$ ) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A2 (A-J).

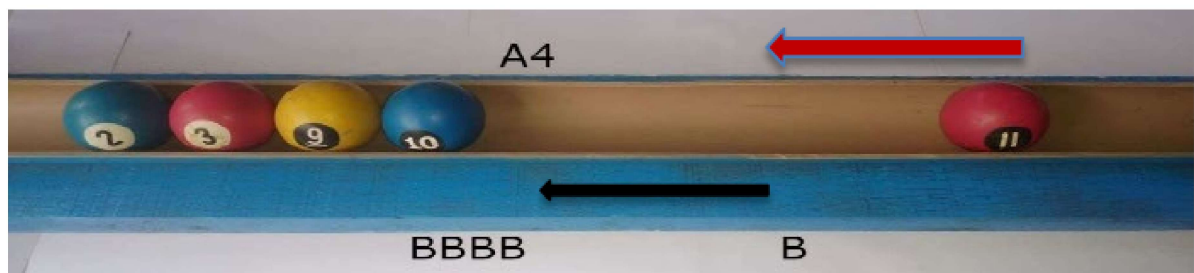
Fonte: Autor.

**Figura 4.3:** O alvo está inicialmente em repouso bola de aço(A=316g) e o projétil bola de aço (J=160g) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A3 (A-J).

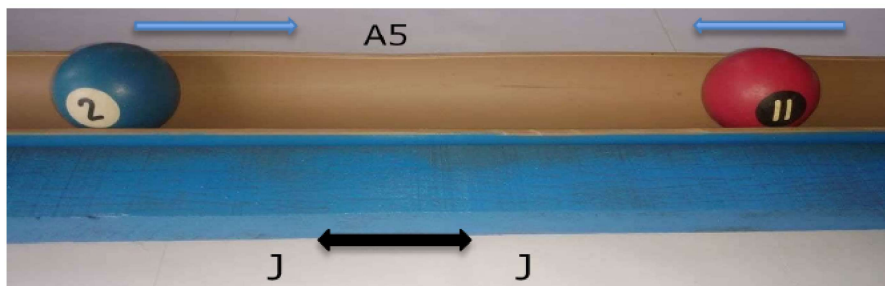
**Figura 4.4:** O alvo está inicialmente em repouso bolas de bilhar (B=220g) e o projétil bola de bilhar vermelha (B=220g) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A4 (BBBB-B).

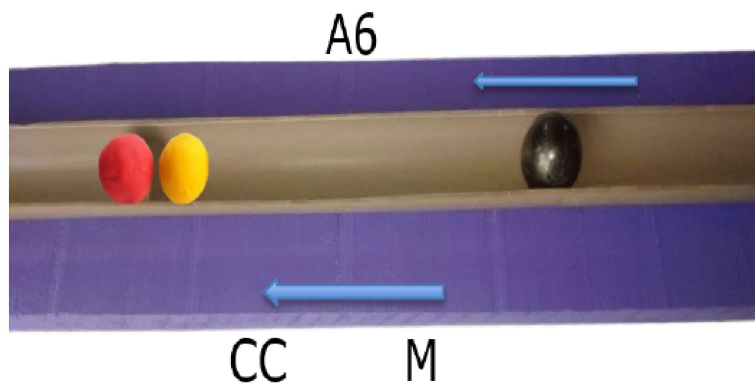
Fonte: Autor.

**Figura 4.5:** Choques frontais de bolas iguais de bilhar azul ( $J=220\text{g}$ ) e bola de bilhar vermelha ( $J=220\text{g}$ ) onde são lançadas uma contra outra com mesma velocidade e rolando de modo suave.



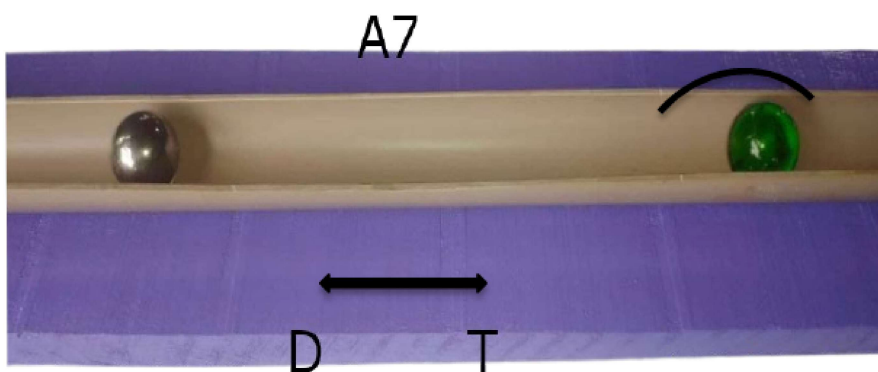
A5 (J-J).

**Figura 4.6:** O alvo está inicialmente em repouso bola de massa de modelar ( $CC=200\text{g}$ ) e o projétil bola de aço ( $M=316\text{g}$ ) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A6 (CC-M).

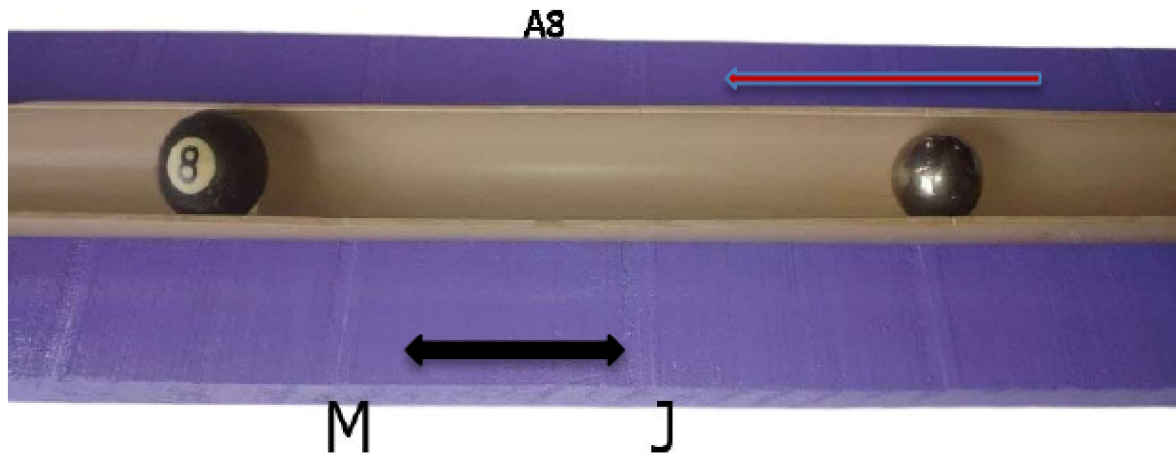
**Figura 4.7:** Choques frontais de bola de aço ( $D=250\text{g}$ ) e bola de gude ( $T=100\text{g}$ ) onde são lançadas uma contra outra com mesma velocidade e rolando de modo suave.



A7 (D-T).

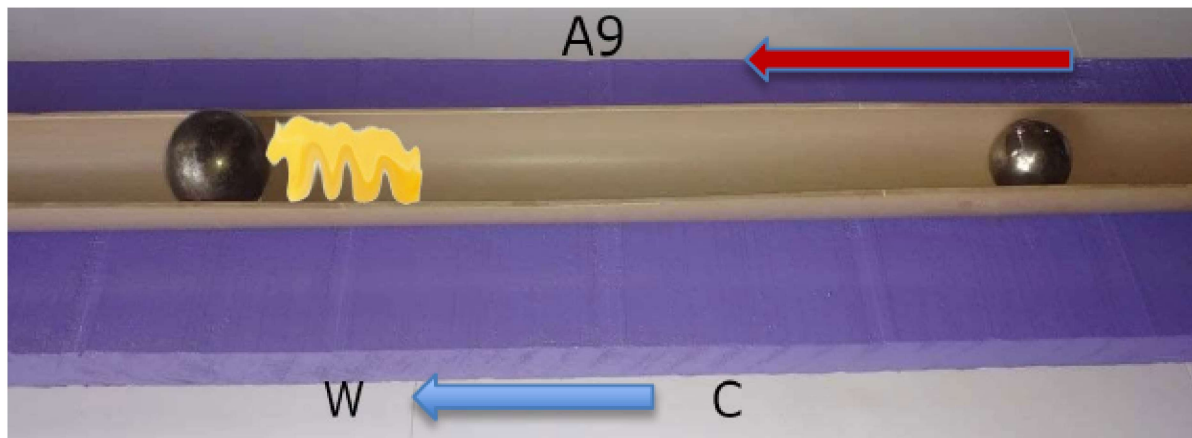
Fonte: Autor.

**Figura 4.8:** Choques frontais de bola de bilhar preta ( $M=220g$ ) e bola de aço ( $J=316g$ ) onde são lançadas uma contra outra com mesma velocidade e rolando de modo suave.



A8 (M-J).

**Figura 4.9:** O alvo está inicialmente em repouso bola de aço ( $W=316g$ ) e está conectada um pedaço de espuma e o projétil bola de aço ( $M=250g$ ) será lançada contra ela rolando de modo suave.



A9 (W-C).

Fonte: Autor.



## 5. Considerações finais

O objetivo principal não é ensinar os alunos a realizar cálculos físicos, mas dar-lhes uma compreensão da existência da física no contexto das disciplinas científicas e sua aplicação na vida cotidiana.

Portanto, o uso desses experimentos deve sempre considerar o que o aluno vivencia em sala de aula, para ele ter uma visão mais ampla sobre os temas que vê e sua aplicação prática em outras disciplinas, e principalmente no cotidiano.

Aplicando o produto educacional em minha sala de aula para complementar os materiais didáticos, nota-se que os alunos são bastante receptivos, o que os leva a querer aprender mais sobre a disciplina de física. No entanto, cada proposta experimental apresentada deve ser avaliada por você professor considerando as especificidades de sua escola e turma.

Embora o produto tenha algumas recomendações para sua aplicação, você pode determinar a melhor maneira de usar o produto educacional à medida que avança no processo de ensino aprendido.

Esperamos que esses materiais sejam úteis para suas aulas e ajudem seus alunos a entender melhor a ciência e a importância da física na vida cotidiana.



## Bibliografia

- [1] ARAÚJO, MAURO SÉRGIO TEIXEIRA DE E ABIB, M. L. V. D. S. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes abordagens, diferentes objetivos. (Citado na página 6.)
- [2] ARAÚJO, M. S. T. D., AND ABIB, M. L. V. D. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de ensino de física* 25, 2 (2003), 176–194. (Citado na página 6.)
- [3] BARBOSA, J. P. V., AND BORGES, A. T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 23, 2 (2006), 182–217. (Citado na página 27.)
- [4] CHESMAN, C., SALVADOR, C., DE SOUZA, E., AND JÚNIOR, A. Colisão elástica: Um exemplo didático e lúdico. *Física na Escola, Porto Alegre* 6, 1 (2005), 23–25. (Citado na página 10.)
- [5] DE MATTOS, A., KUCKER, C. E. D. N., AND PEREIRA, S. A. Simetria, a matemática perfeita. *Coleção do V Seminário Nacional de Histórias e Investigações de/em Aulas de Matemática* (2015), 224. (Citado na página 21.)
- [6] DEMO, P. Educar pela pesquisa. revista. *Campinas, SP: Autores Associados* (2011). (Citado na página 5.)
- [7] DÍAZ-RODRÍGUEZ, F. M. O processo de aprendizagem e seus transtornos. (Citado na página 6.)
- [8] JÚNIOR, J. V. A. T., PARMA, F. W., AND NARDI, R. Aproximando resultados de pesquisa em ensino a um professor universitário atuante numa disciplina de laboratório didático de física. *Ensino & Multidisciplinaridade* 6, 2, 41–53. (Citado na página 6.)

- [9] LABURÚ, C. E., BARROS, M. A., AND KANBACH, B. G. A relação com o saber profissional do professor de física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências* 12, 3 (2016), 305–320. (Citado na página 6.)
- [10] PERUZZI, S. L., AND FOFONKA, L. A importância da aula prática para a construção significativa do conhecimento: a visão dos professores das ciências da natureza. *Educação Ambiental em ação*, 47 (2014). (Citado na página 5.)
- [11] TIPLER, P. A., AND MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros. vol. 1. LTC, Rio de Janeiro (2009). (Citado na página 11.)