

**Universidade Federal de Juiz de Fora**  
Instituto de Ciências Exatas  
Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Alessandra Kirchmeyer Vianelo

ABORDANDO O CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA ATRAVÉS DA  
EXPERIMENTAÇÃO

Juiz de Fora  
2019

Alessandra Kirchmeyer Vianelo

ABORDANDO O CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA ATRAVÉS DA  
EXPERIMENTAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Tagliati  
Coorientador: Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira

Juiz de Fora  
Fevereiro de 2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Vianelo, Alessandra Kirchmeyer .

ABORDANDO O CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA ATRAVÉS DA EXPERIMENTAÇÃO / Alessandra Kirchmeyer

Vianelo. -- 2019.

131 f.

Orientador: José Roberto Tagliati

Coorientador: Emanuel José Reis de Oliveira

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2019.

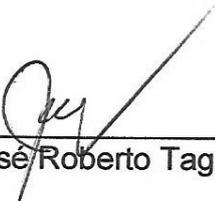
1. Ensino de Física. 2. Experimentação. 3. Energia Mecânica. I. Tagliati, José Roberto, orient. II. Oliveira, Emanuel José Reis de, coorient. III. Título.

Alessandra Kirchmeyer Vianelo

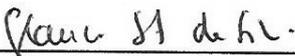
ABORDANDO O CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA ATRAVÉS DA  
EXPERIMENTAÇÃO

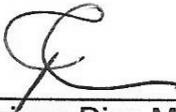
Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 13/02/2019, por:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Roberto Tagliati – Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira – Coorientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Glauco dos Santos Ferreira da Silva – CEFET-RJ

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes – UFJF

Juiz de Fora  
Fevereiro de 2019

## Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu filho, Felipe, que faz morada em meu ventre.

*Meu coração está em festa  
Eu penso em você e fico até sem jeito  
Imagino o teu rosto  
E passo a noite só pensando sem dormir direito  
Me olho no espelho eu sei  
Que ainda esta cedo  
Mas quero te ver crescer  
Sonho com a gente  
Te adoro por inteiro  
Sem te conhecer...*

É maravilhoso saber que o milagre da vida acontece dentro de mim... Eu te amo tanto, filho, que a maior parte do tempo meu pensamento está em você!

Este trabalho é dedicado a você. Vencemos!

## **Agradecimentos**

A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência.

Ao meu amado esposo por todo amor, apoio, paciência e incentivo.

Aos meus pais pelo amor que me mostrou a direção correta e me ensinou a ter fé na vida.

Ao meu filho que, em meu ventre, me faz sentir um amor incondicional. Você é o meu melhor presente!

Ao meu orientador, José Roberto Tagliati, pela orientação, competência, amizade, profissionalismo e dedicação tão importantes.

Ao meu coorientador Emanuel Reis, por toda ajuda e coorientação.

Ao meu amigo Rafael Schepper, por toda ajuda no processo de escrita.

Aos amigos do mestrado. Obrigada pela motivação e companheirismo.

Aos alunos que participaram dessa pesquisa. Meu muito obrigada!

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

## RESUMO

### ABORDANDO O CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA ATRAVÉS DA EXPERIMENTAÇÃO

Alessandra Kirchmeyer Vianelo

Orientador:

Prof. Dr. José Roberto Tagliati

Coorientador:

Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira

É reconhecido que no ensino tradicional, especificamente no Ensino por Transmissão em que o professor é aquele que domina o conteúdo, o estudante mantém uma atitude passiva, não reflexiva e não questionadora. Essa postura por parte dos professores e dos alunos vai contra aquilo que é entendido como um processo de ensino-aprendizagem significativo, entendido como um processo por meio do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz. Neste trabalho, procuramos superar a passividade por parte dos alunos e promover uma aprendizagem significativa através de uma sequência didática que abordou os conceitos de energia mecânica e sua conservação pelo viés da experimentação. A sequência didática foi composta por 14 aulas, sendo a primeira e a última destinadas, respectivamente, à aplicação de um Pré-teste e um Pós-teste. Estes foram compostos de questões abertas nas quais os estudantes responderam textualmente perguntas que envolviam situações-problema sobre energia mecânica. As 12 aulas restantes foram destinadas às atividades experimentais que perpassaram noções relacionadas, especificamente, às energias cinética, potencial gravitacional e elástica. Algumas aulas foram destinadas à leitura de textos e à mostra de vídeos relacionados ao cotidiano dos estudantes. Em outras aulas ocorreu a formalização dos conceitos de energia mecânica. Todo material produzido textualmente pelos alunos no Pré e Pós-teste foi submetido à análise de conteúdo. Essa análise permitiu identificar três tipos de concepções, nomeadamente concepções científicas (CC), concepções parcialmente científicas (CPC) e concepções não-científicas (CNC). Foi percebido que a sequência didática utilizada na presente pesquisa promoveu uma notória mudança das concepções dos estudantes, passando de concepções não-científicas às concepções científicas e parcialmente científicas. Ponderamos, portanto, que o uso de uma sequência didática, tal qual utilizada nesta investigação, apresenta um grande potencial para abordagem do conceito de energia mecânica e sua conservação.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentação, Energia Mecânica.

Juiz de Fora  
Fevereiro de 2019

## **ABSTRACT**

### **APPROACHING THE CONCEPT OF MECHANICAL ENERGY THROUGH EXPERIMENTATION**

Alessandra Kirchmeyer Vianelo

Supervisor(s):

Prof. Dr. José Roberto Tagliati  
Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira

It is recognized that in traditional teaching, specifically Teaching by Transmission, in which the teacher is the one who dominates the content, the student keeps a passive, non-reflective and non-questioning attitude. This attitude on the part of teachers and students goes against what is understood as a significant teaching-learning process, in the sense of a process through which a new information (a new knowledge) relates in a non-arbitrary and substantive (non-literal) way to the cognitive structure of the learner. In this work, we try to overcome passivity on the part of the students and promote a meaningful learning through a didactic sequence which has approached the concepts of mechanical energy and its conservation by the experimentation bias. The didactic sequence was composed of 14 classes, being the first and the last destined to, respectively, the application of a Pre-test and Post-test. These were composed of open ended questions in which students answered textually questions involving problem-situations about mechanical energy. The remaining 12 classes were destined to experimental activities that permeated concepts related specifically to the energies kinetic, potential gravitational and elastic. Some classes were devoted to the reading of texts and the exhibition of videos related to the daily life of the students. In other classes the formalization of the concepts of mechanical energy took place. All material textually produced by the students in the Pre and Post-test was submitted to content analysis. This analysis allowed identifying three types of conceptions, namely scientific conceptions (SC), partially scientific conceptions (PSC) and non-scientific conceptions (NSC). It was noticed that the didactic sequence used in the present research promoted a notorious change in the conceptions of the students, going from non-scientific conceptions to scientific and partially scientific conceptions. We therefore consider that the use of a didactic sequence as used in this research presents a great potential to approach the concept of mechanical energy and its conservation.

Keywords: Physics Teaching, Experimentation, Mechanical Energy

Juiz de Fora  
February 2019

# Sumário

<b>Capítulo 1 Introdução.....</b>	<b>11</b>
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivos.....	15
<b>Capítulo 2 Referencial Teórico.....</b>	<b>16</b>
2.1 Algumas considerações sobre a Aprendizagem Significativa de Ausubel.....	16
2.2 Atividades Experimentais.....	17
2.3 Algumas considerações sobre o Ensino por Investigação.....	20
<b>Capítulo 3 Energia Mecânica e sua Conservação.....</b>	<b>22</b>
3.1 A relevância do Tema Energia Mecânica e sua Conservação para o Ensino de Física.....	22
3.2 Alguns aspectos sobre o conceito de Energia.....	23
3.2.1 Energia Cinética.....	24
3.2.2 Energia potencial gravitacional.....	28
3.2.3 Energia potencial elástica.....	31
3.2.4 Conservação da Energia Mecânica.....	33
<b>Capítulo 4 Procedimentos Metodológicos.....</b>	<b>38</b>
4.1 Metodologia da Pesquisa.....	38
4.2 Aplicação da Sequência Didática.....	40
4.2.1 Aula 1- Pré-teste.....	41
4.2.2 Aula 2- Energia cinética.....	41
4.2.3 Aula 3 – Energia cinética e o cotidiano.....	45
4.2.4 Aula 4 - Formalização do conceito de Energia Cinética.....	46
4.2.5 Aula 5 - Energia potencial gravitacional.....	47
4.2.6 Aula 6 – Energia potencial gravitacional e o cotidiano.....	51
4.2.7 Aula 7- Formalização da equação de energia potencial gravitacional.....	52
4.2.8 Aula 8 – Energia potencial elástica.....	53
4.2.9 Aula 9 – Formalização da equação de energia potencial elástica.....	57
4.2.10 Aulas 10 e 11 – Conservação de Energia Mecânica.....	59
4.2.11 Aula 12 - Conservação da Energia Mecânica e o Cotidiano.....	62
4.2.12 Aula 13 - Formalização dos Conceitos de Conservação da Energia Mecânica.....	63
4.2.13 Aula 14 - Pós-teste.....	65
<b>Capítulo 5 Análise e discussão dos resultados.....</b>	<b>66</b>
5.1 Análise e discussão da Questão 1.....	66
5.2 Análise e discussão da Questão 2 (primeira parte).....	69
5.3 Análise e discussão da Questão 2 (segunda parte).....	72
5.4 Análise e discussão da Questão 3.....	73
5.5 Análise e discussão da Questão 1.....	76
5.6 Análise e discussão da Questão 2 (Primeira parte).....	78
5.7 Análise e discussão da Questão 2 (Segunda parte).....	80
5.8 Análise e discussão da Questão 3.....	81
5.9 Considerações sobre o Pré e Pós-teste.....	82
5.10 Comparação das concepções entre Pré e Pós-teste da Questão 1.....	83
5.11 Comparação das concepções entre Pré e Pós-teste da Questão 2 (Primeira parte).....	84
5.12 Comparação das concepções entre Pré e Pós-teste da Questão 2 (segunda parte).....	84

5.13 Comparação das concepções entre Pré e Pós-teste da Questão 3.....	85
<b>Capítulo 6 Considerações Finais.....</b>	<b>86</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>89</b>
<b>Apêndice A Pré-Teste/Pós-teste.....</b>	<b>93</b>
<b>Apêndice B Como funciona o KERS.....</b>	<b>96</b>
<b>Apêndice C A Energia Hidrelétrica .....</b>	<b>97</b>
<b>Apêndice D Produto Educacional.....</b>	<b>99</b>

## Capítulo 1

### Introdução

Em 18 anos trabalhando como professora de Física, o desejo de tornar as aulas mais dinâmicas e divertidas fez-me aventurar no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) para estudar e conhecer novas formas de ensinar a fim de motivar meus alunos e encontrar prazer na minha prática em sala de aula.

Devo destacar que, ao longo de minha trajetória profissional, sentia um grande incômodo ao trabalhar o conteúdo de energia mecânica e sua conservação simplesmente com equações, de forma distante daquilo que os estudantes vivenciavam em seu no cotidiano. Percebia que este conteúdo era muito rico para ser trabalhado com equações e com exercícios de aplicação destas equações. Foi nesse sentido que busquei no Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) uma melhor qualificação para o exercício da minha prática educativa. Considerei que o MNPEF poderia contribuir para melhorar minha prática, oferecendo-me condições para alcançar melhor qualificação profissional, proporcionando-me conhecimentos científicos contemporâneos, além de uma sólida formação (embasamentos teóricos, metodológicos e epistemológicos) para a realização da minha prática educativa.

Diante do exposto me propus desenvolver a sequência didática abordando o conceito de energia mecânica e sua conservação, de modo a superar o ensino tradicional marcado pela memorização e aplicação de fórmulas. Nesse sentido encontrei alguns trabalhos que buscaram melhorar a compreensão dos estudantes sobre esse tema. Notei que, nos últimos anos, estudos sobre o conceito de energia no Ensino Médio proliferaram (SANTOS *et al.* 2007; AZEVEDO *et al.*, 2009; LENZ; FLORCZAK, 2011; SATHTER, 2014; MOREIRA, 2015; SOUZA, 2015). Segundo Souza (2015), este conceito é geralmente iniciado por Energia Mecânica e sua conservação, sendo apresentado de maneira quantitativa em detrimento do enfoque conceitual, o que dificulta o entendimento por parte dos estudantes. O que notamos é que há excesso de rigor matemático associado à falta contextualização, apresentando situações distantes do cotidiano dos estudantes e que objetivam somente o aspecto numérico da energia com uma análise qualitativa muito frágil.

O conceito de energia é um dos mais difíceis de ser compreendido pelos estudantes. Pela sua natureza mais abstrata, do ensino do conceito físico de Energia (suas formas e transformações) ocorre normalmente por meio de exposições e pela operacionalização matemática sem uma relação próxima com situações práticas e cotidianas, o que resulta em uma compreensão não muito clara pelos alunos (BARBOSA, 2006). Alguns livros didáticos utilizados no Ensino Médio sustentam esta ideia. O Princípio da Conservação da Energia Mecânica é usado apenas como caminho alternativo para a resolução de questões de cinemática e dinâmica de maneira mais simples.

A energia e a sua conservação são dois conceitos importantes para a Ciência de modo geral e possuem grandes implicações sociais e econômicas, apesar das dificuldades em defini-los e entendê-los (SOUZA, 2015). Assim, pretendemos desenvolver uma proposta para o ensino de Energia Mecânica com objetivo de superação das concepções empírico-indutivistas da Ciência, promover a argumentação dos alunos, incorporar as ferramentas matemáticas, transpor o novo conhecimento para a vida social visando a alfabetização científica dos estudantes envolvidos (CARVALHO, 2010).

Segundo Carvalho (2013), a Alfabetização Científica, doravante denominada AC, deve promover formação cidadã dos estudantes para as diferentes esferas de sua vida. Em outras palavras,

Uma concepção de ensino de Ciências que vise a alfabetização científica pode ser vista como um processo de “enculturação científica” dos alunos, no qual esperaríamos promover condições para que os alunos fossem inseridos em mais uma cultura, a cultura científica (SASSERON, 2010, p.15)

Cabe fazer presente que entendemos “enculturação científica” como um processo “pelo qual o estudante entra em contato com uma nova forma de ver os fenômenos e uma linguagem específica para explicá-los” (TRIVELATO e SILVA, 2016, p. 76). Compreendemos, ainda, que o simples contato do estudante com os fenômenos observados nas atividades experimentais não garante a apropriação da cultura científica. Existem propostas nas quais as atividades experimentais podem ser realizadas na forma de proposições de problemas abertos a fim de promover um maior envolvimento dos estudantes com a atividade investigativa e a enculturação científica (TRIVELATO e SILVA, 2016). Sendo assim, continuam os autores,

O professor assume um papel fundamental nesse processo investigativo, no sentido de propor problemas, acompanhar as discussões, promover novas oportunidades de reflexão, estimular, desafiar, argumentar, ou seja, torna-se

um orientador da aprendizagem de seus alunos e auxilia a passagem do senso comum para o saber científico (TRIVELATO e SILVA, 2011, p. 76).

Para atingir tais objetivos mencionados neste processo investigativo, acreditamos na proposta do Ensino por Investigação (EI) que, na perspectiva de Sasseron (2015), deve ser entendido como um trabalho conjunto de professor e estudante e não somente como estratégia específica. O Ensino por Investigação configura-se como abordagem didática, podendo, portanto, estar vinculado a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja posto em prática e feito pelos estudantes, a partir e por meio das orientações do docente.

Sasseron pondera que, ao mesmo tempo, o EI exige que o professor dê valor às pequenas ações do trabalho e entenda a importância de colocá-las em destaque. Podemos citar como exemplo os pequenos erros e/ou imprecisões manifestados pelos estudantes, as hipóteses originadas pelos conhecimentos prévios e na experiência da turma e as relações em desenvolvimento. A autora afirma que o EI é

[...] trabalho em parceria entre professor e estudantes. Uma construção de entendimento sobre o que seja a ciência e sobre os conceitos, modelos e teorias que a compõem; nesse sentido, é uma construção de uma nova forma de vislumbrar os fenômenos naturais e o modo como estamos a eles conectados e submetidos, sendo a linguagem uma forma de relação com esses conhecimentos e também um aspecto a ser aprendido (SASSERON, p. 58, 2015).

Nosso trabalho com o EI visa uma aprendizagem significativa, tal como compreendida por Moreira (1997), no qual

[...] o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito (MOREIRA, 1997, p. 1)

Diante desse breve contexto sustentamos que a aprendizagem significativa pode dar suporte à consecução deste trabalho, uma vez que as atividades experimentais realizadas através da mesma podem desenvolver um questionamento que servirá ao estudante como orientação ao longo do processo de experimentação. Dessa forma, o professor procede como se soubesse que os estudantes já possuem conhecimento mínimo sobre o assunto a ser trabalhado e que esse conhecimento é incompleto por natureza e, assim, deverá haver um embate entre o conhecimento prévio e o conhecimento científico (LEIRIA e MATARUCO, 2015).

Entendemos que uma das maneiras de realizar esse processo por meio da experimentação é inscrevê-lo em uma sequência didática (SD). Aqui, cabe destacar, que um dos objetivos educacionais mais amplos do educador é despertar a curiosidade do estudante e o gosto pelo aprender para que eles, enquanto cidadãos, possam desenvolver um pensamento crítico a respeito da Ciência e da Tecnologia em suas implicações na sociedade contemporânea (SEPINI, 2014).

Alinhados com Sepini (2014), partimos do pressuposto que o interesse pelas sequências didáticas normalmente é respaldado pelas seguintes justificativas (MACHADO; CRISTOVÃO, 2006 *apud* SEPINI, 2014, p. 83):

- A SD permite um trabalho global e integrado.
- Na sua construção, considera, obrigatoriamente, tanto os conteúdos de ensino fixados pelas instruções oficiais, quanto os objetivos de aprendizagem específicos.
- Ela contempla a necessidade de se trabalhar com atividades e suportes de exercícios variados.
- Ela permite integrar as atividades de leitura, de escrita e de conhecimento da língua, de acordo com um calendário pré-fixado.
- Ela facilita a construção de programas em continuidade uns com os outros.
- Ela proporciona a motivação dos alunos, uma vez que permite a explicitação dos objetivos das diferentes atividades e do objetivo geral que as guia.

Portanto, defendemos o potencial da SD para a apreensão dos conceitos de Energia Mecânica e sua conservação no Ensino Médio, visando uma aprendizagem das implicações científicas e tecnológicas e seus desdobramentos sobre a sociedade (SOUZA, 2015).

Frente a este panorama propomos responder ao seguinte questionamento:  
*Que contribuições uma sequência didática (SD) com atividades experimentais daria ao processo de ensino-aprendizagem de Energia Mecânica e sua conservação?*

## 1.1 Justificativa

Existe certo consenso entre os educadores sobre os benefícios que a aprendizagem significativa promove entre os estudantes (SOUZA, 2015). Assim, enxergamos na teoria de Ausubel (MOREIRA, 1979, 1997, 2012) a possibilidade de atingirmos o objetivo de fazer com que o conhecimento dos estudantes seja concebido e apreendido de maneira significativa, indo além do ensino por transmissão que apresenta uma visão absoluta do conhecimento ao valorizar os conceitos e a capacidade do professor transmiti-los corretamente sem, contudo, haver a atenção devida na contextualização dos conceitos no dia-a-dia dos alunos (JIMÉNEZ-ALEXANDRE, 1996 *apud* TRÉZ, 2007).

Nesse sentido, supõe-se que a sequência didática, pelo viés da experimentação e com aporte do Ensino por Investigação, contribua para melhora da compreensão dos conceitos de energias cinética, potencial gravitacional, potencial elástica e de conservação de energia. Nesta perspectiva, traçamos os objetivos que se seguem para consecução desta pesquisa.

## 1.2 Objetivos

### Objetivo geral

Elaborar uma sequência didática sobre energia mecânica e sua conservação utilizando a abordagem didática investigativa através da experimentação em sala de aula.

### Objetivos específicos

- Identificar os saberes dos estudantes sobre tipos de energia mecânica e sua conservação.
- Elaborar experimentos para a compreensão do conceito de conservação da energia mecânica.
- Elaborar uma sequência didática para o ensino de energia e sua conservação no ensino médio.

## Capítulo 2

### Referencial Teórico

#### 2.1 Algumas considerações sobre a Aprendizagem Significativa de Ausubel

Acreditamos que é desejo de todo educador que os educandos atinjam uma aprendizagem que seja realmente significativa. Logo, consideramos que as ideias de Ausubel contribuam como aporte teórico do trabalho que desenvolveremos na presente pesquisa.

Tal como Moreira (2012), consideramos que a aprendizagem significativa é aquela em que as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com o que o estudante já sabe. “Substantiva” quer dizer não literal, que não é “ao pé da letra”; “não-arbitrária” significa que a interação não se produz com qualquer ideia prévia senão com algum conhecimento especificamente relevante na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. O autor completa que

A este conhecimento, especificamente relevante para uma nova aprendizagem, que pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel (1918-2008) o chamava de subsunçor ou ideia-âncora.

Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico existente na estrutura de conhecimento do indivíduo, que permite dar-lhe significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou que é descoberto por ele. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. (MOREIRA, 2012, p. 30, tradução nossa).

Como forma de esclarecimento sobre a questão dos subsunçores, Moreira (2012) argumenta que, por exemplo, para um estudante que já conhece a Lei da Conservação da Energia aplicada à Energia Mecânica, resolver problemas em que há transformação de energia cinética e vice-versa apenas corrobora o conhecimento prévio dando-lhe mais estabilidade cognitiva e, talvez, maior clareza. Mas, se se lhe apresenta a Primeira Lei da Termodinâmica como a Lei da Conservação da Energia aplicada aos fenômenos térmicos, o estudante dará significado a esta nova lei na medida em que “acione” o subsunçor *Conservação da Energia*, e este ficará mais

elaborado, terá novos significados, pois a *Conservação da Energia* aplicar-se-á não somente ao campo conceitual da Mecânica, como também ao da Termodinâmica.

Cabe ressaltar que, para que a aprendizagem do estudante seja significativa, ele tem que manifestar uma disposição para relacionar, de modo não-arbitrário e não-literal, à sua estrutura cognitiva os significados que capta a respeito dos materiais educativos potencialmente significativos do currículo (MOREIRA, 1997). Em outras palavras, a aprendizagem significativa acontece quando o estudante se dispõe a aprender e quando o material utilizado é potencialmente significativo.

Segundo Ausubel, enquanto na aprendizagem receptiva o que o estudante aprende lhe é mostrado em sua forma final, pronta e acabada, na aprendizagem por descoberta o que deve ser aprendido deve ser encontrado, investigado, descoberto pelo educando. Ainda depois da descoberta, só haverá aprendizagem significativa se acontecer uma relação entre os subsunçores existentes na estrutura cognitiva e nos novos conteúdos apresentados. Portanto, na teoria da aprendizagem de Ausubel é proposto que os subsunçores sejam identificados e valorizados para que novas estruturas sejam elaboradas (PELIZZARI *et al.*, 2002 *apud* MOREIRA, 2016).

Nesta perspectiva, optou-se trabalhar a sequência didática desta investigação usando experimentação com o intuito explorar a criatividade dos estudantes, aproximando-os da aprendizagem por descoberta (MOREIRA, 1979).

## 2.2 Atividades Experimentais

As aulas práticas no ensino de Ciências, particularmente no ensino de Física, têm importância indiscutível. Suas principais funções são (KRAISLCHIK, 2004 *apud* TRIVELATO e SILVA, 2016):

- Despertar e manter o interesse dos alunos.
- Envolver os estudantes em investigações científicas.
- Desenvolver a capacidade de resolver problemas.
- Compreender conceitos básicos.
- Desenvolver habilidades.

Mesmo que reconheçamos a existência de fatores limitantes para a consecução de aulas práticas como a ausência de laboratório, falta de tempo para preparação, falta de equipamentos, entre outros fatores, um reduzido número dessas atividades, desde que interessantes e desafiadoras, já serão suficientes para

promover o contato direto com os fenômenos, identificar questões de investigação, organizar e interpretar dados, etc. (TRIVELATO e SILVA, 2016). Sobre o assunto, os autores ainda alertam que, ao folhearmos alguns livros didáticos, é possível notar que os experimentos são apresentados no final dos capítulos como maneira de comprovação ou fixação do conteúdo aprendido. Além disso, são apresentados protocolos prontos para a efetivação destas atividades.

Trivelato e Silva (2016) sustentam que alguns pesquisadores do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (Lapef), da Faculdade de Educação da USP, apresentaram trabalhos ligados ao Ensino Fundamental e Médio, nos quais o experimento é usado sempre como ponto de partida. Esses pesquisadores verificaram que, para que uma atividade experimental possa ser considerada de investigação, a atuação do estudante não deve se limitar somente ao trabalho de observação e manipulação, devendo abranger características do trabalho científico, tais como reflexões, relatos, discussões, ponderações, entre outras.

Entendemos que as atividades experimentais para o ensino de Física devem promover a enculturação científica dos educandos. A concepção do ensino de Física que tenha por objetivo a alfabetização científica pode ser entendida como um processo de “enculturação científica” dos estudantes, no qual esperaríamos proporcionar condições para que eles fossem inseridos em mais uma cultura, a cultura científica (SASSERON, 2010).

Carvalho (2010) defende que uma proposta pedagógica de enculturação científica precisa atender aos seguintes pontos:

- ▣ Superação das concepções empírico-indutivistas da Ciência.
- ▣ Promover a argumentação dos alunos.
- ▣ Incorporar as ferramentas matemáticas.
- ▣ Transpor o novo conhecimento para a vida social.

É necessário considerar que, mesmo que as atividades experimentais estejam há quase 200 anos nos currículos escolares e mostrem uma ampla variação nos possíveis planejamentos, não é razão para que os professores tenham certa familiaridade com essa atividade. Parte majoritária da aula de laboratórios (como costumam ser denominadas as atividades experimentais) se traduz em aulas extremamente estruturadas através de manuais do tipo “receitas de cozinha”. Nessas aulas os estudantes seguem planos de trabalho prévios, entrando nos

laboratórios apenas para seguir os passos do manual, em que o trabalho em grupo se configura mais pela divisão das tarefas do que pelo intercâmbio de ideias significativas sobre o fenômeno estudado (CARVALHO, 2010).

Inúmeras pesquisas sobre o processo de ensino-aprendizagem nos laboratórios didáticos foram desenvolvidas nas décadas de 1960 e 1970. Dentre elas podemos destacar os estudos de Pella (1969 *apud* Carvalho, 2010). Este pesquisador analisou como o ensino de Ciências (Física, Química e Biologia) estava sendo apresentado aos estudantes pelos professores e pelos materiais didáticos por meio de uma grande pesquisa nos manuais de laboratório e nas próprias aulas de Ciências do Ensino Médio. Ele buscou determinar o possível grau de liberdade intelectual que os professores desenvolviam em seus estudantes. No âmbito da análise de seus dados, Pella (*apud* Carvalho, 2010) construiu um quadro (Quadro 1) no qual classificava em cinco os graus de liberdade intelectual que o professor e/ou o material didático ofereciam aos alunos.

**Quadro 1 – Graus de liberdade do professor/ aluno em aulas de laboratório.**

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P	P	A	A
Plano de Trabalho	P	P	A	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A	A	A	A

Fonte: Pella (1969 *apud* Carvalho, 2010).

Neste quadro a letra P refere-se à atuação do professor e a letra A à atuação do aluno, e os graus de liberdade podem ser entendidos da seguinte forma (CARVALHO, 2010):

- O GRAU I de liberdade ocorre quando o aluno só tem a liberdade intelectual de obter dados, o que caracteriza bem a aula do tipo “receita de bolo”. Infelizmente, o que muitas vezes encontramos nos manuais fica aquém da proposta de Pella – seria um “grau zero” (?) – porque sequer o problema e as hipóteses são mostrados nos textos que descrevem a proposta teórica do experimento que vão diretamente (sem a discussão das hipóteses) para o plano de trabalho que os alunos devem efetivar.
- O GRAU II configura-se por dar aos alunos a liberdade para tirarem conclusões a partir de seus próprios dados.

- No GRAU III não é mais o professor ou o manual que irá propor aos alunos o que deverá ser realizado, mas é o aluno (ou cada grupo de alunos) que passa a ser convidado a elaborar o plano de trabalho para a obtenção dos dados que levarão às conclusões de seu grupo.
- O GRAU IV pode ser entendido pelas atividades em que os alunos só recebem do professor o problema e ficam responsáveis por todo o trabalho intelectual e operacional.
- No GRAU V, até o problema deve ser proposto pelos alunos.

Na SD que será levada a cabo nesta pesquisa não trabalharemos com atividade experimental de GRAU I, pois os alunos participarão além da coleta simples de dados, ou seja, ele terá mais liberdade durante o processo de experimentação. Os alunos também não chegarão ao GRAU V, uma vez que o professor irá propor a situação-problema.

Diante do exposto acima, compreendemos que as aulas práticas podem tomar como aporte o Ensino por Investigação.

### **2.3 Algumas considerações sobre o Ensino por Investigação**

Algumas pesquisas defendem que os estudantes precisam ter contato com temas e conceitos científicos, participando ativamente de ações e debates que dão aporte à resolução de problemas e à construção de explicações (CLEMENT, 2013; SOLINO, FERRAZ, SASSERON, 2015; SASSERON, 2015; MARTINS, 2015).

Tratada como uma prática comumente usada pelos cientistas na resolução de problemas, a investigação revela-se em atos intelectuais e manipulativos não necessariamente executados a partir de um roteiro de estratégias e ações previamente definidas. Portanto, a ideia de investigação adotada passa pelos processos por meio dos quais novos conhecimentos são elaborados, embasando-se em resultados teóricos, dados empíricos, análise e confronto de perspectivas. A investigação é um processo aberto, desencadeado e dependente de características do próprio problema em análise, tendo estreita relação com conhecimentos já existentes e reconhecidos pelos participantes do processo. Segundo esta perspectiva, processos investigativos podem aparecer como decorrência, desdobramento e continuidade de investigações em curso ou já realizadas. É preciso ponderar que os processos de investigação podem ganhar força nas

propostas didáticas, sendo utilizados com o objetivo de tratar de conhecimentos de ciências sobre ciências. Trata-se do Ensino por Investigação (EI), cuja definição pode ser tomada como uma

[...] abordagem didática, na medida em que se baseia na prática do professor de apresentar problemas envolvendo questões das ciências a seus estudantes, e de permitir que ocorra a construção de entendimento sobre conceitos e práticas científicos (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015, p.2).

As autoras completam que existem alguns fundamentos relacionados ao EI. Entre esses fundamentos elas ressaltam que há

[...] a necessidade de que os alunos, em situações de sala de aula, possam participar dos processos para a construção de seu entendimento sobre os conteúdos curriculares. Em outras palavras, os conteúdos apresentados aos estudantes são trabalhados e discutidos junto a eles e não aparecem concluídos e na forma final a que se espera que a turma tenha acesso. O professor, como autoridade epistêmica em sala de aula, atua de modo a que os caminhos trilhados no processo de construção de entendimento levem à aproximação do conceito científico aceito pela comunidade científica e escolar naquele momento; e, ao mesmo tempo, está promovendo condições para que aspectos relacionados aos conceitos sejam colocados em análise face a hipóteses que se ancorem em conhecimentos já existentes ou face a elementos contraditórios ou adicionais que surjam no próprio processo de análise (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015, p.3).

Concordamos com Clement (2013) ao relatar que os resultados descrevem um quadro favorável à perspectiva de ensino do EI, insinuando que as atividades investigativas propiciam um desenvolvimento atido do aluno, permitem o desenvolvimento de aprendizagens de naturezas distintas (conceituais, procedimentais e atitudinais), possibilitam aprendizagens de ciência e sobre a construção do conhecimento científico, entre outros. Nesse sentido, consideramos promissora a abordagem didática pelo viés do EI para a realização da intervenção pedagógica que foi realizada na presente investigação.

## Capítulo 3

### Energia Mecânica e sua Conservação

É reconhecido que o tema “Energia Mecânica e sua conservação” não seja de trivial entendimento por parte dos alunos envolvidos com a Educação Básica, particularmente no Ensino Médio (BARBOSA e BORGES, 2006; BUCUSSI, 2007; FEYNMAM, LEIGHTON, SANDS, 2008; CAMPOS, 2014; SILVA, 2016; BAYLÃO, 2017). Diversos trabalhos no campo do ensino de Física procuram realizar esforços para que o processo de ensino-aprendizagem deste tema aconteça em sala de aula. Assim, procuraremos nas próximas linhas esclarecer alguns aspectos relacionados com a apreensão de algumas noções atreladas ao conceito de energia mecânica, bem como a sua conservação.

#### 3.1 A relevância do Tema Energia Mecânica e sua Conservação para o Ensino de Física

Energia, particularmente a Energia Mecânica, é uma das ideias fundamentais dos currículos de ciências na Educação Básica. A literatura sobre o tema é ampla, mas pouco esclarecedora. O tema é considerado complexo de ser ensinado e aprendido, além de ser utilizada em diversas disciplinas que enfatizam usos e aspectos diferentes do conceito (BARBOSA e BORGES, 2006).

A ideia de energia é também amplamente utilizada na linguagem cotidiana, confundindo-se com ideias como as de força e potência. A aprendizagem do significado de energia em Física requer abstração e conhecimentos específicos de suas várias áreas, como mecânica, eletricidade, termodinâmica (BARBOSA e BORGES, 2006, p.182).

Barbosa e Borges (2006) asseveram que, entre os conceitos da ciência escolar que almeja que todos os estudantes aprendam, o conceito de energia é julgado como um dos mais difíceis de ser ensinado e aprendido por diversas razões:

- é usado em diferentes disciplinas escolares que enfatizam os seus diferentes aspectos;
- no Ensino Fundamental é estudado muito superficialmente, resultando apenas na aprendizagem dos nomes de algumas manifestações de energia, nem todas elas consensuais;

- a noção de energia é também amplamente utilizada na linguagem cotidiana, confundindo-se com outras ideias como as de força, movimento e potência;
- a aprendizagem do significado ideias não-científicas e as dificuldades de aprendizagem.

Mesmo que os temas “Energia” e “Trabalho” sejam frequentemente discutidos, tanto no meio acadêmico quanto no escolar e na mídia, pesquisas que os contemplem não são comuns. A Revista Brasileira de Ensino de Física, das 22 edições publicadas desde o início de 2010 até sua publicação de junho de 2015, apresenta apenas oito artigos vinculados ao tema “energia” (eólica, calor, eletromagnética, entre outras) e dois artigos relacionados à trabalho (MOREIRA, 2016).

Tendo em vista o que foi exposto acima, ainda existem algumas lacunas relacionadas à temática e que devem ser preenchidas, investindo-se em pesquisas sobre a apreensão do conceito de energia, especificamente “Energia Mecânica e sua conservação”. Entendemos a relevância do tema não somente atrelado aos conceitos físicos, mas também nas suas implicações sociais, uma vez que podemos falar de energia desde seu uso em aparelhos eletrodomésticos até os grandes aceleradores de partículas. Portanto, o estudante, lançando mão dos conceitos ligados à energia, deve ser capaz de tomar decisões esclarecidamente diante de temas que envolvem Ciência e Tecnologia e seus desdobramentos sobre a sociedade (SCHEPPER e SILVA, 2017b).

### **3.2 Alguns aspectos sobre o conceito de Energia**

Segundo Feynman, Leighton, Sands (2008), há um fato – ou uma lei – que governa todos os fenômenos da natureza que são conhecidos atualmente. Não se conhece nenhuma exceção a essa lei (ela é exata até onde sabemos). A lei é denominada “Conservação da Energia”. Nessa lei enuncia-se que existe uma determinada quantidade, chamada energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa. Essa é uma ideia muito abstrata porque é um princípio matemático; ela fala que a quantidade numérica que não varia quando algo acontece. O autor continua suas considerações ponderando:

Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando

terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo. (Algo como o bispo na casa branca que, após um número de lances – sem sabermos os detalhes – ele continua na casa branca. Essa é uma lei da natureza dele.) (FEYNMAN, 2008, p.4)

É relevante perceber que, na Física atual, não temos conhecimento do que seja energia. Não temos um quadro de que a energia vem em pequenas gotas de magnitude definida. Isso não é assim. É algo abstrato no sentido de que não nos esclarece um mecanismo ou a razão para várias formas (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008).

Tratando-se do ambiente escolar, Barbosa e Borges (2006) nos esclarecem que os

[...] livros, professores, a mídia impressa e a televisão referem-se ao conceito de energia de maneira pouco rigorosa, enfatizando mais as manifestações ou formas de energia, do que o poder explicativo do conceito. 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 plural mesmo, isso sem falar em outros sentidos mais esotéricos (BARBOSA e BORGES, 2006, p. 186).

Entendemos com isso que o conceito de energia e sua conservação devam ser tratados com certa cautela pelo professor, já que, como mencionado, não se trata de uma noção completamente esclarecida e que, portanto, merece mais atenção no processo de ensino e aprendizagem. Nesta perspectiva e fazendo o recorte considerado na presente investigação, ou seja, o enfoque na Energia Mecânica e sua Conservação, traçaremos algumas considerações.

### 3.2.1 Energia Cinética<sup>1</sup>

É interessante traçar algumas ideias sobre a energia cinética, uma vez que, esta será apresentada aos alunos através da Sequência Didática (SD) utilizada na intervenção proposta nesta pesquisa.

Nas palavras de Hewitt (2011), se empurrarmos um objeto, o colocaremos em movimento. Se um objeto está se movimentando, então ele é capaz de realizar trabalho. Nesse caso, ele possui energia de movimento, assim dizemos que ele tem

<sup>1</sup> Para esclarecimento do leitor, trataremos do conceito de energia cinética dentro do paradigma da Física Clássica. Para o aprofundamento do conceito de energia cinética na Física Contemporânea, cf. NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 4ª ed., v.4, 2002.

Energia Cinética. A Energia Cinética de um corpo depende de sua massa bem como de sua velocidade. Ela é igual ao produto da massa pelo quadrado da velocidade, multiplicado pela constante  $\frac{1}{2}$ . Matematicamente,

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

Em que:  $m$  é a massa do corpo;  $v$  é a velocidade do corpo.

No entanto, nem sempre esse entendimento foi tão simples. O conceito de Energia Cinética passou por inúmeras formulações e foi tema de inúmeras controvérsias científicas, chegando a ser confundido com o conceito de força e quantidade de movimento (RAMOS e PONCZEK, 2011). É possível conjecturar, portanto, que os alunos podem trazer consigo convicções teóricas semelhantes, confundindo os conceitos mencionados acima (energia cinética, força e quantidade de movimento), o que sugere cautela ao lidar com esses conceitos.

Para ilustrar a noção de energia cinética, Hewitt (2011) propõe a seguinte analogia: quando você lança uma bola, realiza trabalho para dar velocidade a ela até deixar sua mão. A bola em movimento pode, então, bater em algo e empurrá-lo, realizando assim um trabalho sobre aquilo com que se chocou. A energia cinética de um objeto em movimento é igual ao trabalho necessário para levá-lo do repouso até aquele valor de velocidade ou o trabalho que um objeto pode realizar ao ser levado ao repouso.

$$F \cdot d = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2)$$

Em que:  $F$  é a força resultante;  $d$  é o deslocamento;  $m$  é a massa do corpo;  $v$  é a velocidade do corpo.

No caso especial, no qual a força é constante e atua na direção do deslocamento, podemos escrever:

$$\Delta E_c = T = F \cdot d \quad (3)$$

Em que:  $\Delta E_c$  é a variação da energia cinética;  $T$  é o trabalho;  $F$  é a força;  $d$  é o deslocamento.

De outra maneira, a força resultante nos dá a variação da quantidade de movimento (momento linear) no intervalo de tempo em que aconteceu a variação da energia cinética. Matematicamente,

$$F = \frac{dp}{dt} \quad (4)$$

Em que:  $F$  é a força;  $\frac{dp}{dt}$  é a derivada temporal do momento linear.

Assim,

$$\frac{dp}{dt} d = F \cdot d = E_{c \text{ final}} - E_{c \text{ inicial}} \quad (5)$$

Ou ainda:

$$\frac{[(p]_{\text{final}}^2 - p_{\text{inicial}}^2)}{m} = E_{c \text{ final}} - E_{c \text{ inicial}} \quad (6)$$

Em que:  $p_{\text{final}}$  é o momento linear final;  $p_{\text{inicial}}$  é o momento linear inicial;  $m$  é a massa;  $E_{c \text{ final}}$  é a energia cinética final;  $E_{c \text{ inicial}}$  é a energia cinética inicial.

Como a força é constante, por hipótese, a velocidade varia uniformemente e a velocidade média pode ser calculada por meio da equação

$$V_m = \frac{(V_{\text{final}} + V_{\text{inicial}})1}{2} \quad (7)$$

Logo,

$$\Delta p \cdot \frac{(V_{\text{final}} + V_{\text{inicial}})1}{2} = E_{c \text{ final}} - E_{c \text{ inicial}} \quad (8)$$

Em que:  $\Delta p$  é a variação do momento linear;  $V_{\text{final}}$  é a velocidade final;  $V_{\text{inicial}}$  é a velocidade inicial;  $E_{c \text{ final}}$  é a energia cinética final;  $E_{c \text{ inicial}}$  é a energia cinética inicial.

Multiplicando e dividindo o primeiro membro pela massa encontramos:

$$\frac{1}{2m} (p_{\text{final}}^2 - p_{\text{inicial}}^2) = E_{c \text{ final}} - E_{c \text{ inicial}}$$

Logo:

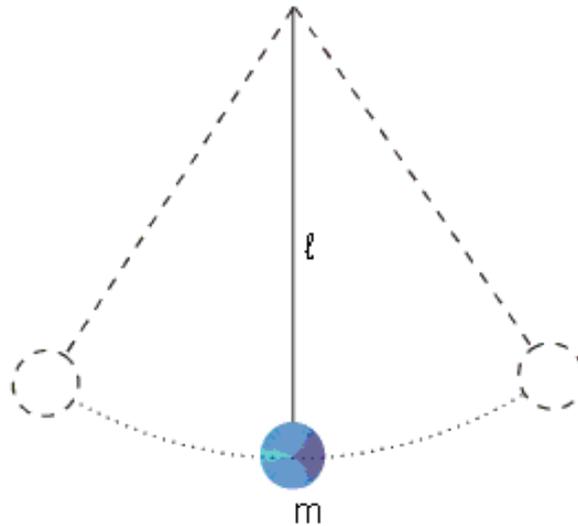
$$E_{c \text{ final}} = \frac{p_{\text{final}}^2}{2m}; \quad E_{c \text{ inicial}} = \frac{p_{\text{inicial}}^2}{2m} \quad (9)$$

Em que  $p$  é o módulo da quantidade de movimento num dado instante e  $m$  é a massa do objeto. Esta expressão concorda com a ideia de que, quanto maior a quantidade de movimento de um objeto, maior será sua energia cinética. Levando em conta que a intensidade da quantidade de movimento é dada pelo produto da massa pela velocidade, podemos reelaborar a expressão logo acima da seguinte maneira:

$$E_c = \frac{([mv])^2}{2m} = \frac{m^2 v^2}{2m} = \frac{mv^2}{2} \quad (10)$$

Para ilustrarmos outra forma de energia, vamos levar em consideração um pêndulo (Fig. 1). Se puxarmos a bolinha para um lado e abandonarmos, ela irá balançar para frente e para trás. Nesse movimento ela perderá altura ao ir de qualquer extremidade ao centro. Neste caso, para aonde irá a energia, já que, por hipótese, ela é conservada? Estamos falando da energia potencial gravitacional (FEYNMAM, LEIGHTON, SANDS, 2008).

**Figura 1** – Pêndulo simples<sup>2</sup> (energia potencial gravitacional em cinética)



Fonte: Acervo pessoal.

Essa energia cinética dá lugar (ou é convertida) à energia potencial e será assunto do próximo tópico.

### 3.2.2 Energia potencial gravitacional

No âmbito deste trabalho é importante considerarmos, também, a energia potencial gravitacional e algumas de suas aplicações conceituais, uma vez que, essas noções serão usadas na SD. Essa energia é definida matematicamente como:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h \quad (11)$$

Em que:  $E_{pg}$  é a energia potencial gravitacional;  $m$  é a massa;  $g$  é a aceleração da gravidade;  $h$  é a altura.

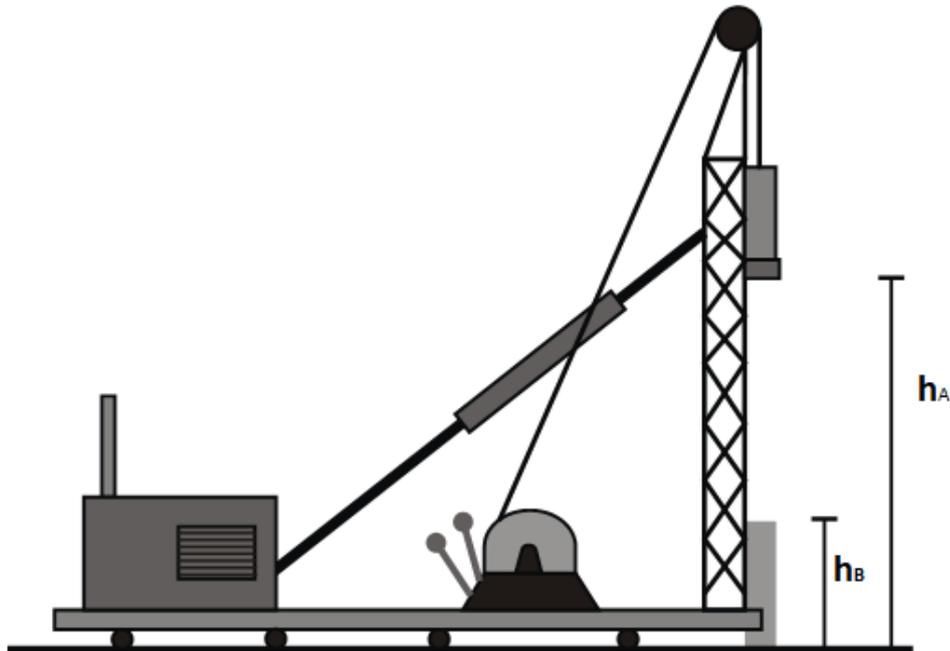
Com intuito de elucidarmos o conceito físico de energia potencial gravitacional, apoiar-nos-emos nas ideias do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF, 2001). Esse grupo usou a analogia de um bate-estacas (Fig. 2), com a qual eles esclarecem que é possível acumular energia potencial gravitacional elevando um bloco e posteriormente utilizá-la deixando-o cair livremente, de forma a

<sup>2</sup> Disponível em:

<<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/MHS/figuras/massamola13.GIF>>. Acesso em: 19 mai. 2018. \*Adaptado para fins didático.

enterrar estacas no chão. No momento que o bloco cai, a força de atração gravitacional entre a Terra e o bloco pode ser considerada constante, uma vez que, a aceleração da gravidade não sofre modificações significativas numa queda próxima à superfície da Terra.

**Figura 2 - Bate-estacas<sup>3</sup>**



Fonte: Adaptado de *Só 10 minutos* [site USP, 2018].

Calculemos o trabalho feito pela força de atração gravitacional  $F_1(g) = m \cdot g$  quando o bloco do bate-estacas desce de uma altura  $h_A$  até a altura  $h_B$ , de acordo com a fig. 2.

Como o próprio GREF comenta, a força e o deslocamento são vetores de mesma direção e sentido. Logo, temos que:

$$T = F_g \cdot d \quad (12)$$

O deslocamento  $d$  corresponde à diferença de altura ( $h_A - h_B$ ) e  $F_g$  ao produto ( $m \cdot g$ ). Daí, temos:

$$T = m \cdot g \cdot (h_A - h_B) \quad (13)$$

<sup>3</sup> Disponível em: <[https://so10minutos.com.br/wp-content/uploads/2017/06/2017-06-19\\_16-04-54.png](https://so10minutos.com.br/wp-content/uploads/2017/06/2017-06-19_16-04-54.png)>. Acesso em: 19 mai. 2018. \*Adaptado para fins didáticos.

Este trabalho  $T$  corresponde à energia potencial gravitacional entre os pontos A e B. Deste modo, é possível reescrever a expressão acima como:

$$T = E_{pA} - E_{pB}$$

$$E_{pA} = m \cdot g \cdot h_A \tag{14}$$

$$E_{pB} = m \cdot g \cdot h_B$$

Em que:  $T$  é o trabalho;  $E_{pA}$  é a energia potencial em  $A$ ;  $E_{pB}$  é a energia potencial em  $B$ ;  $m$  é a massa do corpo;  $g$  é a aceleração da gravidade;  $h_A$  é a altura no ponto  $A$ ;  $h_B$  é altura no ponto  $B$ .

O grupo complementa ponderando que tais expressões são válidas para qualquer objeto que se movimenta para cima ou para baixo, próximo à superfície da Terra.

A expressão  $E_p = m \cdot g \cdot h$  refere-se à energia potencial gravitacional do sistema Terra-objeto para qualquer lugar próximo da superfície da Terra.  $E_{pA}$  e  $E_{pB}$  são energias potenciais gravitacionais ligadas aos pontos  $A$  e  $B$ , respectivamente. Elas dependem da altura em que o bloco (Fig. 2) está em relação a um nível de referência. No caso do bate-estaca, esse nível foi a superfície da Terra, ou seja, costuma-se atribuir à superfície terrestre uma energia potencial zero. Cabe ressaltar que essa escolha é arbitrária.

Vários outros sistemas também acumulam energia. Por exemplo, ao puxarmos o elástico para atirar um corpo qualquer, temos que aplicar uma força sobre o mesmo no sentido de causarmos uma deformação. Esta força realiza um trabalho, transferindo energia que fica armazenada no sistema elástico-corpo que, por sua vez, é chamada de energia potencial elástica. No contexto da presente investigação, os conceitos ligados à energia potencial elástica serão discutidos na próxima seção.

### 3.2.3 Energia potencial elástica

Para puxarmos uma mola para baixo deve-se realizar algum trabalho, mas quando ela estiver embaixo pode-se levantar pesos com ela. Com efeito, na condição esticada, ela apresenta a capacidade de realizar algum trabalho. Ao calcularmos as somas dos pesos vezes as alturas, o resultado não iria conferir – precisamos acrescentar algo mais para levar em conta que a mola está tensionada. A energia elástica será utilizada quando uma mola estiver esticada (FEYNMAM, LEIGHTON, SANDS, 2008). Como estabelecer o valor dessa energia?

O GREF (2001) traz um bom exemplo para compreendermos qualitativa e quantitativamente a ideia de energia potencial elástica. Quando disparamos uma bolinha num brinquedo de mola (um revólver infantil de mola, por exemplo) temos que aplicar uma força para comprimir a mola. Esta força realiza um trabalho transferindo a energia que fica armazenada no sistema. Se saltarmos a mola por meio do gatilho, ela aplica uma força sobre a bolinha, transformando a energia potencial elástica em energia cinética. Esta força varia segundo a deformação da mola, ou seja, quanto mais comprimida ela estiver, maior será a força que ela fará na bolinha. Essa força é chamada “força elástica” e depende do tipo de mola e o quanto ela foi comprimida ou esticada. Sua intensidade pode ser expressa da seguinte maneira:

$$F = K \cdot \Delta x \quad (15)$$

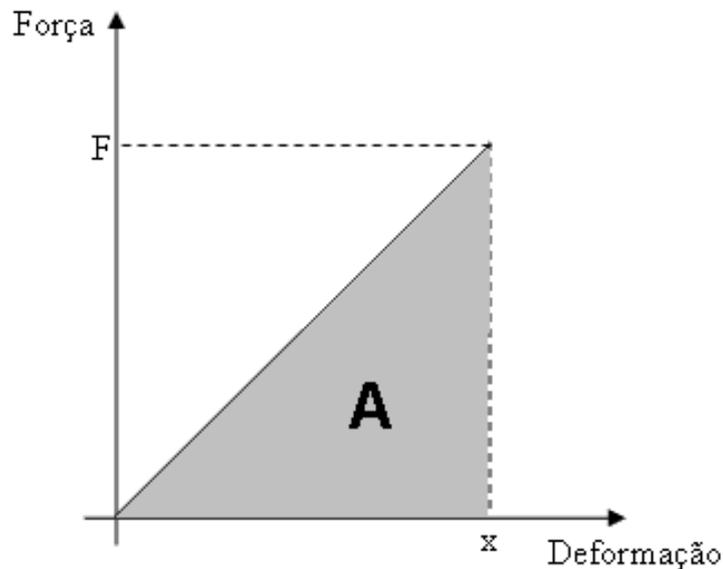
Em que  $F$  é o módulo da força elástica;  $K$  é uma constante que está associada à rigidez da mola chamada constante elástica; e  $\Delta x$  indica o quanto a mola foi deformada. O GREF continua alertando-nos que essa expressão não é válida para deformações muito grandes, nas quais ela inclui outras potências de  $x$ . Além disso, existem molas de espiral de caderno, por exemplo, que não são elásticas, isto é, sofrem deformações permanentes.

Assumindo que a mola utilizada no revólver é comprimida dentro do seu limite de elasticidade, calculemos o trabalho realizado pela força elástica para empurrar a bolinha. Neste caso não podemos utilizar diretamente a expressão  $T = F \cdot d \cdot \cos \theta$ , já que a força elástica não é constante (GREF, 2001).

O GREF continua lançando mão da ideia que, uma das maneiras de se realizar o cálculo do trabalho, consiste em dividir o deslocamento da bolinha que resulta na deformação da mola em minúsculos trechos nos quais a força possa ser

considerada constante. Para estes trechos, o cálculo do trabalho pode ser realizado pela expressão  $T = F \cdot d \cdot \cos \theta$ , o trabalho feito em todo deslocamento da bolinha é conseguido pela soma dos trabalhos nesses minúsculos trechos. Esta soma é equivalente à área da figura geométrica no gráfico da “Força x Deformação” ocorrida na mola. O gráfico a seguir ilustra a figura geométrica formada entre a curva e o eixo da deformação.

**Figura 3 – Força x Deformação**



Fonte: Adaptado de *Só Física* [site, 2018]<sup>4</sup>

O trabalho, nesta situação, equivale à área **A** do triângulo assinalado acima. Daí, temos:

$$T = \frac{F \cdot x}{2} \quad (16)$$

Como  $F = K \cdot \Delta x$ , o trabalho também pode ser calculado por

$$T = \frac{K \cdot \Delta x^2}{2} \quad (17)$$

Em que  $T$  é o trabalho da força elástica;  $F$  é a força elástica;  $K$  é a constante elástica da mola;  $\Delta x$  é a deformação sofrida pela mola.

Este trabalho indica a energia armazenada no sistema em forma de energia potencial elástica, que pode ser expressa como

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Mecanica/Dinamica/figuras/en10.GIF>>. Acesso: 19 maio 2018.

$$E_{p \text{ elástica}} = \frac{K \cdot \Delta x^2}{2} \quad (18)$$

O GREF conclui dizendo que

O trabalho necessário para comprimir ou distender a mola, assim como energia potencial elástica armazenada, independem do modo como a mola chegou ao ponto de deformação. Dizemos que a energia potencial elástica depende somente da posição relativa entre uma extremidade da mola e a outra. Analogamente ao caso da mola, a energia potencial gravitacional não depende de como o objeto atinge uma certa altura e sim de sua posição inicial e final em relação a da Terra (GREF, 2001, p. 121).

De modo geral, a energia potencial, tanto a gravitacional quanto a elástica, é entendida como uma energia de posição, já que envolve apenas as posições inicial e final em relação à determinada referência.

### 3.2.4 Conservação da Energia Mecânica

Nas palavras de Nussenzveig (2002), na “experiência da Torre de Pisa” todos os corpos lançados do alto da torre chegavam ao solo com a mesma velocidade, se desprezarmos a resistência do ar. Entretanto, qualquer corpo lançado de determinada altura com dada velocidade inicial (vertical) passa por uma altura intermediária com velocidade específica, qualquer que seja sua massa. De outra forma, quaisquer que sejam as massas dos corpos, excluindo-se a resistência do ar, atingiria o solo com a mesma velocidade.

O autor prossegue com a seguinte ilustração: se lançarmos um corpo verticalmente para cima com velocidade inicial  $v$ , ele sobe até a altura  $h$ , onde

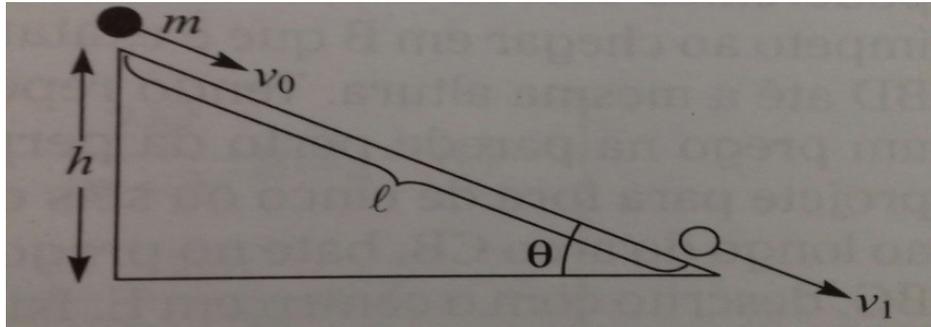
$$h = \frac{v^2}{2g} \quad (19),$$

ou seja, a velocidade adquirida por ele após cair de certa altura é capaz de fazê-lo subir até esta mesma altura (desprezando a resistência do ar).

Suponhamos agora que a massa  $m$  seja lançada com velocidade inicial  $v_0$  ao longo de um plano inclinado de inclinação  $\theta$  (Fig. 4) e de comprimento  $l$ , com atrito desprezível. Sabemos que a aceleração do movimento ao longo do plano é  $a = g \cdot \text{sen } \theta$ . Então, a massa atinge a base do plano com velocidade  $v_1$ , dada pela “Equação de Torricelli”

$$v_1^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h \cdot \text{sen } \theta \quad (20)$$

**Figura 4** – Plano inclinado

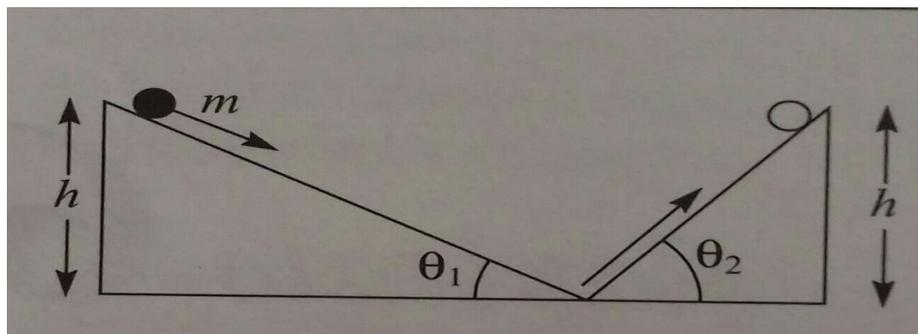


Fonte: Nussenzveig (2002).

Nussenzveig (2002) sustenta que  $l \cdot \text{sen } \theta = h$  é altura do plano inclinado. Comparando  $v_1^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$  com  $v_1^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h \cdot \text{sen } \theta$ , vemos então que a magnitude da velocidade adquirida é a mesma nos dois casos, quaisquer que sejam o ângulo  $\theta$ , isto é, só depende da diferença de altura. Observe, porém que as direções de  $v_0$  e  $v_1$  mudam com  $\theta$ .

Um resultado semelhante vale para a velocidade necessária para subir de uma altura  $h$  ao longo de um plano inclinado. Particularmente, na ausência de atrito e da resistência do ar, uma partícula que desce de uma altura  $h$  ao longo de um plano inclinado de  $\theta_1$  ganha uma velocidade exatamente suficiente para elevá-la de uma altura  $h$  ao longo de outro plano inclinado de inclinação  $\theta_2$ , quaisquer que sejam  $\theta_1$  e  $\theta_2$ .

**Figura 5** – Alturas iguais de descida e subida.



Fonte: Nussenzveig (2002)

O resultado mencionado acima já era conhecido por Galileu, que assim o enunciou em *Duas novas Ciências* (1638): “As velocidades adquiridas pelo mesmo corpo descendo ao longo de planos de inclinações diferentes são iguais quando as alturas desses planos são iguais” (NUSSENZVEIG, 2002, p.106).

Nussenzveig (2002) expõe, para o caso da conservação da energia mecânica no movimento unidimensional, no qual tomamos o movimento vertical de queda livre com eixo Oz, como no gráfico abaixo.

**Gráfico 1** – Movimento unidimensional no eixo Oz<sup>5</sup>.



Adaptado de Nussenzveig (2002).

Temos, então

$$F = -m \cdot g$$

e

(21)

$$W_{z_0 \rightarrow z_1} = -m \cdot g \int_{z_0}^{z_1} dz = -m \cdot g(z_1 - z_0) = -(U_1 - U_2) = -\Delta U$$

Em que  $U(z) = m \cdot g \cdot z$ , assumindo  $U(z)$  como a energia potencial de uma partícula de massa  $m$  a altura  $z$ .

Sabe-se que:

$$W_{x_0 \rightarrow x_1} = \int_{x_0}^{x_1} F(x) dx = \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = T_1 - T_2 = \Delta T \quad (22)$$

<sup>5</sup> Disponível em:

<[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Blender\\_Koordinatensystem.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Blender_Koordinatensystem.jpg)>. Acesso em: 14 jun. 2018. \*Adaptado para fins didáticos.

em que  $F(x)$  é a força que representa a Lei de Hooke;  $W$  é o trabalho;  $\Delta T$  é a variação da energia cinética. Combinando (21) e (22), temos

$$\Delta T = -\Delta U \quad \{\Delta(T + U) = \Delta E = 0\} \quad (23)$$

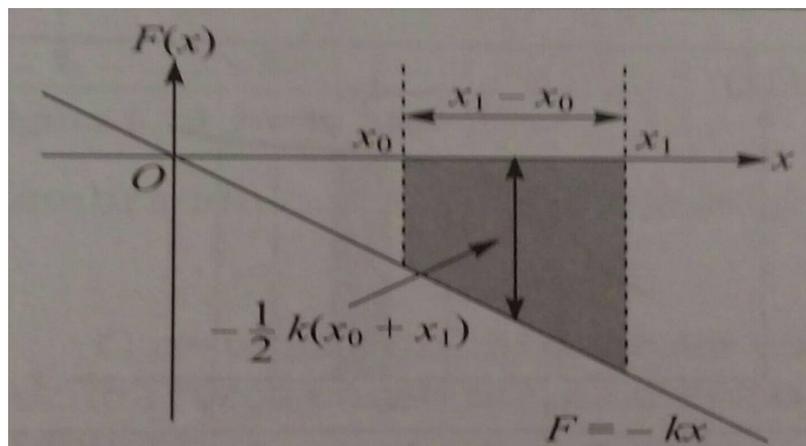
que expressa a conservação de energia mecânica total é igual a  $T + U$ .

De outra forma, no caso de um corpo preso à uma mola, sabemos que o trabalho para levá-lo de um ponto ao outro é dado por

$$W_{x_0 \rightarrow x_1} = -k \int_{x_0}^{x_1} x \, dx \quad (24)$$

A interpretação geométrica do segundo membro é que representa a área hachurada na figura abaixo.

**Figura 6** – Trabalho para a Lei de Hooke.



Fonte: Nussenzveig (2002).

$$\text{Se } W_{x_0 \rightarrow x_1} = -\frac{k}{2} (x_0 + x_1)(x_1 - x_0) \quad (25)$$

Daí temos:

$$W_{x_0 \rightarrow x_1} = -\left(\frac{1}{2} k x_1^2 - \frac{1}{2} k x_0^2\right) \quad (26)$$

Que também pode ser escrita de forma análoga às

$$W_{x_0 \rightarrow x_1} = -[U(x_1) - U(x_0)] = -\Delta U \quad (27)$$

e

$$U(x) = \frac{1}{2} k x^2 \quad (28)$$

Esta última deve ser interpretada como a energia potencial do corpo para uma deformação  $|x|$  da mola ( $U$  apresenta o mesmo valor para deslocamentos  $x$  e  $-x$  da posição de equilíbrio). Repare que aqui também poderíamos ter acrescentado a  $U$  uma constante aditiva arbitrária sem alterar a Equação 28, uma vez que, a constante se cancelaria ao tomar  $U(x_1) - U(x_0)$ . Nessa situação, a Equação (28) corresponde a escolhe-la como nível zero de energia potencial, a situação na qual a mola não está deformada ( $x = 0$ ).

Associando as Equações (22) e (27), chegamos novamente à conservação da energia mecânica total do corpo, dada por

$$E = T + U(x) = -\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Kx^2 \quad (29)$$

Esta lei de conservação é resultado da existência de uma função energia potencial  $U(x)$  que satisfaz à Equação (27). Forças como  $F = -m \cdot g$  ou  $F = -K \cdot x$  para as quais isto acontece, ou seja, forças sobre a ação das quais existem uma função energia mecânica que se conserva durante o movimento do corpo, denominam-se “forças conservativas”. Neste caso, há conservação da energia mecânica.

Cabe ressaltar que, nesse caso particular, a conservação da energia em movimentos unidimensionais pode ser levada em consideração para corpos que se deslocam no espaço tridimensional, sem perdas de generalidades. Em outras palavras, a energia mecânica sempre se conserva na ausência de forças dissipativas.

## Capítulo 4

### Procedimentos Metodológicos

#### 4.1 Metodologia da Pesquisa

A presente investigação buscar entender como estudantes do 1º ano do Ensino Médio apreendem fundamentos e ideias do conceito de energia quando envolvidos na abordagem experimental. A pesquisa foi desenvolvida em uma escola da rede particular do estado de Minas Gerais e, principalmente em função das características da escola, foi necessária negociação com a direção, no sentido de esclarecer os objetivos deste trabalho. Com a permissão para realização da intervenção didática em sala de aula, os alunos foram informados sobre a relevância da participação e engajamento no desenvolvimento da pesquisa que seria realizada. Em seguida, pedi-lhes que, caso estivessem dispostos a colaborar com a realização da investigação, assinassem o termo de compromisso ético juntamente com seus responsáveis. Também assinaram o termo de compromisso a diretora da escola, o orientador desta pesquisa e a professora pesquisadora responsável.

Antes do desenvolvimento do trabalho com os estudantes, foram realizados estudos através de leituras e discussões a respeito da Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, e de estratégias de aprendizagem por meio de experimentos, em particular a ideia de Ensino por Investigação. Assim, esses se tornam os aportes principais de referência para a presente pesquisa.

Como primeira abordagem com os estudantes, foi aplicado um questionário aberto, composto de situações-problema relacionadas à energia mecânica e sua conservação (ver Apêndice A). A primeira questão envolve principalmente energia cinética e energia potencial gravitacional; outra questão envolve energia cinética, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica; e a última questão apresenta uma situação problema abarcando energia potencial elástica e energia cinética.

Depois da aplicação deste questionário, que pode ser considerado como um pré-teste, foram realizadas atividades experimentais sobre energia cinética, energia potencial gravitacional, energia potencial elástica e conservação de energia mecânica, acompanhadas de textos, vídeos e formalização de conceitos vinculados à energia mecânica e sua conservação.

Após a realização das ações descritas no parágrafo anterior, aplicou-se um pós-teste para fazer uma comparação com o pré-teste e analisar uma possível evolução das concepções dos alunos como um todo, especificamente as concepções científicas dos estudantes. A coleta de dados via aplicação de um pré-teste e de um pós-teste se fundamenta nas orientações encontradas no texto da I-TECH<sup>6</sup>, que realça sua importância como observado na citação a seguir:

As notas do pré e pós-teste informam se os participantes aprenderam ou não através da formação. Além disso, um bom pré e pós-teste pode ajudar os facilitadores a entenderem quais conceitos ou competências foram bem ensinados durante a formação e quais requerem tempo adicional, ou necessitam de métodos alternativos para serem ensinados (I-TECH, 2008, p. 1).

A I-TECH completa afirmando que os pré e pós-testes, para que sejam válidos e confiáveis, devem contemplar perguntas claras e bem escritas. Nesse viés é que são elaboradas as três questões abertas do questionário inicial, cujo intuito foi identificar as concepções alternativas dos estudantes sobre energia mecânica e sua conservação. Pádua (2004) sustenta que o pré-teste tem a finalidade de verificar as dificuldades de entendimento das questões, tanto por parte do pesquisador quanto dos educandos, objetivando a condução da investigação a ser realizada.

A presente pesquisa também se ancora no âmbito de um estudo de caso com alunos do 1º ano do Ensino Médio (RICHARDSON, 1985; LÜDKE & ANDRÉ, 1986; TRIVIÑOS, 1987), cujas características se assemelham aos propósitos desta investigação. O tipo de análise adotado neste trabalho segue orientações da análise de conteúdo Bardin (2011), técnica muito útil para a análise de questionários abertos. Tal técnica consiste em obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011).

Para Oliveira *et al.* (2003), as técnicas da análise de conteúdo possibilitam a identificação dos principais conceitos ou temas presentes nos textos. Como argumenta Bardin (2011), é possível realizar a Análise de Conteúdo a partir de duas práticas: a linguística e as técnicas documentais. Nesta investigação, o foco do trabalho é a exploração do material, a inferência e a interpretação.

---

<sup>6</sup> A I-TECH é uma colaboração entre a Universidade de Washington e a Universidade da Califórnia, São Francisco – EUA. A I-TECH foi fundada em 2002 pela HRSA em colaboração com CDC (Centers for Disease Control and Prevention).

Na etapa da exploração do material e tratamento dos resultados as unidades de sentido foram organizadas nesta pesquisa em agrupamentos (categorias). A presença ou frequência de aparição dos núcleos de sentido no texto podem possuir algum significado para o objetivo do trabalho realizado (concepções dos estudantes) e esses agrupamentos são analisados à luz do referencial teórico adotado. Já na fase da inferência e da interpretação procede-se com a divisão dos agrupamentos elaborados em categorias segundo as suas características comuns. A organização dos dados deve ser construída com foco no reagrupamento progressivo de categorias.

É importante afirmar que, em acordo com Laville e Dionne (1999), neste trabalho optou-se pela forma mista de categorização, sobretudo porque parte-se de categorias a priori – dadas por pesquisas que já realizaram trabalhos parecidos – mas, que prevê modificações e novas organizações categóricas se necessárias. Segundo os autores citados, além de categorias definidas a priori (modelo fechado) e a posteriori (modelo aberto), há um terceiro modelo de categorização: o modelo misto. Esse modelo se serve dos modelos aberto e fechado nos quais as categorias são definidas no início, mas o pesquisador se permite modificá-las em função do que a análise apontará. Em outras palavras, a construção das categorias inicia-se com a definição de categorias a priori fundadas com auxílio do aporte teórico utilizado pelo pesquisador; entretanto, estas não possuem um caráter imutável, já que, durante a leitura do material submetido à análise, as categorias preestabelecidas podem sofrer algumas modificações, sendo até mesmo excluídas e/ou criadas. Também se ressalta que, na presente investigação, espera-se que as categorias surjam a partir da leitura integral e exaustiva das respostas dos estudantes.

## **4.2 Aplicação da Sequência Didática**

A Sequência Didática (SD) utilizada pretendeu abordar, conforme exposto, os conceitos relacionados à Energia Mecânica e sua conservação. Essa sequência será detalhada sucintamente nas linhas que se seguem.

#### 4.2.1 Aula 1- Pré-teste

O pré-teste consistiu no questionário aplicado para 10 estudantes da mesma turma que já havia estudado o tema no ano anterior. Estes estudantes são alunos da professora pesquisadora e a SD foi aplicada durante as aulas regulares. A função do pré-teste foi a coleta de dados referentes às concepções alternativas dos estudantes (ver Apêndice A). Esta primeira abordagem teve o objetivo de comparar o resultado obtido no questionário respondido com o pós-teste, este aplicado na aula 12 desta Sequência Didática.

Nesta etapa, chamou a atenção o fato de que os estudantes ficaram tensos diante da responsabilidade de responder às questões, preocupando-se em dar a resposta “certa”. É possível conjecturar que parte desta preocupação esteja atrelada ao ensino tradicional, especificamente o Ensino por Transmissão, em que o professor é aquele que domina o conteúdo enquanto o estudante mantém atitude passiva, não reflexiva e não questionadora, na qual não se admite erros, especialmente por parte do educando (TRÉZ, 2007). Em outras palavras, os estudantes ficaram extremamente preocupados em não cometer erros. Apesar disso, os estudantes responderam com seriedade ao questionário. Vale mencionar <sup>7</sup> que o questionário foi aplicado no horário normal de aula e o tempo de aplicação foi de aproximadamente 50 minutos (Aula 1).

A análise das respostas ao pré-teste nos permitiu organizar os dados em quatro categorias: Concepções Científicas (CC), Concepções não-Científicas (CNC), Concepções parcialmente Científicas (CPC) e Respostas em Branco (RB). O pré-teste foi aplicado imediatamente antes da primeira atividade experimental da Sequência Didática.

#### 4.2.2 Aula 2- Energia cinética

Nesta aula os estudantes fizeram uma atividade experimental sobre energia cinética. Foi apresentada inicialmente a seguinte situação problema:

**Situação-problema 1:** *Um veículo parado em uma rua inclinada sofre uma pane mecânica, perdendo os freios. Ao final da descida há outro veículo e inevitavelmente acontece a batida entre eles. O segundo veículo é empurrado por vários metros, com o primeiro engatado a ele.*

<sup>7</sup> As aulas numeradas de 2 a 12 fazem parte da Sequência Didática (SD) e serão detalhadas no próximo tópico.

Aos alunos foi sugerido que identificassem se as variáveis e as características do sistema (rampa, bolinhas de aço grandes e pequenas, transferidor, régua ou fita métrica e pequena caixa de papelão) interfeririam diretamente na distância que a caixa de papelão/bolinha de aço seria deslocada.

**Figura 7** - Material referente ao experimento sobre energia cinética.



Fonte: Acervo pessoal.

Usando os materiais disponíveis solicitou-se que os alunos identificassem quais variáveis e características do sistema interferem diretamente na distância em que o sistema será arrastado. A caixa de papelão faz as vezes do veículo ao final da rampa e, portanto, as variáveis estão vinculadas ao primeiro veículo.

A situação-problema abarca conceitos de conservação do momento linear e, por consequência, o experimento envolve a questão da conservação do momento linear, tratando-se de uma colisão parcialmente inelástica. Contudo, considerou-se a cultura prevalente dos estudantes, bem como suas concepções prévias, para ponderarem sobre o aumento de massa do sistema quando a bolinha de aço maior fosse usada, assim como a maior velocidade do sistema quanto maior fosse a velocidade inicial da bolinha.

Finalmente constatou-se que duas bolinhas apresentam a mesma velocidade antes das colisões, porém com massas diferentes. A de massa maior, além de acrescentar mais massa ao sistema (caixa de papelão/bolinha de aço), contribuirá para que esse sistema tenha maior velocidade depois da colisão. Depreende-se que uma massa maior e/ou velocidade maior implica em um trabalho, em magnitude, feito pela força de atrito para levar conduzir o sistema ao repouso.

Nesta aula, os alunos foram divididos em três grupos compostos por três ou quatro estudantes. Eles se organizaram por afinidade para se sentirem em situação de maior conforto. Logo após essa divisão foi distribuído um *kit* para cada grupo contendo uma rampa, uma fita métrica, uma régua, duas bolinhas metálicas (pequena e grande), um transferidor e uma caixinha de papel. Em seguida, foi apresentada a eles a situação-problema mencionada no início deste tópico.

Na foto a seguir os estudantes estão realizando a atividade experimental.

**Figura 8** - Estudantes fazendo o experimento sobre energia cinética (Grupo 1).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 9** - Estudantes fazendo o experimento sobre energia cinética (Grupo 2).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 10** - Estudantes fazendo o experimento sobre energia cinética (Grupo 3).



Fonte: Acervo pessoal.

A professora pesquisadora solicitou aos estudantes de cada grupo que preenchessem um quadro (Quadro 2) referente à altura ( $H_1, H_2, H_3...$ ) e o respectivo deslocamento ( $d_1, d_2, d_3...$ ) da caixa após cada bolinha colidir com a mesma.

**Quadro 2** - Altura *versus* alcance Deslocamento

Bolinha maior		Bolinha menor	
$H_1=$	$d_1=$	$H_1=$	$d_1=$
$H_2=$	$d_2=$	$H_2=$	$d_2=$
$H_3=$	$A_3=$	$H_3=$	$A_3=$
$H_4=$	$A_4=$	$H_4=$	$A_4=$
$H_5=$	$A_5=$	$H_5=$	$A_5=$
$H_6=$	$D_6=$	$H_6=$	$D_6=$

Fonte: Autora.

Posteriormente, procuramos tecer detalhes sobre o experimento que seria realizado.

#### 4.2.3 Aula 3 – Energia cinética e o cotidiano

Nesta aula foi trabalhado o texto sobre o funcionamento do *Kinetic Energy Recovery Systems – KERS*<sup>8</sup>. Para tanto, propus aos estudantes a leitura do mesmo, de modo que cada um teve a oportunidade de lê-lo em alta voz, participando de maneira ativa desta atividade. Os estudantes debateram sobre as ideias contidas no texto e a professora pesquisadora atuou como mediadora da discussão realizada. Esta atividade teve como intuito fazer com que os estudantes relacionassem os conceitos de Energia Cinética e suas aplicações no cotidiano. Este tipo de debate fomenta e incentiva o desenvolvimento do pensamento crítico e traz como pano de fundo a ideia de que os estudantes possam vir a se posicionar de maneira informada diante de processos que envolvem a produção do conhecimento científico-tecnológico e suas consequências sobre a sociedade (AULER, 2002; STRIEDER, 2012; SCHEPPER, 2014; SCHEPPER; SILVA; MENEZES, 2018), o que está estritamente relacionado com o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

<sup>8</sup> Disponível em: <<http://www.autoracing.com.br/f1-como-funciona-o-kers/>>. Acesso em: 2 jun. 2018.

Ainda nesta aula, os alunos assistiram ao vídeo *Como gerar energia jogando futebol*<sup>9</sup>. Assim como o texto, esse vídeo também procurou contextualizar os conceitos de Energia Cinética. Nele foi apresentado um projeto da Shell no qual em partidas de futebol eletricidade é gerada pelo movimento dos jogadores. Conforme a reportagem<sup>10</sup>, são usadas placas subterrâneas para captação de energia cinética e placas solares nas laterais do campo. Durante os jogos, eletricidade suficiente foi gerada para acender refletores que iluminam o espaço à noite. Esse projeto transforma partidas de futebol em fonte limpa de energia elétrica. A iniciativa é aplicada em um dos campos do Morro da Mineira, no Rio de Janeiro.

Os estudantes ficaram admirados com uma aplicação tão próxima a eles e conseguiram estabelecer o vínculo com a teoria e a aplicação no dia a dia.

No capítulo 5, referente à discussão e análise dos resultados, faremos uma explanação mais aprofundada desta intervenção em sala de aula.

#### 4.2.4 Aula 4 - Formalização do conceito de Energia Cinética

Nesta aula, foi explicado aos alunos que formalizaríamos o conceito de Energia Cinética com os resultados observados no experimento de Energia Cinética. A aula em questão seguiu uma abordagem expositiva-dialogada, em que foi realizada a demonstração da equação da Energia Cinética. Nela, os alunos tiveram a oportunidade de expor suas concepções a respeito do que estava sendo trabalhado no quadro sobre a dedução daquela equação.

Do ponto de vista qualitativo, os estudantes observaram que, quanto maior a massa da bolinha, maior é o arrastamento da caixinha; e, quanto maior a altura que a bolinha desce, maior é a velocidade com que ela atinge a caixinha, gerando um deslocamento maior.

Pelo viés quantitativo, realizamos a dedução que se segue:

Foi considerado que a força de atrito cinético ( $f_{at}$ ) é a resultante do sistema carro/caixa e esta pode ser considerada constante. Utilizando os resultados do trabalho de uma força constante e contrária ao deslocamento, temos:

$$f_{at} = R = m \cdot a \rightarrow W = m \cdot a \cdot \Delta s$$

<sup>9</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=N0j-I514AxQ>>. Acesso em: 2 jun. 2018.

<sup>10</sup> Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/10/campo-de-futebol-no-rio-transforma-energia-de-partidas-em-eletricidade.html>>. Acesso em: 2 jun. 2018.

Em que  $f_{at}$  é a força de atrito cinético;  $R$  é a resultante das forças;  $m$  é a massa da bolinha;  $a$  é a aceleração da bolinha;  $W$  é o trabalho realizado pela força de atrito cinético;  $\Delta s$  é o deslocamento da caixinha.

Levando-se em conta que o movimento feito é do tipo retilíneo uniformemente variado, a velocidade muda linearmente com o passar do tempo. Tomando então a equação de Torricelli, temos:

$$v^2 = v_0^2 - 2a\Delta s \rightarrow -a\Delta s = \frac{v^2 - v_0^2}{2} \rightarrow m(-a \cdot \Delta s) = m \frac{v^2 - v_0^2}{2} \rightarrow$$

$$\rightarrow -ma\Delta s = m \frac{v^2 - v_0^2}{2} \rightarrow f_{at} (-\Delta s) = \frac{mv^2 - mv_0^2}{2} \rightarrow$$

$$\rightarrow -w = \frac{mv^2 - mv_0^2}{2} \rightarrow -w = \Delta E_c$$

Destacamos a relação do trabalho com a variação de energia, no caso identificada como cinética. Podemos obter a expressão da energia cinética mostrando que massa e velocidade são grandezas que caracterizam esta energia.

Apesar de ter sido uma aula basicamente expositiva-dialogada, procurou-se estimular o pensamento dos estudantes através de questionamentos, procurando construir, do ponto de vista formal (matematicamente), as ideias que subjazem o conceito de energia cinética. É importante sinalizar que os estudantes participaram ativamente da discussão e da demonstração feita em sala de aula.

No próximo tópico, procuraremos detalhar o experimento sobre energia potencial gravitacional em sala de aula.

#### 4.2.5 Aula 5 - Energia potencial gravitacional

Nesta aula foi realizado um experimento que teve como objetivo abordar noções de trabalho realizado pela força peso e relacioná-lo com a energia potencial gravitacional. Para tanto, foi lançada aos estudantes a seguinte situação-problema:

**Situação-problema 2:** *Uma construtora pretende construir um conjunto de prédios. Para fazer a obra é necessário cuidar do alicerce, que é a base da construção. Os operários precisaram utilizar um bate-estaca, que é um dispositivo usado para a execução de fundações no ramo da construção civil. Este dispositivo serve para fincar estacas no solo, sendo pré-moldadas em concreto, metálicas, etc. O bate-estacas é formado de uma torre o levanta (o peso que recebe o nome de martelo) que ao cair sobre a estaca devido a gravidade, tende a cravá-la no solo.*

Foi entregue aos alunos os seguintes materiais: lápis, funil pequeno, bolinhas de aço grandes e pequenas, copo com areia, régua e fita métrica, com o intuito de que fizessem uma analogia entre a situação-problema exposta e o experimento que iriam realizar.

**Figura 11** - Material usado no experimento sobre energia potencial gravitacional.



Fonte: Acervo pessoal.

O lápis preso ao funil pequeno faz o papel de estaca; o copo com areia representa o solo; as bolinhas de aço representam o peso ou martelo.

Os estudantes, reunidos em grupos de três a quatro integrantes, foram orientados a abandonar de alturas diversas as bolinhas sobre o martelo e medir quanto do lápis foi introduzido na areia. Solicitou-se que eles abandonassem de alturas diferentes a bolinha para que eles percebessem a relação entre a altura que foi abandonada e o quanto o lápis foi fincado na areia. Com a régua, os estudantes puderam medir a profundidade que o lápis atingiu. Pedi também para eles abandonarem de uma mesma altura bolinhas de massas diferentes para que eles percebessem que a massa também interfere no quanto o lápis é enterrado na areia.

**Figura 12** - Grupo de estudantes realizando o experimento sobre energia potencial gravitacional (Grupo 1).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 13** - Grupo de estudantes realizando o experimento sobre energia potencial gravitacional (Grupo 2).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 14** - Grupo de estudantes realizando o experimento sobre energia potencial gravitacional (Grupo 3).



Fonte: Acervo pessoal.

Por fim, conversando com os grupos de alunos, eles relataram notar o vínculo entre “massa/profundidade do lápis” e “altura/profundidade do lápis”, concluindo satisfatoriamente a relação entre as grandezas constantes na equação  $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$

Durante o experimento que os grupos realizaram, foi solicitado aos estudantes que preenchessem um quadro (Quadro 3) atinente à altura ( $H_1, H_2, H_3 \dots$ ) a partir da qual foi abandonada a bolinha e à respectiva profundidade atingida pelo lápis ( $p_1, p_2, p_3 \dots$ ) após ser atingido pela bolinha.

**Quadro 3** - Altura versus profundidade

Bolinha maior		Bolinha menor	
$H_1 =$	$p_1 =$	$H_1 =$	$p_1 =$
$H_2 =$	$p_2 =$	$H_2 =$	$p_2 =$
$H_3 =$	$p_3 =$	$H_3 =$	$p_3 =$
$H_4 =$	$p_4 =$	$H_4 =$	$p_4 =$
$H_5 =$	$p_5 =$	$H_5 =$	$p_5 =$
$H_6 =$	$p_6 =$	$H_6 =$	$p_6 =$

Fonte: Autora.

É importante frisar que, durante todo o desenvolvimento do experimento, percebeu-se nos estudantes motivação (alegria), envolvimento, empenho, etc., que não haviam sido notados em aulas expositivas que ministradas em outros momentos. Isso insinua e reforça a ideia de que aulas experimentais devem ser mais exploradas dentro da escola (GASPAR, 2005).

#### *4.2.6 Aula 6 – Energia potencial gravitacional e o cotidiano*

Nesta aula foi realizada a leitura em alta voz do texto *Energia Hidrelétrica* (Apêndice C), feita pela professora pesquisadora e os estudantes. Este texto trata sobre o funcionamento das usinas hidrelétricas. O objetivo foi relacionar o conceito com situações cotidianas dos estudantes.

No decorrer da leitura foram promovidas reflexões a respeito da importância da utilização da energia hidrelétrica na sociedade em geral, particularmente no dia a dia dos estudantes. Neste momento, várias questões foram levantadas, sinalizando que conceberam a ideia de que a energia hidrelétrica está em todos os âmbitos da sociedade, seja no *notebook* utilizado para estudo e entretenimento, no aparelho de telefonia celular, na geladeira, na televisão, entre outros.

Entre a leitura de um trecho e outro, os alunos começaram a associar a energia hidrelétrica e a forma com que ela é “gerada” com os conceitos abordados outrora em sala de aula. Um dos alunos levantou um questionamento interessante, perguntando se a altura da queda da água interferia na “geração” da energia hidrelétrica. Instantaneamente uma aluna respondeu dizendo que sim. Como mediadora, a professora pesquisadora mencionou que ela estava correta, porém não explicou detalhadamente, pois a formalização do conceito iria ocorrer na aula seguinte. Cabe ressaltar que, até então, o conceito de energia potencial gravitacional não havia sido formalizado.

Destaca-se o fato de que todos os alunos participaram motivada e ativamente da discussão do texto, entendendo que existe vínculo estreito entre a tríade Ciência-Tecnologia-Sociedade, que perpassa, especialmente, o cotidiano desses alunos. A reflexão feita com eles também levou em consideração a questão do uso consciente da energia elétrica e isso ficou bastante claro na fala dos estudantes, o que insinua a relevância de lidar com textos e discussões sobre questões que envolvem temas do

dia a dia dos estudantes, uma vez que estes têm como dever presar pela cidadania (SCHEPPER e SILVA, 2017b).

#### 4.2.7 Aula 7- Formalização da equação de energia potencial gravitacional

Nesta aula retomou-se a atividade experimental realizada na Aula 5 (experimento sobre trabalho da força peso relacionando com energia potencial gravitacional). Entregou-se aos estudantes as anotações feitas por eles na Aula 5 com o objetivo de lembrá-los que a massa da esfera e a altura a partir da qual esta fora abandonada interferiria na profundidade com que o lápis foi enterrado na areia.

A partir deste ponto, procurou-se estabelecer relações entre o experimento que realizaram em sala de aula (Aula 5) e a queda da água nas usinas hidrelétricas, levando-os a notar que a energia potencial gravitacional é uma grandeza física que depende da altura, da massa, bem como da aceleração da gravidade local.

Em seguida, iniciou-se um diálogo com os alunos buscando esclarecer qualitativamente o vínculo entre trabalho, força e deslocamento (altura). A professora pesquisadora levantou o questionamento sobre a relação entre trabalho e energia da seguinte forma: “Existe alguma relação entre trabalho e energia? Será que eu posso dizer que o trabalho da força peso é igual à energia potencial gravitacional?”. Os estudantes responderam, sinalizando que compreenderam a relação entre aquelas grandezas. Posteriormente, foi demonstrada matematicamente no quadro a equação  $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$ . É importante ressaltar que, ao longo da demonstração, foram feitas perguntas para estimular a participação dos estudantes. Eles responderam interessada e motivadamente as perguntas consideradas essenciais para a formalização da equação que associa energia potencial, aceleração da gravidade local e altura. Essa formalização foi concretizada na maneira que segue:

$$T = F \cdot d$$

Sendo:  $F = \text{Peso}$

$$P = m \cdot g \quad \text{e} \quad d = h$$

Portanto:

$$T = m \cdot g \cdot h$$

Como já havia sido definido que o trabalho da força peso é igual a energia potencial gravitacional, chegou-se na seguinte equação:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

Em que:  $E_{pg}$  é a energia potencial gravitacional;  $m$  é a massa do corpo;  $g$  é a aceleração da gravidade local;  $h$  é a altura na qual o corpo se encontra em relação a um referencial.

Durante todo o processo dessa demonstração, destaca-se que os estudantes ficaram envolvidos.

#### 4.2.8 Aula 8 – Energia potencial elástica

Com um brinquedo muito conhecido entre as crianças chamado estilingue ou funda ou bodoque (Figura 15), esta aula foi iniciada apresentando-o aos estudantes com o objetivo de expor a eles mais uma atividade experimental. Esse brinquedo serve para arremessarmos pequenos projéteis (pedrinhas). No âmbito desta discussão, usamos o estilingue com intuito de aproximar as noções ligadas à energia potencial elástica ao cotidiano dos estudantes.

**Figura 15** - Estilingue



Fonte: Nordeste Artesanatos [Extraído de: Google Imagens]<sup>11</sup>. Acesso em:

Contudo, para a presente aula, adaptou-se a ideia do estilingue elaborando um experimento o qual se denomina de “canhão elástico” (Figura 16).

<sup>11</sup> Disponível em: <<http://d26lpennugtm8s.cloudfront.net/stores/111/203/products/estilingue1-5acb529aeed773b6b915131675000401-640-0.jpg>> . Acesso em: 30 jun. 2018.

**Figura 16** - Materiais utilizados no experimento sobre energia potencial elástica



Fonte: Acervo pessoal.

Os estudantes precisaram encaixar o elástico entre dois ganchos fixos em uma tábua de madeira, formando assim um estilingue. O projétil foi um cano de PVC que precisou passar por um cilindro reto de papelão cortado ao meio ligado a tábua (ver Figura 12).

Logo após a apresentação dos materiais contidos na figura acima, foi explicado aos estudantes que iríamos realizar uma atividade experimental sobre energia potencial elástica. Foi pedido aos estudantes para se organizarem em grupos de três ou quatro membros. Para consecução dessa atividade foi entregue aos grupos dois tipos diferentes de elásticos; um possuía constante elástica maior que o outro. Foi solicitado aos estudantes que eles efetuassem, no mínimo, seis deformações ( $X_1, X_2, \dots$ ) com cada elástico e que medissem com a régua essas deformações, a fim de se fazer seis arremessos do projétil (pedaço de cano de PVC). Solicitei que medissem com uma fita métrica o alcance horizontal ( $A_1, A_2, \dots$ ) desse projétil e preenchessem a tabela apresentada a seguir:

**Quadro 3-** Deformação *versus* alcance

Elástico 1		Elástico 2	
X <sub>1</sub> =	A <sub>1</sub> =	X <sub>1</sub> =	A <sub>1</sub> =
X <sub>2</sub> =	A <sub>2</sub> =	X <sub>2</sub> =	A <sub>2</sub> =
X <sub>3</sub> =	A <sub>3</sub> =	X <sub>3</sub> =	A <sub>3</sub> =
X <sub>4</sub> =	A <sub>4</sub> =	X <sub>4</sub> =	A <sub>4</sub> =
X <sub>5</sub> =	A <sub>5</sub> =	X <sub>5</sub> =	A <sub>5</sub> =
X <sub>6</sub> =	D <sub>6</sub> =	X <sub>6</sub> =	D <sub>6</sub> =

Fonte: Autora.

Durante a realização desse experimento os estudantes perceberam que o tipo de elástico e a deformação sofrida por ele eram dois fatores que interferiam no alcance do projétil. Cabe fazer destacar que, ao longo da experimentação, foram feitos questionamentos com o intuito de levar os estudantes a refletirem a respeito da relação “deformação/ alcance” e “tipo de elástico/ alcance”.

É importante mencionar que, ao longo da experimentação, os estudantes manifestaram empenho e muita motivação, trabalhando de forma descontraída e alegre. Os alunos ficaram tão eufóricos que demonstraram vontade de ficar muito além do horário previsto para esta aula. Foi necessário interrompê-los e encerrar as atividades, uma vez que o experimento já havia sido realizado.

Ressalta-se que essa atividade experimental precisou ser realizada em um local reservado do colégio. Para esta aula, foi utilizado um corredor que precisou ser fechado para execução do experimento, uma vez que, caso contrário, outros alunos poderiam se ferir com o projétil a ser lançado. Nesse sentido, sinaliza-se que o professor deve ter certa cautela ao executar essa atividade em sala de aula.

A figura abaixo mostra um grupo de estudantes fazendo o experimento supracitado.

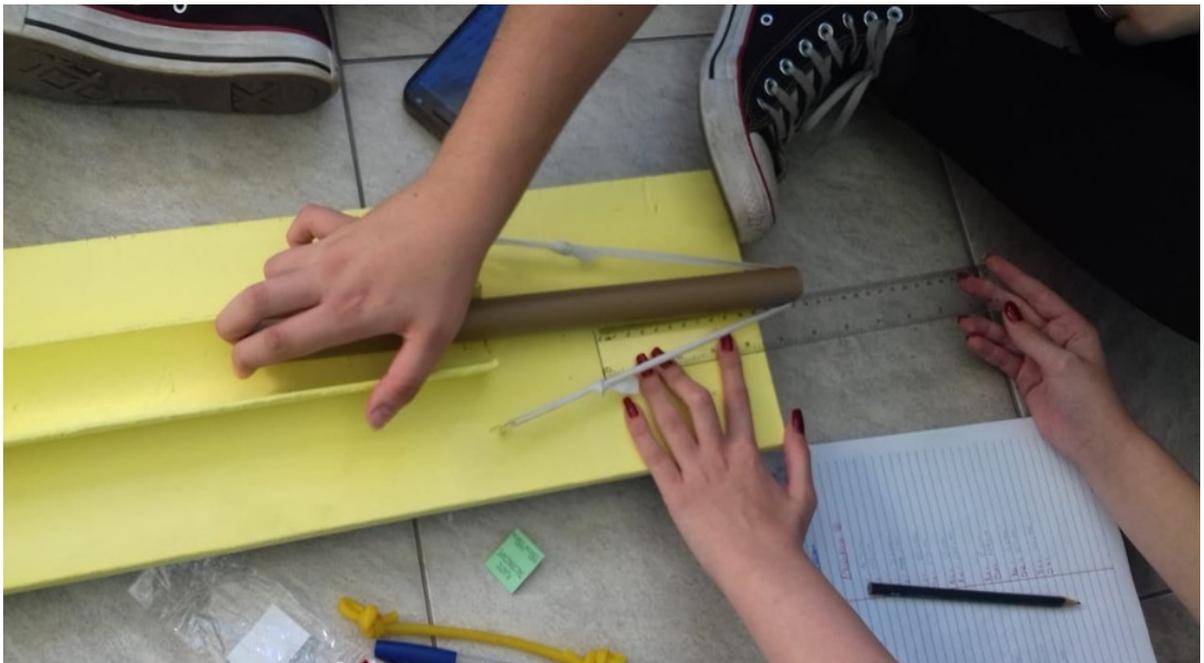
**Figura 17** - Alunos realizando experimento sobre energia potencial elástica (Grupo 1).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 18** - Alunos realizando experimento sobre energia potencial elástica (Grupo 2)

Fonte: Acervo pessoal.



**Figura 19** - Alunos realizando experimento sobre energia potencial elástica (Grupo 3).



Fonte: Acervo pessoal.

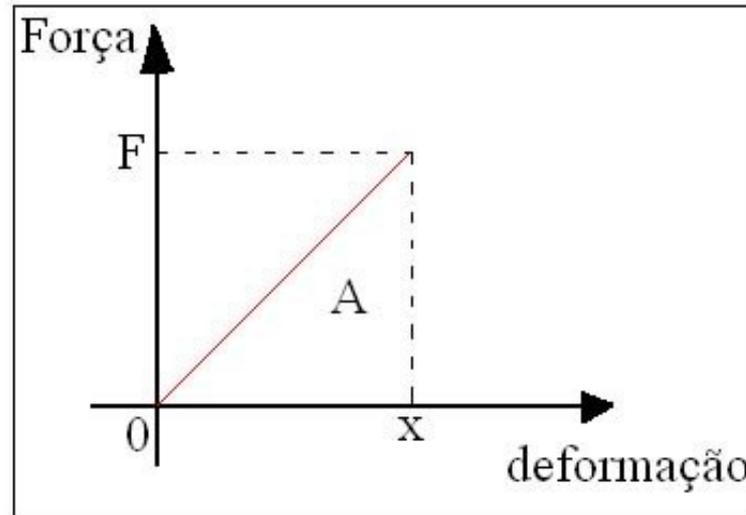
No próximo tópico, detalharemos a Aula 9 na qual procurou-se formalizar matematicamente a relação entre a energia potencial elástica, a deformação sofrida pelo elástico e a constante elástica do material a ser deformado.

#### *4.2.9 Aula 9 – Formalização da equação de energia potencial elástica*

Esta aula foi iniciada com a entrega do quadro “Deformação *versus* Alcance”, que os estudantes preencheram na Aula 8. Para dar prosseguimento à aula, retomou-se algumas constatações a que os próprios estudantes chegaram, isto é, o vínculo entre “deformação/ alcance” e “tipo de elástico/ alcance”. Nessa perspectiva, enfatizou-se que a força elástica é diretamente proporcional à deformação sofrida pelo elástico. Assim, foi construído um gráfico (Gráfico 2) mostrando que, quanto

maior for a deformação, maior será a força elástica, explicitando a relação de proporcionalidade entre essas duas grandezas em dado limite.

**Gráfico 2** - Força elástica *versus* Deformação



Fonte: Extraído de *Alunos Online* [site Uol]<sup>12</sup>.

Feito isso, principiou-se a demonstração da seguinte forma: numericamente, a área sob a reta do gráfico (área de um triângulo) é igual ao trabalho realizado pela força elástica. Daí,

$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

Sendo:

$A$  a área do triângulo;  $b$  a base do triângulo;  $h$  a altura do triângulo.

Neste caso, podemos identificar o  $b$  com a deformação  $x$  do elástico e  $h$  com a força elástica  $F$ . Então,

$$W = \frac{F \cdot x}{2} \quad (I)$$

Lembrando que pela Lei de Hooke,  $F = k \cdot x$  (II).

Sendo  $k$  a constante elástica do elástico e  $x$  a deformação sofrida por ele.

Substituindo a equação (II) na equação (I), teremos a seguinte equação:

$$W = \frac{k \cdot x^2}{2} \quad (III)$$

<sup>12</sup> Disponível em:

<[https://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo\\_legenda/lei%20de%20hooke.jpg](https://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo_legenda/lei%20de%20hooke.jpg)>. Acesso em: 5 de jul. 2018.

De (III) depreende-se que  $E_{pot} = \frac{k \cdot x^2}{2}$ , ou seja, o trabalho realizado pelo elástico equivale à energia potencial elástica.

#### 4.2.10 Aulas 10 e 11 – Conservação de Energia Mecânica

Nestas aulas a professora pesquisadora trabalhou com uma atividade experimental pelo viés do Ensino por Investigação (EI), lembrando que foi necessário o desenvolvimento das práticas experimentais realizadas nas aulas 2, 5 e 8 para o desenvolvimento da atividade realizada nestas aulas. Cabe sinalizar que, para a realização deste experimento, foram utilizadas duas aulas germinadas de 50 minutos.

Ao longo da atividade experimental denominada os estudantes tiveram a liberdade de levantar hipóteses, elaborar um plano de trabalho, coletar dados e concluíram a respeito do que estavam investigando, o que configura o GRAU IV (PELLA, 1969 *apud* CARVALHO, 2010)<sup>13</sup>.

Ressaltamos que os alunos receberam a orientação de que uma bolinha ao descer o trilho do experimento teria que acertar a cestinha. Era necessário que eles criassem estratégias para que conseguissem alcançar este objetivo. Os estudantes tiveram total autonomia para manipularem o experimento, o qual denominamos “O problema da cestinha”, cuja montagem é apresentada na figura a seguir.

---

<sup>13</sup> Cf. Quadro 1, p. 19.

**Figura 20** - “O problema da cestinha”



Fonte: Acervo pessoal.

É importante destacar que, a parte inferior desse experimento (a canaleta ligada à cestinha) poderia ser ajustada pelos estudantes de tal maneira que a bolinha ao descer o trilho (parte branca superior da Figura 14) atingisse a cestinha.

Na figura abaixo os estudantes estão realizando o experimento relacionado ao “O problema da cestinha”.

**Figura 21** - Alunos realizando experimento sobre conservação de energia (Grupo 3).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 22** - Alunos realizando experimento sobre conservação de energia (Grupo 2).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 23.** Alunos realizando experimento sobre conservação de energia (Grupo 3).



Fonte: Acervo pessoal.

Ao começar a atividade, os estudantes perceberam que a altura na qual a bolinha era abandonada era um fator importante para que o objetivo fosse atingido.

Aqui frisamos que, embora o experimento fosse o mesmo para todos os grupos, estes elaboraram estratégias diferentes para alcançar o objetivo que fora mencionado nestas aulas, a saber, fazer com que a bolinha após descer a rampa atravessasse a cestinha.

#### 4.2.11 Aula 12 - Conservação da Energia Mecânica e o Cotidiano

Nesta aula a professora pesquisadora fez uma breve retomada dos conceitos trabalhados nas aulas anteriores. Em seguida, foram mostrados dois vídeos que tinham como pano de fundo a noção de conservação de energia aplicada ao cotidiano dos estudantes. Logo após a mostra do vídeo, procurou-se estimular o pensamento dos alunos para que estabelecessem a relação entre a conservação da energia mecânica e sua aplicação.

O primeiro vídeo tinha como título o *Loop Humano*<sup>14</sup>. Nele, uma pessoa tenta completar uma volta completa em um *loop*. Para que ela realize uma volta inteira sem perder o contato, é necessária uma quantidade de energia mínima de modo que o objetivo seja atingido.

Os estudantes entenderam que, para a pessoa conseguir dar a volta completa, ela deveria ter dada energia mecânica ao entrar no *loop*, correlacionando adequadamente a ideia entre energia cinética, que é função também da velocidade, e a energia potencial gravitacional (que também tem vínculo com a altura, especialmente do *loop*). Em outras palavras, os estudantes compreenderam que há conservação da energia mecânica.

O segundo vídeo foi sobre a maior montanha russa do mundo<sup>15</sup>. Nele, em dados trechos da montanha, as pessoas que estavam divertindo-se no brinquedo eram submetidas a alturas relativamente grandes. A partir daí, o carrinho em que estavam deslocava-se para baixo tendo velocidade inicial praticamente nula e, à medida que descia, sua velocidade aumentava gradativamente. Neste ponto, os estudantes observaram com bastante clareza que a energia potencial gravitacional converte-se em energia cinética.

---

<sup>14</sup> O vídeo pode ser encontrado no link: <<https://www.youtube.com/watch?v=OTcduUcEJ4&t=45s>> acessado em 12 jul. 2018.

<sup>15</sup> O vídeo pode ser encontrado no link: <[https://www.youtube.com/watch?v=O\\_GeQySmUfU](https://www.youtube.com/watch?v=O_GeQySmUfU)> acessado em 12 jul. 2018.

No momento em que o vídeo estava sendo exibido, os alunos notaram com clareza que houve a conversão de energia mecânica, uma vez que externaram através de palavras o fato de que para que o carrinho da montanha russa atingisse altas velocidades, ele precisa ser submetido à grandes alturas.

Os alunos participaram dessa aula ativamente por meio de comentários a respeito dos fenômenos físicos subjacentes aos conceitos que foram abordados no vídeo sobre a montanha russa.

#### *4.2.12 Aula 13 - Formalização dos Conceitos de Conservação da Energia Mecânica*

No início desta aula a professora pesquisadora retomou o experimento da cestinha, lembrando alguns conceitos referentes à conservação da energia mecânica. Para tanto, foram levantados alguns questionamentos de modo a prepará-los para a construção e formalização das noções tangentes à conservação da energia mecânica.

Nesse sentido, foram feitas perguntas do tipo: “No ponto em que a bolinha foi abandonada existia alguma forma de energia? Se a resposta for sim, qual o tipo de energia?”.

À essas indagações, os alunos responderam que tinha energia potencial gravitacional no ponto aludido. Logo após esse momento, a professora pesquisadora fez outro questionamento: “No momento em que a bolinha atingia a cestinha, que estava no ponto considerado altura zero, qual forma de energia ela apresentava?”. Os estudantes responderam que a bolinha apresentava energia cinética. A professora pesquisadora lançou mão de outra pergunta: “Será que a energia potencial gravitacional da bolinha foi zerada e a energia cinética surgiu do nada?”. Os estudantes posicionaram-se dizendo que não, que havia uma relação entre essas duas formas de energia demonstrando um pensamento incipiente de que a energia mecânica conservar-se-ia.

Continuando a aula, a professora pesquisadora retomou aulas 2, 5 e 8 para mostrar a conservação da energia mecânica em cada experimento que fez parte da sequência didática. A partir de então, dirigiu-se à lousa esboçando cada experimento feito nas aulas aqui anteriormente citadas. Em um desses desenhos esboçados, a saber, um plano inclinado referente ao experimento da Aula 2, a professora

pesquisadora marcou dois pontos (um no início do plano inclinado e outro no final). Por um viés quantitativo foi demonstrado que a energia mecânica no ponto mais alto da rampa (energia potencial gravitacional) era igual à energia mecânica no final da rampa (energia cinética), desprezando-se as forças dissipativas.

Em seguida foi esboçado uma bolinha representada em queda livre relacionada ao experimento da Aula 5. Analogamente à Aula 2, aqui também se usou a ideia da conservação da energia mecânica, ou seja, a energia no ponto mais alto da bolinha (energia potencial gravitacional) e igual a energia mecânica quando a bolinha atinge o solo (energia cinética).

Ressalta-se que, ao longo das demonstrações, houve um claro e contínuo diálogo entre a professora pesquisadora e os estudantes, de modo que as ideias essenciais para a compreensão dos conceitos envolvidos com a conservação da energia mecânica fossem levadas a cabo durante a demonstração. Frisamos ainda que as equações utilizadas foram:

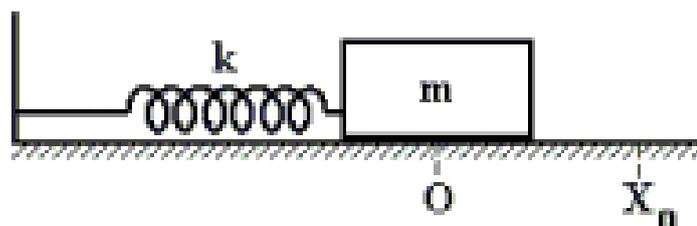
$$E_{M_i} = E_{M_f}$$

$$E_{pg_i} = E_{c_f}$$

Em que:  $E_{M_i}$  representa a energia mecânica inicial,  $E_{M_f}$  representa a energia mecânica final;  $E_{pg_i}$  é a energia potencial gravitacional inicial, e  $E_{c_f}$  significa a energia cinética final.

No momento seguinte, fez-se um esboço conforme a Figura 24, referente ao experimento da Aula 8 (canhão elástico).

**Figura 24** - Sistema massa-mola



Fonte: Física e Vestibular [site]

Junto à turma foram estabelecidas relações entre o sistema massa-mola e o canhão elástico. Para isso, perguntou-se aos alunos se seria possível fazer uma analogia entre o sistema apresentado acima e o canhão elástico. Eles responderam

que sim: “a mola era a representação do elástico e o corpo de massa  $m$  era o pedaço de cano arremessado na atividade experimental”. A partir daí, foi feita a seguinte comparação: “marcaremos um ponto no qual a mola está comprimida (ponto  $x$ ) e outro ponto quando o corpo de massa  $m$  se move com velocidade  $v$  após ter perdido contato com a mola. É interessante notar que, assim que mencionei que a mola estava no ponto  $x$ , os estudantes logo associaram ao elástico sendo deformado na atividade experimental; e, quando disse que o corpo perdeu o contato com a mola, os estudantes inferiram e associaram ao momento do experimento em que o pedaço de cano está sendo arremessado pelo elástico deformado.

Logo após foi feita a seguinte demonstração na lousa:

$$E_{M_i} = E_{M_f}$$

$$E_{p_{el}_i} = E_{c_f}$$

Sendo que:

$E_{M_i}$  representa a energia mecânica inicial;  $E_{M_f}$  representa a energia mecânica final;

$E_{p_{el}_i}$  é a energia potencial elástica inicial, e  $E_{c_f}$  significa a energia cinética final.

Após essa formalização, a conclusão foi alcançada junto aos alunos usando a definição de que quando um sistema está na ausência de forças dissipativas, a energia mecânica se conserva.

#### 4.2.13 Aula 14 - Pós-teste

Nesta aula, buscou-se em princípio esclarecer sobre a importância da participação dos estudantes no que se refere ao questionário que eles responderiam. Este foi idêntico ao questionário aplicado no Pré-teste (Apêndice A). Os alunos compreenderam a relevância dessa aplicação (Pós-teste), porém uma das alunas perguntou se a atividade desta aula estaria valendo alguma nota. A professora pesquisadora respondeu que a participação dos estudantes em toda a sequência foi valorizada e pontuada.

## Capítulo 5

### Análise e discussão dos resultados

Neste ponto elucidamos que o número de participantes da sequência didática foi de 10 estudantes. A amostra de indivíduos que responderam ao questionário no Pré e Pós-teste foi composta exatamente pelos mesmos 10 estudantes que participaram da sequência didática.

Durante a análise dos dados emergiram três grupos distintos de respostas (categorias), que foram classificadas, com base em Schepper *et al.* (2011), da seguinte maneira:

- concepções Científicas (CC): respostas consideradas corretas do ponto de vista físico;
- concepções não Científicas (CNC): respostas incorretas do ponto de vista físico;
- concepções parcialmente Científicas (CPC): respostas que se aproximavam das Concepções Científicas.

No âmbito desta análise, consideraremos separadamente cada uma das questões e atribuiremos a elas as categorias supracitadas. É importante frisar que os excertos extraídos dos textos contidos nas respostas dos estudantes foram transcritos exatamente como responderam, isto é, não foi feito nenhum tipo de correção da Língua Portuguesa com a intenção de preservar fidedignamente as ideias expressas pelos estudantes.

A seguir discutiremos as questões 1, 2 e 3 contidas no questionário do Pré-teste.

#### 5.1 Análise e discussão da Questão 1

Para análise e discussão dos resultados, preservaremos as identidades respectivas de cada estudante utilizando os códigos E1, E2, ..., E10.

A Questão<sup>16</sup> 1 apresenta a seguinte situação: “Em uma partida de futebol, um jogador lança a bola pelo ar em direção ao campo adversário. Nesta situação, qual (ais) tipo (s) de energia (s) que a bola em movimento possui? Explique.”

---

<sup>16</sup> Caso o leitor esteja interessado, ver Apêndice A, no qual encontra-se a Questão 1 na íntegra.

Nesta questão, procurou-se identificar as ideias dos alunos a respeito do tipo de energia envolvida ao longo da trajetória parabólica da bola de futebol. Foi observado que as concepções dos estudantes estiveram distribuídas nas três categorias (Concepções Científicas - CC, Concepções Parcialmente Científicas - CPC, Concepções não Científicas - CNC) comentadas no início deste capítulo. Uma parte minoritária (1 estudante) pôde ser classificada como CC; outra como CNC (5 estudantes); e a última CPC (4 estudantes).

No excerto a seguir, encontra-se a única resposta, cuja ideia pode ser alocada na categoria CC: “energia cinética e potencial, aquela que realiza movimento; tal energia que a bola de futebol possui ao ser arremessada ao campo adversário [...]” (estudante E6).

A estudante E6 conseguiu reconhecer corretamente o fato de que, ao longo da trajetória da bola, as energias mecânicas envolvidas são a energia cinética e a energia potencial gravitacional, o que demonstra que suas ideias prévias estão em consonância com os conceitos físicos que estão presentes na questão.

Em outras situações alguns alunos manifestaram concepções do tipo CNC, o que pode ser notado na resposta da estudante E8: “Inicialmente a bola está em repouso e so se movimenta após ter tido um impulso contra ela, o que é causado pelo chute do jogador no instante em que ele concentra a sua **força** na perna contra o objeto.” (estudante E8, **grifo nosso**).

Como sabido, solicitou-se aos estudantes que identificassem os tipos de energia mecânica ao longo da trajetória da bola. No trecho acima percebe-se que E8 provavelmente não entende o que é o conceito físico de energia ou, em outras palavras, confunde a grandeza física energia mecânica com a grandeza física força.

Concepção semelhante pôde ser verificada na resposta do estudante E10 quando afirma que: “A bola possui um movimento que está em tanto em direção reta quanto na direita e na esquerda ao mesmo tempo, a **força** do jogador fez com que a bola chegasse ao gol ou á outro jogador (que estava longe)” (estudante E10, **grifo nosso**).

De maneira análoga, o estudante E5 refere-se à grande energia como se fosse a grandeza força, o que insinua uma nítida confusão. Logo abaixo, temos as

considerações do aluno a respeito da Questão 1: “A bola possui **energia** na qual a fonte **é a força** e velocidade [...]” (estudante E5, **grifo nosso**)

Em outro momento e em se tratando de uma CNC, a estudante E9 julgou não haver relação alguma entre a situação-problema exposta na Questão 1 e as noções sobre energia mecânica que as subjazem. Acreditando nisso, E9 manifestou-se da seguinte forma: “Em minha opinião, eu não vejo energia alguma relacionada a bola de futebol, pois é uma coisa completamente sem nexo” (estudante E9).

Um outro exmplo de CNC encontra-se no excerto da estudante E3: “O jogador chuta a bola de futebol que é resultante de alguma tipos de energia. Como por exemplo, quando a bola estava parada estava em repouso, ou seja, podemos concluir que sua energia é nula. E ao se movimentar, a bola deixa de estar em repouso e passa a estar em movimento” (estudante E3).

Em relação as concepções da forma CPC, podemos começar expondo a resposta de E4: “Para a bola ser lançada é utilizado a força do jogador para chutar e na hora que a bola está em movimento subindo e na hora que ela está caindo é usado a energia da velocidade e da gravidade por conta que a velocidade aumenta e diminui durante o trajeto” (estudante E4).

É possível perceber que E4 traz consigo a ideia de que para que haja energia potencial gravitacional e cinética, simultaneamente, é preciso ter variação da velocidade.

Em outro excerto a estudante E2 se posiciona da seguinte maneira manifestando uma concepção também CPC: “A bola em movimento possui dois tipos de energia: a potencial e a gravitacional, já que a bola precisa de força para ir em direção ao campo adversário pelo ar [...]” (estudante E2).

A estudante identifica que a energia relacionada à bola em sua trajetória, porém há a concepção de que, para que haja movimento, é necessário força resultante sobre o objeto, o que é incompatível com a Mecânica Newtoniana e fora verificada por Pregnotatto, Pacca e Toscano (1992).

Os estudantes E1 e E7 também se posicionaram de tal forma que tiveram suas respostas categorizadas como CPC.

Vale mencionar que parte majoritária dos respondentes confundiram os conceitos de energia e força. Esse fato está em consonância com Driver *et al.* (1994), citados por Barbosa e Borges (2006), quando asseveraram que

[...] há uma confusão que é também conceitual que vai além da expressão terminológica quando crianças utilizam os termos força, energia e trabalho. Alguns estudos revistos pelos autores mostram que é comum estudantes utilizarem os termos força e energia como sinônimos e que, quando são capazes de diferenciá-los, fazem-no de forma a manter uma relação entre ambos. Os autores afirmam que há uma vinculação muito forte quando se analisam as noções de energia, força e movimento. Muitas crianças usam o termo força para explicar o movimento de uma esfera em um trilho, nas situações em que cientistas ou professores usariam o termo energia cinética. A literatura sobre o tema indica que antes de estudar o assunto, as crianças são muito propensas a associar energia com o fato de alguns objetos se moverem. Nesse caso, o movimento acontece em virtude da existência de algum tipo de energia, em outros, a energia é confundida com um tipo de força (DRIVER *et al.*, 1994 *apud* BARBOSA e BORGES, 2006, p.194).

Cabe destacar que, embora esses estudantes já tivessem contato no 9<sup>o</sup> ano do Ensino Fundamental, verifica-se que essas concepções espontâneas ainda persistiram, o que traz certa preocupação em reação ao processo de ensino-aprendizagem no Ensino de Física.

## 5.2 Análise e discussão da Questão 2 (primeira parte)

A análise e discussão que se seguem são referentes à Questão 2<sup>17</sup> (parte I): “Antes do salto, ela corre (etapa 1) e em seguida pula para ultrapassar a barra no ponto mais alto da trajetória (etapa 2). No final ela cai sobre um colchão (etapa 3) para não se machucar. Com suas palavras, diga e justifique a (s) energia (s) que a atleta possui em cada etapa do salto.”

Frisamos que essa questão foi dividida em duas partes que serão analisadas e discutidas separadamente.

Observamos que nenhum dos respondentes apresentou a concepção de cariz CC; 6 respondentes foram categorizadas em CNC e o restante ( 4 estudantes) foram enquadrados na categoria CPC.

No trecho que se segue nota-se que a estudante E6 se posicionou com uma noção parcialmente correta CPC diante da primeira parte da Questão 2,

---

<sup>17</sup> Caso o leitor esteja interessado, ver Anexo 1 no qual encontra-se a Questão 2 mais detalhada.

expressando-se da seguinte forma: “A energia potencial é aquela energia que pode ser transformada em cinética, movimento característica principal cinética. Energia é tudo aquilo que pode e deve realizar trabalho e ser transformado dando analogia ao ‘calor’ ” (estudante E6).

Muito embora a estudante tenha demonstrado uma ideia a respeito da transformação e conservação da energia mecânica, ela apresentou dificuldade de interpretar o que fora pedido no comando dessa questão, sinalizando ter dificuldade para compreender a situação-problema exposta.

Outra estudante E2 igualmente demonstrou uma concepção da espécie CPC. Essa situação pode ser notada no excerto a seguir: “Na etapa 1 a atleta adquiriu energia cinética ao correr a distância permitida para ganhar impulso. Na etapa 2 utiliza a vara para “descarregar” sua energia cinética transformando-a em energia potencial que faz a atleta conseguir ultrapassar a barra. Na etapa 3 a **energia gravitacional puxou a atleta para o solo**, também completando a forma de uma parábola” (estudante E2, **grifo nosso**). Não obstante a aluna tenha se manifestado razoavelmente bem na primeira etapa, ela confundiu o conceito de energia com o de força, como se pode ver no trecho destacado.

Apesar de a E2 ter estudado os conceitos de energia mecânica e força no 9<sup>o</sup> ano do Ensino Fundamental, sua resposta à primeira parte da Questão 2 sugere que ainda persiste a cultura prevalente de que força equivale à energia. Aqui concordamos com Castro e Mortale (2012) ao afirmarem que:

A amplitude e a complexidade encontrada no termo, o fato do conceito ser muito observado e utilizado pelos estudantes em linguagem própria do cotidiano, ser diariamente divulgado na mídia ou abordado em livros didáticos de forma superficial, entre outros fatores, acabam por gerar problemas no ensino de energia, tornando-a um dos conceitos mais difíceis de ser ensinado (CASTRO e MORTALE, 2012, p.10).

Ainda em se tratando de uma concepção no viés CPC, encontramos no excerto tangente à aluna E3 a noção abaixo: “Para realizar o salto, a atleta realizou diferentes tipos de energia. Como podemos perceber, na etapa 1 ela **gastou energia** para correr. Na etapa 2, o corpo **gasta menos energia**, ou seja, realiza menos trabalho pelo corpo não estar fazendo esforços. E por último, na etapa 3, o corpo se encontra em repouso” (estudante E3, **grifo nosso**).

Como podemos perceber neste excerto, a estudante E3 parte do pressuposto de que a energia pode ser destruída (gasta). Podemos inferir, portanto, que E3 não

tem a concepção de conservação da energia, especificamente a mecânica. Neste sentido, estamos em consonância com Barbosa e Borges quando afirmam que os

[...] livros, professores, a mídia impressa e a televisão referem-se ao conceito de energia de maneira pouco rigorosa, enfatizando mais as manifestações ou formas de energia, do que o poder explicativo do conceito. 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 plural mesmo, isso sem falar em outros sentidos mais esotéricos. (BARBOSA e BORGES, 2006, p.185).

A estudante E10 enquadra-se na categoria intitulada CPC.

Em relação à concepção da forma CNC, podemos continuar nossa análise a partir da resposta do estudante E1: **“A força do corpo do atleta foi transformada em energia** para o atleta conseguir voltar usando uma força que esta (sic) atuando na vara no salto, e na queda não tem mais apoio e o atleta cai de queda livre, então o atleta usa a energia cinética ao voltar” (estudante E1, **grifo nosso**).

Torna-se evidente no trecho logo acima que E1 não diferencia o conceito de força e o conceito de energia. Outra ideia que pode ser inferida a partir deste excerto é a de que não há a noção de que o que se transforma é a energia em outra forma, e não a força em energia. Esta constatação corrobora os resultados obtidos por Assis e Teixeira (2003).

Já a estudante E9 apresentou CNC, o que pode ser visto no excerto a seguir: “Todos os três eu acho que é a **energia de calor**, pois a atleta necessita fazer muitos “esforços” para praticar o esporte” (estudante E9, **grifo nosso**).

Como podemos notar no trecho logo acima, E9 traz consigo a concepção de que energia mecânica (energia cinética e potencial) equivale à energia térmica (calor).

O estudante E4 expressa uma crença categorizada como CNC, como pode ser percebida no trecho abaixo: “Etapa 1: Ela utiliza a energia das pernas para conseguir correr em direção ao salto. Na etapa 2 ela utiliza mais a energia dos braços para saltar enquanto segura a vara e na etapa 3 é utilizado **a energia da gravidade para que ela caia em direção ao solo**” (estudante E4, **grifo nosso**).

Observamos em E4 que ele não foi capaz de identificar ou classificar as formas de energia envolvidas na primeira parte da Questão 2, a saber, energia cinética e potencial. É possível conjecturar que E4 também confunde a grandeza

energia mecânica com a grandeza força, como pode ser notado no trecho destacado logo acima. Encaixam-se na categoria CNC também as respostas dos estudantes E5, E8 e E7.

É perceptível que, em grande parte das respostas dadas pelos estudantes, eles confundem energia mecânica com força, enquanto outros estudantes sequer apresentam uma noção satisfatória do conceito de energia mecânica.

### 5.3 Análise e discussão da Questão 2 (segunda parte)

A análise e discussão seguintes correspondem à segunda parte da Questão 2: “A quantidade de energia que a atleta tinha antes do salto é igual à energia que ela possui ao cair sobre o colchão? Despreze as forças de atrito e resistência do ar. Justifique sua resposta.”

Todos os estudantes apresentaram concepções do tipo CNC, ou seja, nenhum expôs concepções das categorias CC e CPC.

Na categoria CNC obtivemos dois agrupamentos de respostas. Um deles esteve vinculado à ideia de que a energia da atleta não se conservaria, o que pode ser verificado no posicionamento da estudante E2: “A quantidade de energia na etapa 1 **não é a mesma** da etapa 3, pois ao correr se tem mais energia e quando está em “queda livre” só tem a gravidade puxando para o solo” (estudante E2, **grifo nosso**).

No excerto acima, percebe-se com clareza que E2 não leva em consideração que a energia total deveria se conservar. Isso pode ser notado nitidamente quando a estudante E2 afirma categoricamente que a energia “não é a mesma”.

Igualmente a estudante E3 se expressa não julgando que houve a conservação da energia, como é possível ver no trecho seguinte: “A quantidade de energia que a atleta tinha antes do solo não é igual a energia que ela possui ao cair sobre o colchão, já que ao se preparar para o salto, a atleta estava realizando maior trabalho, e quando caiu no chão, a atleta estava em repouso e o seu trabalho diminuiu” (estudante E3, **grifo nosso**).

De maneira análoga a estudante E6 apresenta a mesma crença de que a energia na situação apresentada não se conserva, como podemos ver a seguir: “**não é igual**, no começo ele tinha uma quantidade muito significativa de diferença,

mesmo sem possuir força de atrito e resistência (sic) do ar.” (estudante E6, **grifo nosso**).

Importa-nos dizer que 7 dos estudantes que responderam essa parte da Questão 2 manifestaram a ideia de que não houve conservação da energia mecânica na situação-problema. Nessa perspectiva, alinhamos nosso pensamento com Driver e Warrington (1985) citados por Barbosa e Borges (2006) ao ponderarem que a

[...] compreensão e o uso do conceito de energia e de sua conservação na explicação de fenômenos e resolução de problemas são complicados. Uma das fontes prováveis de tais dificuldades é que, conforme as pesquisas em ensino de ciências apontam, os estudantes têm hábitos pouco desenvolvidos de pensar acerca de sistemas, eventos e processos [...]. O ensino das ciências em toda a educação básica pouco contribui para promover esses hábitos e o resultado é que os estudantes aprendem a usar rótulos para falar de situações e fórmulas para resolver exercícios, sem entender o significado da energia, desenvolver hábitos de usá-lo na construção de explicações e conseguir desenvolver modelos mais sofisticados acerca do conceito. (DRIVER e WARRINGTON, 1985 *apud* BARBOSA e BORGES, 2006, p.185).

No segundo agrupamento de respostas dentro da categoria CNC, observou-se entre os alunos que, como em outras situações, ocorreu a confusão entre o conceito de energia e o conceito de força. Isso pode ser observado em E4: “Não, pois ela usou uma certa **força** para saltar e logo depois que ela caiu ela já não tinha a mesma **força** e o mesmo fôlego que antes dela voltar, então ela não tinha a mesma **energia** que antes” (estudante E4, **grifo nosso**).

O excerto acima traz em si a nítida noção de que E4 também confunde o conceito de energia mecânica com o conceito de força, o que pode ser observado igualmente nos estudantes E10, E9, E7 e E5. Destacamos ainda que os estudantes E1 e E8 têm suas concepções categorizadas como CNC nas quais demonstram não compreender a noção da conservação da energia mecânica.

A seguir daremos continuidade à análise e discussão dos resultados obtidos no Pré-teste, referente à Questão 3.

#### 5.4 Análise e discussão da Questão 3

A discussão e análise seguintes referem-se à Questão 3 <sup>18</sup>: “No momento que o menino deforma o elástico do arco juntamente com a flecha, há algum tipo de

<sup>18</sup> A Questão 3 encontra-se na íntegra no Apêndice A.

energia? Se a resposta for sim, para onde foi a energia deste início após a flecha ser lançada? Explique com suas palavras”.

Destacamos que nesta questão o número de concepções CC, CNC e CPC foram, respectivamente, iguais a 3, 3 e 4 estudantes.

Iniciemos com a categoria de respostas do tipo CC, a qual pode ser exemplificada no excerto a seguir: “No momento em que o menino deformou o arco juntamente com a flecha, uma quantidade de energia ficou acumulada no arco, após o lançamento da flecha a energia que estava no arco foi **passada** para a flecha.” (estudante E5, **grifo nosso**).

A colocação de E5 evidencia que ele conseguiu identificar corretamente a presença de energia quando o elástico do arco foi deformado. Nesta mesma colocação, E5 insinua ter compreendido o processo de transformação ou conservação (“passada”) da energia.

Outro exemplo de concepção pelo viés CC pode ser percebido através da expressão da estudante E6: “No momento em que o menino deforma o elástico do arco juntamente com a flecha, tem energia envolvida, aquela que é responsável por realizar o trabalho de ser arremessada, a energia foi **arremessada** para o arco.” (estudante E6, **grifo nosso**). É possível notar que, embora o estudante E6 não use um vocabulário corrente entre os físicos, ele entende que houve a conservação da energia mecânica no processo descrito na Questão 3.

Tratando-se de concepções CPC, temos um exemplo no excerto da estudante E8: “A **força** usada para puxar o elástico do arco gera impulso no lançamento da flecha, contudo a energia se concentra totalmente na flecha e seu percurso ganha velocidade.” (estudante E8, **grifo nosso**).

Não obstante E8 tenha mencionado em sua fala a palavra energia, esta não foi evidenciada no momento atinente ao estiramento do elástico. Nessa questão foi perguntado ao respondente se havia algum tipo de energia no momento em que o elástico do arco foi deformado. No entanto, aparentemente, a estudante E8 identificou a grandeza energia com a grandeza força. Apesar de que há uma força elástica se manifestando, não foi o que solicitamos na primeira pergunta dessa questão. Em outras palavras, E8 possivelmente confundiu o conceito de energia mecânica com o de força.

Semelhantemente a E8, ficou patente na resposta da estudante E10 a noção de que esta troca o conceito de energia com o conceito de força: “Sim, a **força**

utilizada foi quando o menino puxou o elástico para lançar o arco, quando ele soltou o elástico do arco teve, uma **força** maior alcançando a árvore, ou seja, teve a **força** do garoto e do arco (flecha), quase alcançando o menino que estava amarrado na árvore, (potencial e sinética, [sic])” (estudante E10, **grifo nosso**).

Outra concepção categorizada como CPC pode ser vista pela resposta dada pela estudante E3: “No momento em que o menino deforma o elástico do arco com a flecha, podemos observar um tipo de energia o personagem realiza energia para atirar a flecha, são reações metabólicas de quebra de moléculas que resultam nesta energia. **Além de obter a energia metabólica, a flecha também realizou um tipo de energia onde ela saia de um repouso para se movimentar**” (estudante E3, **grifo nosso**).

Podemos inferir da fala da estudante E3 que ela não soube identificar corretamente a energia mecânica implícita na tirinha (Anexo 1), confundindo energia mecânica com energia associada a processos metabólicos.

Na categoria de concepções CNC, encontramos o posicionamento da estudante E9 ao se expressar da seguinte forma: “Sim, assim que a flecha foi lançada, a energia estava nela, porém, assim que ela entrou em contato com a maçã, a energia foi para a flecha” (estudante E9).

Nesse excerto está evidente que a estudante considera que só há energia mecânica no momento em que a flecha é lançada e quando a mesma atinge a maçã, ignorando as energias cinética e potencial ao longo do percurso da flecha.

Outra forma de concepção CNC encontra-se no trecho a seguir: “A **energia** do elástico da flecha no início do lançamento da flecha a **energia** continua com toda **força** do atrito com o vento e a gravidade a flecha teve a queda quando foi **perdendo energia** de lançamento do elástico, por isso ocorre a queda da flecha no trajeto até chegar na árvore” (estudante E1, **grifo nosso**).

Na resposta dada por E1 nota-se que ele confundiu o conceito de energia mecânica com o conceito de força. Outro aspecto que podemos observar está ligado ao fato de não considerar a conservação da energia mecânica.

A seguir discutiremos as questões 1, 2 e 3 contidas no questionário do pós-teste.

## 5.5 Análise e discussão da Questão 1

No escopo da análise e discussão dos resultados encontrados no pós-teste, preservaremos as identidades respectivas de cada estudante utilizando os códigos E1, E2, ..., E10.

Para relembrar o leitor, a Questão 1 utilizada no pós-teste foi: “Em uma partida de futebol, um jogador lança a bola pelo ar em direção ao campo adversário. Nesta situação, qual (ais) tipo (s) de energia (s) que a bola em movimento possui? Explique.”

Nesta questão buscou-se reconhecer as ideias dos estudantes tangentes ao tipo de energia envolvida ao longo da trajetória parabólica da bola de futebol.

Foi possível verificar que as concepções dos estudantes estiveram distribuídas sobre as três categorias (Concepções Científicas - CC, Concepções Parcialmente Científicas - CPC, Concepções não Científicas - CNC) comentadas no início deste capítulo.

Para esta questão encontramos 4 das respostas classificadas como CC; nenhuma CNC; e outros 6 como CPC.

Parte considerável dos estudantes apresentaram concepções categorizadas como CC. Dentre as respostas encontramos a da estudante E6 ao expressar-se da seguinte forma: “A bola é lançada pelo ar em uma determinada altura (energia potencial gravitacional) logo após chegando ao campo adversário ganha a cinética e vai perdendo a outra” (estudante E6). No excerto verifica-se que E6 soube identificar corretamente as energias envolvidas durante o caminho percorrido pela bola em sua trajetória parabólica.

Em outra resposta, a estudante E2 demonstrou ter identificado perfeitamente os tipos de energia mecânica a que a bola ficou sujeita, posicionando-se da seguinte maneira: “Até atingir sua altura máxima a bola possui energia cinética, que é energia do movimento que atua com a força do chute do jogador, que se transforma em energia potencial gravitacional, que atua sobre a força da gravidade, na descida até o solo” (estudante E2).

Como é possível notar no excerto logo acima, a estudante, além de identificar os tipos de energia envolvidos, também mostrou conhecimento sobre a conservação da energia mecânica.

Em outra resposta, do estudante E1, também se expressou corretamente do ponto de vista científico, manifestando-se como se segue: “A bola em repouso para partir é usada a energia cinética no movimento do jogador e quando atinge altura máxima atinge a energia potencial (sic) gravitacional, então a bola começa a cair devido a gravidade da terra” (estudante E1).

Observamos nos três excertos anteriores que as concepções desses estudantes estão em concordância com os conceitos físicos. Esses estudantes souberam identificar corretamente os tipos de energia envolvidos na situação-problema exposta na Questão 1. Está nessa mesma linha de raciocínio, ou seja, apresenta a concepção categorizada como CC o estudante E4.

No que se refere à concepção CPC, a estudante (E8) se enquadrando nessa categoria: “A partir do momento que o jogador faz o chute a bola entra em movimento, transformando em energia cinética até o atrito anular a movimentação” (estudante E8).

Notamos que, no trecho acima, a estudante manifestou uma noção bem próxima do que fora esperado do ponto de vista físico. Entretanto, ela não conseguiu perceber que a bola ao realizar sua trajetória também esteve submetida à energia potencial gravitacional.

Em outra resposta a estudante E10 também se enquadra na categoria CPC: “Energias: potencial e **sinética** (sic), pois quando a bola é arremçada (sic) ela tem uma **força e um movimento**, sendo assim, uma **energia gravitacional potencial.**” (estudante E10, **grifo nosso**). Nesse trecho a estudante sinaliza que não faz a distinção entre energia cinética e energia potencial gravitacional. Outro aspecto que deve ser ressaltado é que ela comunica a ideia de que para que haja movimento haver uma força resultante sobre a bola. Esse tipo de noção persiste até mesmo em estudantes de nível universitário, pois, conforme Pérez, Rosa e Darroz (2012), muito provavelmente, estão associadas aos conhecimentos prévios adquiridos na experiência pessoal cotidiana e baseados no senso comum.

Ainda se tratando de CPC, temos a colocação da estudante E3: “A bola possui 2 tipos de energia: a energia cinética, a energia potencial gravitacional (energia mecânica que a junção destas energias). Em primeiro, instante, a bola se encontra sem energia, já que não está tendo uma realização de trabalho. Quando o

jogador chuta a bola, o objeto passa a ter energia potencial, já que está referente a altura, e por fim, quando a bola para se encontra em um meio onde a energia cinética” (estudante E3).

A estudante soube reconhecer os tipos de energia envolvidos na situação-problema, mas não afirmou que em um ponto intermediário da trajetória a bola estava sujeita a energia cinética além da potencial gravitacional.

Importa-nos frisar que se encaixam nessa mesma categoria (CPC) os estudantes E5, E9 e E7.

No próximo tópico iremos analisar e discutir primeira parte da Questão 2 do Pós-teste.

## **5.6 Análise e discussão da Questão 2 (Primeira parte)**

Nas linhas que se seguem, iremos analisar e discutir a seguinte questão: “Antes do salto, ela corre (etapa 1) e em seguida pula para ultrapassar a barra no ponto mais alto da trajetória (etapa 2). No final ela cai sobre um colchão (etapa 3) para não se machucar. Com suas palavras, diga e justifique, a (s) energia (s) que a atleta possui em cada etapa do salto.”

O número de estudantes associados às concepções verificadas no Pós-teste foram: 7 respostas classificadas como CC, 1 resposta como CNC e 2 classificadas como CPC.

Relativo às concepções categorizadas como CC, temos o posicionamento da estudante E3: “A atleta, ao realizar o salto, adquiriu dois tipos de energia: a energia potencial gravitacional e a energia cinética. Em primeiro momento, a energia do atleta é nula já que não realiza trabalho. Quando ela se posiciona e pula ela adquire potencial gravitacional devido a altura e logo energia cinética” (estudante E3).

A estudante E3 descreve corretamente os tipos de energia nas etapas que ela menciona. Muito embora E3 não tenha mencionado a última etapa, as justificativas ligadas as etapas anteriores estão certas, ou seja, de acordo com os conceitos físicos subjacentes à situação-problema apresentada na primeira parte da Questão 2.

Outro trecho que demonstra uma concepção do tipo CC encontra-se no excerto: “Inicialmente a energia realizada foi a energia cinética de quando a atleta

correu para pegar velocidade pra seu salto, após isso houve energia gravitacional quando o corpo caiu em queda livre no colchão” (estudante E8).

Da mesma forma que E3, E8 deu uma explicação satisfatória no que se refere a primeira parte da Questão 2.

A resposta mais completa ligada a essa questão foi da estudante E6, como podemos ver a seguir: “etapa 1 cinética ao correr (movimento); etapa 2 potencial gravitacional ao saltar; etapa 3 cinética. Ao cair sobre o colchão, [Energia potencial elástica]” (estudante E6).

Consideramos essa resposta a mais completa, uma vez que ela incluiu a etapa 3, identificando a energia potencial elástica tangente ao colchão que amortece a queda.

Estão ainda na categoria CC os posicionamentos dados por E1, E2, E7 e E9.

No que tange as concepções caracterizadas como CPC, um exemplo pode ser notado em E10: “As energias que a atleta adquiriu foi sinética que utilizou o movimento e a gravitacional que utilizou a gravidade, onde ela fez **força**, foi arremçada (sic) para o alto (ganhando força) fez seus movimentos e perdeu sua velocidade após cair no colchão, foi utilizado **três energias: potencial, cinética e gravitacional**” (estudante E10, **grifo nosso**).

Em meio a argumentação da estudante E10, ela se confundiu ao citar energia potencial e energia gravitacional como se fossem tipos de energias diferentes. Outro aspecto que pode ser observado está no fato de que E10 apresenta a concepção alternativa confundindo energia com força.

O outro exemplo de CPC encontra-se no trecho a seguir: “Na etapa 1 ela possui energia sinética pelo seu movimento, na etapa 2 ela possui energia elástica pela força vinda do bastão, na etapa 3 o movimento da atleta é gerado pela energia gravitacional” (estudante E5).

Levando-se em conta que em relação as etapas 2 e 3 o estudante omite, respectivamente, as energias cinética e potencial, e a energia cinética e potencial elástica, classificamos essa resposta associada a uma compreensão parcial dos conceitos envolvidos, já que a etapa 1 é explicada satisfatoriamente.

Relativo às concepções CNC, referentes à primeira parte da Questão 2, podemos ver a colocação de E4: “É utilizada as energia elástica e **gravitacional por**

**conta da vara** que impulsiona ela pra cima como se fosse um elástico e o corpo dela para descer tem o uso da gravidade por isso a gravitacional” (estudante E4, **grifo nosso**).

De acordo com o excerto do estudante E4, pode se inferir que como fora destacado ele atribui a energia potencial gravitacional associada à vara. E4 não se manifestou da maneira que esperávamos, apresentando a concepção alternativa de que há energia potencial gravitacional armazenada na vara que a atleta utilizou para saltar. Vale frisar, ainda, que o estudante não mencionou a energia cinética associada às etapas 1 e 2.

No próximo tópico iremos analisar e discutir as respostas dos estudantes referentes a segunda parte da Questão 2.

### **5.7 Análise e discussão da Questão 2 (Segunda parte)**

O enunciado da segunda parte da Questão 2 é: “A quantidade de energia que atleta tinha antes do salto é igual à energia que ela possui ao cair sobre o colchão? Despreze as forças de atrito e resistência do ar. Justifique sua resposta.”.

Nesta parte verificamos que 7 dos estudantes demonstraram a concepção de cariz CC, nenhum estudante apresentou CNC e 3 estudantes demonstraram CPC.

Quanto às concepções do tipo CC, uma delas pode ser notada na resposta da estudante E2: “A energia permanece a mesma e pode ser justificada pela famosa frase: ‘Nada se cria, nada se perde, tudo se transforma’” (estudante E2).

Como podemos perceber nesse excerto a estudante E2 compreendeu a noção da conservação da energia mecânica.

Outro exemplo de concepção CC está no excerto que se segue: “A quantidade de energia que a atleta tinha antes do salto é igual a energia que ela possui ao cair no solo” (estudante E3).

No trecho acima, a estudante expressou-se corretamente em relação ao que solicitamos nessa questão.

Os estudantes E6, E9, E7, E1 e E10 tiveram suas respostas também incluídas na categoria CC, trazendo a mesma ideia de conservação de energia.

No que se refere à concepção do tipo CPC a estudante E8 se posiciona da seguinte maneira: “Sim, já que desprezamos a resistência do ar há alterações na

**velocidade de energia realizada**, mas a energia total é a mesma” (estudante E8, **grifo nosso**).

No excerto acima, a estudante acredita que ocorreu a conservação da energia mecânica, mas sua justificativa está equivocada, uma vez que na situação apresentada na Questão 2 (segunda parte) não há vínculo entre a resistência do ar e a velocidade. De outra maneira, E8 definiu uma grandeza não reconhecida no campo da física (“**velocidade de energia**”).

Outro posicionamento referente a uma CPC esteve em E5: “Sim, antes do salto ela gerou energia de seu movimento e depois energia potencial gravitacional” (estudante E5).

O estudante aparentemente entende que houve conservação de energia, porém ele se confundiu, já que durante o salto não existe apenas energia potencial gravitacional, mas também energia cinética.

Enquadra-se nessa mesma categoria (CPC) a resposta do estudante E4: “Sim, pois ela gastou energia cinética para correr e fazer força, no momento do salto ela possui energia gravitacional.” (estudante E4).

Embora o estudante E4 tenha julgado ocorrer a conservação da energia mecânica, sua justificativa ou seus argumentos não dão sustentação à sua resposta.

No tópico seguinte analisaremos e discutiremos a Questão 3.

### **5.8 Análise e discussão da Questão 3**

A Questão 3 foi colocada para os alunos da seguinte forma: “No momento que o menino deforma o elástico arco juntamente com a flecha, há algum tipo de energia? Se a resposta for sim, para onde foi à energia deste início após a flecha ser lançada? Explique com suas palavras”.

Para esta questão é importante ressaltar que todas as respostas dadas pelos estudantes enquadraram-se na categoria CC.

Nas respostas de pendor CC, temos a colocação do estudante E1 abaixo: “Sim, há energia ao deformar o elástico que é chamada de energia potencial elástica que foi para a flecha para ser lançada devido a deformação do elástico, mas ela se conserva” (estudante E1).

Podemos notar que ele percebeu que há conservação da energia mecânica e sua justificativa dá suporte à sua afirmação.

Ainda tratando-se da categoria CC, um posicionamento semelhante encontra-se no excerto a seguir: “No momento que o menino deforma o elástico há energia elástica a energia foi para a flecha adquirindo energia cinética” (estudante E6).

No excerto a seguir, continuando dentro da categoria de concepções CC, o estudante E4 explica a sua resposta de modo mais detalhado: “Sim, a energia potencial elástica, para o arco e a flecha após a flecha ser lançada, ela utiliza a energia gravitacional também e a cinética também pela velocidade, é utilizada todos os tipos de energia (mecânica)” (estudante E4).

Note-se que o estudante compreendeu o princípio da conservação da energia mecânica que está subjacente à situação-problema, explicando o que aconteceu desde o início da deformação do elástico do arco até a flecha atingir a maçã.

Estão nesta mesma linha de ação, ou seja, concepções do tipo CC os estudantes E5, E8, E10, E9, E7, E2 e E3.

Nas linhas que se seguem traçaremos algumas considerações sobre o que mais sobressaltou quando da aplicação do Pré e Pós-teste.

## **5.9 Considerações sobre o Pré e Pós-teste**

Ao analisarmos o Pré-teste foi possível perceber nitidamente que os alunos apresentaram extrema dificuldade para se expressarem através da escrita. Notamos também que, parte majoritária dos estudantes sequer conseguiu interpretar corretamente os enunciados das situações-problema.

Outro aspecto para o qual devemos direcionar nossos olhares esteve relacionado com a preocupação que os estudantes apresentaram em relação a dar sempre uma “resposta certa”. Cabe frisar que essa preocupação talvez tenha raiz na forma de ensino tradicional, o qual experimentaram ao longo de boa parte da educação básica, que quase sempre exige acerto por parte dos alunos, não admitindo assim qualquer tipo de erro e a possibilidade de aprender com tais erros.

Observamos também que os estudantes traziam consigo a concepção alternativa não cabível na Mecânica Newtoniana de que para que exista movimento deva existir uma força resultante diferente de zero.

Foi verificado também que os estudantes, em boa parte, apresentaram a concepção alternativa de que força equivale a energia.

Após à aplicação da sequência didática, no intervalo entre o Pré e Pós-teste, notamos que tais concepções alternativas – confusão entre os conceitos de força e energia, e a noção equivocada de que para que aja movimento é necessário força – reduziram significativamente.

Nas próximas linhas pretendemos fazer uma análise sucinta e comparativa entre os resultados obtidos no Pré e Pós-teste.

### **5.10 Comparação das concepções entre Pré e Pós-teste da Questão 1**

Como comentado outrora, neste estudo consideramos uma amostra de 10 estudantes do primeiro ano do Ensino Médio. Ambos os questionários foram compostos de questões abertas, ou seja, os respondentes expressaram suas impressões por meio da escrita. Suas respostas foram submetidas a uma análise referente às suas concepções (pré-teste) antes da aplicação da sequência didática, e depois da mesma (pós-teste).

Na discussão que se segue procuraremos fazer uma comparação entre as ponderações dos alunos no Pré e Pós-teste.

É possível notar que houve uma mudança considerável das concepções dos estudantes se confrontarmos o Pré e Pós-teste desta questão. Note-se que no Pré-teste houve uma evolução do ponto de vista conceitual nos estudantes, uma vez que, no que se refere às concepções do tipo CC (Concepção Científica), aconteceu uma passagem de 1 para 4 estudantes. Discussão análoga pode ser feita relativamente às concepções de caráter CPC (Concepção Parcialmente Científica), isto é, foi possível perceber que aconteceu um ganho conceitual, a mudança ocorreu de 4 para 6 estudantes, o que, ao nosso ver, implica um progresso satisfatório.

Aqui assinalamos que, depois da aplicação da sequência didática, não encontramos nenhuma concepção do tipo CNC (Concepção não Científica).

Diante dos dados, foi possível verificar, a partir da análise das respostas dadas pelos alunos, que após terem sido submetidos à sequência didática o desempenho desses estudantes melhorou satisfatoriamente. De outro modo, podemos concluir que o mesmo argumento se verifica, isto é, o número de respostas incorretas do ponto de vista físico diminuiu consideravelmente.

Nas próximas linhas iremos fazer a análise referente a Questão 2.

### **5.11 Comparação das concepções entre Pré e Pós-teste da Questão 2 (Primeira parte)**

Podemos observar a seguir que houve nítido progresso nas concepções dos estudantes envolvidos. Fato é que, no Pré-teste, não detectamos nenhuma resposta do tipo CC e, ao analisarmos o Pós-teste, percebemos que 7 das respostas se enquadraram na categoria CC. Cabe fazer presente que antes dos estudantes participarem da sequência didática, não havia concepção de pendor CC.

No tocante às concepções de cariz CPC, verificamos que houve uma mudança de 4 para 2, sendo que essa diferença passou a integrar a categoria CC.

Quanto às CNC é visível que elas reduziram de 6 para 1, o que implica que esta diferença passou a fazer parte das CC.

Em síntese é possível conjecturar que houve uma nítida evolução das concepções dos estudantes, no sentido de melhoramento do conhecimento físico avaliado na Questão 2 (primeira parte). Ou seja, aconteceu visivelmente uma evolução dos conceitos físicos nos estudantes.

No próximo tópico iremos discutir a relação do Pré-teste comparativamente com o Pós-teste da Questão 2 (segunda parte).

### **5.12 Comparação das concepções entre Pré e Pós-teste da Questão 2 (segunda parte)**

Como podemos perceber, tínhamos todas as respostas concentradas na categoria CNC. É verificável que 7 estudantes passaram a integrar as CC e os outros 3 passaram a constituir as CPC.

É notável, portanto, que houve uma melhora do desempenho dos estudantes a respeito dos conceitos físicos abordados na Questão 2 (segunda parte). Isso insinua que a sequência didática trouxe resultados satisfatórios a partir de sua aplicação.

### **5.13 Comparação das concepções entre Pré e Pós-teste da Questão 3**

Notamos um ganho conceitual por parte dos estudantes, já que notamos que, após a aplicação da sequência didática, 4 das concepções de caráter CPC e 3 das concepções CNC passaram a compor o grupo das concepções CC.

Consideramos ter obtido um resultado bastante satisfatório, em função do que observamos ao final da aplicação da sequência didática. Percebemos que os estudantes, de maneira geral, passaram a considerar perfis de concepção científica a respeito do que se pretendia nesta questão.

## Capítulo 6

### Considerações Finais

Ao presente trabalho pretendeu elaborar uma sequência didática sobre o tema energia mecânica e sua conservação, utilizando a abordagem didática do Ensino por Investigação.

Um dos primeiros resultados que gostaríamos de destacar esteve relacionado com o aumento da motivação dos estudantes ao participar das aulas experimentais. Os estudantes apresentaram engajamento em relação às atividades. Vale sinalizar que, parte majoritária da sequência didática foi realizada num horário extracurricular e os estudantes compareceram assiduamente às aulas. Em alguns momentos, a motivação dos estudantes foi tanta que pediram para ficar um pouco mais além do horário previsto, tal era a empolgação dos mesmos. Isso insinua e reforça que as atividades experimentais apresentam grande potencial no que se refere ao processo de ensino-aprendizagem em aulas de Física, haja vista o seu viés motivacional. Isso demonstra que as estratégias utilizadas na sequência didática aplicada, permeadas pela questão do Ensino por Investigação, podem ser consideradas de grande potencial para o ensino de Física.

Pudemos notar também que, boa parte dos estudantes, antes da sequência didática, apresentava a concepção alternativa de que força equivale à energia. Foi notório que depois de participarem da SD, essa concepção praticamente não permaneceu, ou seja, a atividade promoveu melhoramento do ponto de vista físico conceitual.

Outro aspecto que notamos antes da sequência didática foi que os estudantes apresentavam concepções alternativas entre força e movimento, fora do paradigma newtoniano. Observamos que, após a sequência, essa concepção praticamente não foi encontrada no Pós-teste.

Ponderamos, portanto, que o uso de uma sequência didática, tal qual foi utilizada nesta investigação, apresenta grande potencial para abordar o conceito de energia mecânica e sua conservação. Convém ressaltar ainda que esta sequência contribuiu consideravelmente para promoção da superação de concepções alternativas, tais como as mencionadas anteriormente.

Consideramos que os experimentos elaborados contribuíram para a compreensão do conceito e conservação da energia mecânica. Isso pôde ser notadamente verificado na análise comparativa entre as concepções encontradas no Pré-teste e no Pós-teste. De outro modo, pôde-se perceber visível ganho conceitual por parte dos estudantes no que se refere aos conceitos vinculados à energia mecânica e sua conservação.

Julgamos, ainda, que a realização de experimentos em sala de aula serve como poderosa ferramenta didática para superar a passividade encontrada no ensino tradicional. Isso ficou claro quando a professora pesquisadora observou nas aulas práticas o forte engajamento dos alunos.

Cabe ressaltar que, muito embora os alunos já devessem estar alfabetizados, percebemos grande dificuldade em se expressarem através da escrita. Também foi notório que tiveram dificuldades para interpretar os enunciados constantes nas questões. Isso traz certo nível de preocupação, uma vez que, no cotidiano, esses alunos precisam lidar com a informação para se posicionarem de maneira fundamentada diante de processos que envolvem a Ciência e a Tecnologia e seus desdobramentos na sociedade que vivem.

Consideramos nesse sentido o potencial da sequência didática aplicada, pois a mesma notadamente promove um trabalho global e integrado; ela promove a articulação das atividades de leitura, de escrita e de conhecimento da língua, de acordo com um calendário pré-fixado; e pode ser tratada como facilitadora da construção de programas em continuidade uns com os outros.

Nesse sentido, alinhamos o nosso pensamento com Carvalho e Gil-Pérez (1993) ao afirmarem que, não obstante, várias pesquisas já terem mostrado que o ensino tradicional, fundamentado puramente em aulas expositivas cuja prioridade é a transmissão de conteúdo, tratando o estudante como “tábula rasa”, é infrutífera. Muitos professores continuam ignorando este fato e permanecem com as mesmas práticas que há 60 anos.

Pelo exposto anteriormente, consideramos que a metodologia que toma como base a sequência didática transforma o espaço escolar que, geralmente, é pouco interativo que leva o aluno à condição de passividade no processo de ensino-aprendizagem significativo, contrariando a tese de Paulo Freire que diz que ensinar não é transferir conhecimento, mas sim criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção (FREIRE, 2006).

Por fim, consideramos que a sequência didática aplicada neste estudo pode contribuir fortemente para que professores de Física tentem superar a prática recorrente de utilizar apenas um ensino com características essencialmente propedêuticas, ainda muito presente nas escolas. No sentido de oferecer alternativas, numa perspectiva de tornar o aprendizado da Física mais significativo, estimular o pensamento crítico dos estudantes e superar a condição de aluno passivo para a condição de sujeito ativo, consideramos que mais investigações como esta devem ser desenvolvidas.

Buscando conduzir o educando como responsável pela construção de seu próprio conhecimento, certamente pode-se contribuir para que nossos jovens percebam seu potencial e sua importância no mundo de modo a participarem de forma lúcida e eficaz de uma sociedade que discuta e resolva com eficiência suas demandas, sejam elas de qualquer natureza.

## Referências Bibliográficas

- ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Algumas considerações sobre o ensino e aprendizagem do conceito de Energia. In: **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p.41-52, 2003.
- AULER, D. **Interações entre Ciência - Tecnologia - Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. 2002. 258 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- AZEVEDO, H. L.; MONTEIRO JÚNIOR, F. N; PEREIRA, T.; GONÇALVES, J.C.; TANCREDO, B. N. O uso do experimento no ensino da Física: tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. In: Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências. **Atas ... UFSC**, 2009.
- BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O Entendimento dos estudantes sobre energia no início do Ensino Médio. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n.2, p. 182-217, 2006.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BAYLÃO, F. M. **Experimento didático para aprendizagem da conservação de energia mecânica**. 2017. 57f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2017.
- BUCUSSI, A. A. **Introdução ao conceito de energia**. 2007. 32f. Produto do trabalho de conclusão (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- CAMPOS, A. **A conceitualização do princípio de conservação de energia mecânica: os processos de aprendizagem e a teoria dos campos conceituais**. 2014. 299f. + (anexo 242f.) Tese (Doutorado em Ciências- Área de concentração: Ensino de Física). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. (Coleção Ideias em Ação).
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: \_\_\_\_\_. (org.) **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. de e GIL-PEREZ, D. **A formação de professores de Ciências**. São Paulo: Cortéz Editora, 1993.
- CASTRO, L. P. S.; MORTALE, T. A. B. **Energia: levantamento das concepções alternativas**. 2012. 114f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

CLEMENTE, L. **Autodeterminação e ensino por investigação**: construindo elementos para promoção da autonomia em aulas de Física. 2013. 334f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

FEYNMAN, R.P.; LEIGHTON, R.B. & SANDS, M. (1963), **The Feynman lectures on physics**, vol. I, Addison- Wesley, Reading. Tradução para o português: Lições de Física de Feynman - Edição definitiva. Trad. A.V. Roque da Silva & K.R. Porto Alegre: Coutinho, Artmed Bookman, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala da aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, v.2, p. 227-254, 2005.

GRAF. **Física**. vol.1, 7 ed. São Paulo: EDUSP, 2002.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre: Artmed, 1999.

LEIRIA, T. F., MATARUCO, S. M. C. O papel das atividades experimentais no processo ensino-aprendizagem de Física. In.: Congresso Nacional de Educação, **Atas...** Curitiba, 2015.

LENZ, J.A.; FLORCZAK, M.A. O estudo da conservação de energia mecânica através de atividades experimentais com materiais de baixo custo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia UTFPR. **Atas...** Ponta Grossa, 2011.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: Abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, L. R. A. **Ensino por Investigação e Experimentação**: Uma análise da ação docente. 2015, 54f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2015.

MOREIRA, C. V. **Atividades Investigativas**: Laboratório não estruturado na solução de problemas abertos de Trabalho e Energia. 2016, 109f. Dissertação (Mestrado em Ensino em Física); Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

MOREIRA, M. A. ¿Al final, qué es Aprendizaje Significativo?. In: **Revista Currículum**, n. 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física. In: **Revista Brasileira de Física**, v. 9, n.1, 1979.

MOREIRA, M.A., CABALLERO, M.C. e RODRIGUEZ, M.L. (Orgs.). Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España, p. 19-44, 1997.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. 4 ed, v. 1. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2002.

OLIVEIRA, E.; ENS, R. T.; ANDRADE, D. B. S. F.; MUSIS, C. R. Análise de conteúdo e pesquisa na área de educação. In: **Revista Diálogo Educacional**, v. 4, n. 9, p. 11-27, 2003.

PÁDUA, E. M. M. **Metodologia da Pesquisa: abordagem teórico-prática**. 17 ed. Campinas: Papirus, 2011.

PÉREZ, C. A. S.; ROSA, C. W.; DARROZ, L. M. Concepções alternativas em **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 31, n. 2, p. 79-90, 2012.

PREGNOLATO, Y. H.; PACCA, J. L. A.; TOSCANA, C. Concepções Sobre Força e Movimento. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 14, n. 1, p. 19-23, 1992.

RAMOS, P. L. P.; PONCZEK, R. I. L. A evolução histórica dos conceitos de energia e quantidade de movimento. In: **Caderno de Física da UEFS**, v.09, n. 01 e 02, p.73-83, 2011.

RICHARDSON, R. J. *et al.*. **Pesquisa social: Métodos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 1985.

SANTOS, A.B.; BORGES, C. C.; GUIMARÃES, G. R.; AMARAL, G. K.; DIAS, M. R.; DICKMAN, A. G. Energia e suas transformações: uma discussão utilizando um experimento atrativo. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, **Atas...** São Luís, Maranhão, 2007.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010 (Coleção Ideias em Ação).

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. In: **Revista Ensaio**, v.17, n. especial, p. 49-67, nov. 2015.

SATHLER, K. S. O. M. **Inclusão e ensino de Física: estratégias didáticas para a abordagem do tema Energia Mecânica**. 2014, 81f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências da Natureza). Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2014.

SCHEPPER, R. **Projetos Temáticos e Enfoque CTS na Educação Básica: Caracterização dos Trabalhos Apresentados por Autores Brasileiros, Espanhóis e Portugueses nos Seminários Ibero-americanos de CTS**. 2014, 88f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014.

SCHEPPER, R.; FERNANDES, L. F.; MENEZES, P. H. D. **Contribuições de Brasileiros e Ibéricos para o Enfoque CTS na Educação Básica**. Juiz de Fora: Spargere, 2018.

SCHEPPER, R.; OLIVEIRA, T. M.; SOUZA, T. A.; VALLE, G. J. S.; MOREIRA, D. S.; KIRCHMEYER, A. V.; MENEZES, P. H. D.; Engajamento Interativo no Ensino de Física: Relato de uma Experiência. In.: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, **Atas...** Campinas, 2011.

SCHEPPER, R.; SILVA, L. F. Análise das propostas de atividades educativas elaboradas a partir do enfoque CTS presentes nos trabalhos publicados nos anais dos seminários ibero-americanos CTS. In. **XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, SNEF 2017, São Carlos, 2017b.

SEPINI, R. P. **Mudanças nas concepções de atitudes relacionadas com ciência, tecnologia e sociedade (CTS), identificadas a partir de uma atividade de ensino com emprego de sequência didática (SD) com enfoque na natureza da ciência e da tecnologia (NDC&T)**. 2014. 261 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2014.

SILVA, R. P. **Conservação da Energia Mecânica: uma sequência didática inspirada na ideia UEPS**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: Desenvolvimento de práticas científicas escolares. In: **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

SOUZA, V. R. **Uma proposta para o ensino de Energia Mecânica e sua conservação através do uso de analogias**. 2015, 80f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino em Física). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas**. 2012. 283f. Tese (Doutorado em Ensino em Ciências). Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

TRÉZ, T. A. **Concepções e Práticas CTS dos Professores de uma Escola Inovadora**. 2007. 451f. Dissertação (Mestrado). Seção Autónoma de Ciências Sociais, Jurídicas e Políticas Universidade de Aveiro, Aveiro, 2007.

TRIVELATO, S. F.; SILVA, R. L. F. Aulas práticas e a possibilidade de enculturação científica. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências**. São Paulo: Cengage Learning, 2016. (Coleção Ideias em Ação).

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A pesquisa qualitativa em Educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

## Apêndice A

### Pré-Teste/Pós-teste

Aluno: \_\_\_\_\_

1-Em uma partida de futebol, um jogador lança a bola pelo ar em direção ao campo adversário. Nesta situação, qual (ais) tipo (s) de energia (s) que a bola em movimento possui? Explique.

**Figura 1** - Lançamento da bola.



Disponível em: <[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTvGnUOHBDkjBgDJEuguY0hhku6xOEW2h6wlcwey3qQHD5YtKSvw)

q=tbn:ANd9GcTvGnUOHBDkjBgDJEuguY0hhku6xOEW2h6wlcwey3qQHD5YtKSvw>. Acesso em: 17 mai. 2018.

---



---



---



---



---



---



---

2- Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. A figura abaixo mostra uma mulher executando seu salto.

**Figura 2** - Salto a vara.



Disponível em: <[https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS71rd0QIRZiXmYXF817iCH0FuAlptkZgXrMkZ\\_dE7-dHMBUDs5fg](https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS71rd0QIRZiXmYXF817iCH0FuAlptkZgXrMkZ_dE7-dHMBUDs5fg)>. Acesso em: 17 de mai. 2018.





## Apêndice B

### Como funciona o KERS

Há alguns poucos anos, a Fórmula 1 apresentou uma nova tecnologia que, teoricamente, torna os carros mais ecologicamente corretos. O sistema de Recuperação de Energia, ou KERS, é um dispositivo usado para converter parte da energia desperdiçada nas frenagens em energia de tipos mais úteis, que então pode se utilizada para aumentar a potência dos carros.

Parece bastante complicado, mas não é. A física básica do KERS é explicada em quase todas as escolas do Ensino Médio. Quando você dirige seu carro nas ruas e freia, a maior parte dessa energia é convertida em calor (é por isso que os carros rápidos precisam manter seus freios frios). Na maioria dos carros, a energia em forma de calor é desperdiçada, mas em um veículo equipado com o KERS, não é o caso. Quando o piloto freia, a maior parte da energia ainda é convertida em calor, mas uma parte é tratada de maneira diferente e armazenada no carro.

De acordo com o regulamento atual da Fórmula 1, quando um piloto pressiona seu botão de impulso essa energia armazenada é novamente convertida, e pode proporcionar 85 hp (*horse-power*) extras por pouco menos de sete segundos.

Figura 1 - Carro de Fórmula 1.



Disponível em: < <http://revista.webmotors.com.br/revista/lancamento/entenda.com> >. Acesso em 14 jun. 2018.

## Apêndice C

### A Energia Hidrelétrica <sup>19</sup>

No Brasil, devido a sua enorme quantidade de rios, a maior parte da energia elétrica disponível é proveniente de grandes usinas hidrelétricas.

A energia primária de uma hidrelétrica é a energia potencial gravitacional da água contida numa represa elevada. Antes de se tornar energia elétrica, a energia primária deve ser convertida em energia cinética de rotação.

O dispositivo que realiza essa transformação é a turbina. Ela consiste, basicamente, em uma roda dotada de pás que é posta em rápida rotação ao receber a massa de água. O último elemento dessa cadeia de transformações é o gerador, que converte o movimento rotatório da turbina em energia elétrica.

**Figura 2** - Usina Hidrelétrica.



Disponível em: <<https://cdn.portalsaofrancisco.com.br/wp-content/uploads/2015/12/energi131.jpg>>. Acesso em 14 jun. 2018.

Um rio não é percorrido pela mesma quantidade de água durante o ano inteiro. Em uma estação chuvosa, é claro, a quantidade de água aumenta. Para aproveitar ao máximo as possibilidades de fornecimento de energia de um rio, deve-

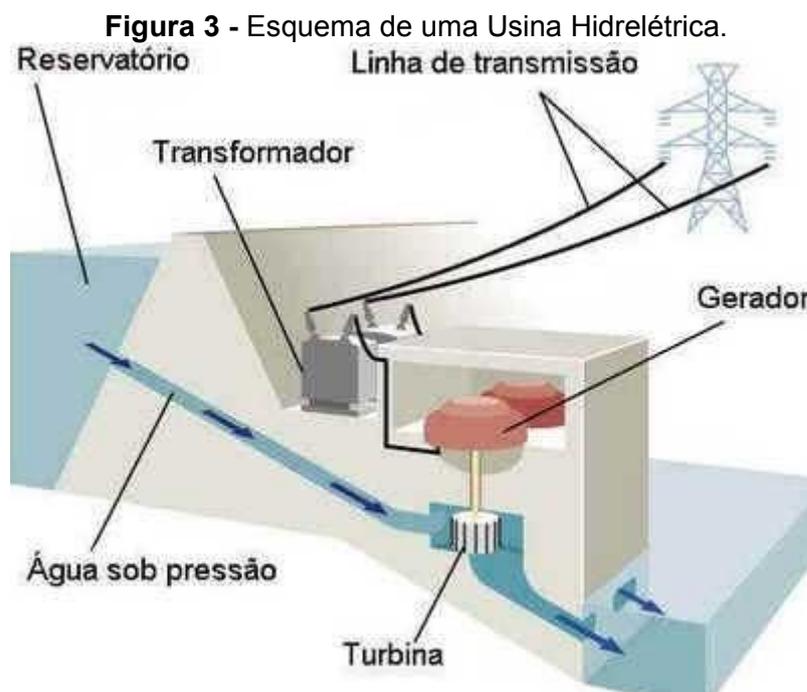
---

<sup>19</sup> Fragmento do texto tirado do Portal São Francisco. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/geografia/energia-hidreletrica>>. Acesso em: 14 jun. 2018

se regularizar a sua vazão, a fim de que a usina possa funcionar continuamente com toda a potência instalada.

A vazão de água é regularizada pela construção de lagos artificiais. Uma represa construída de material muito resistente – pedra, terra e, frequentemente, cimento armado – fecha o vale pelo qual corre o rio. As águas param e formam o lago artificial. Dele pode-se tirar água quando o rio está baixo ou mesmo seco, obtendo-se assim uma vazão constante. A construção de represas quase sempre constitui uma grande empreitada da engenharia civil. Os paredões, de tamanho gigante, devem resistir às extraordinárias forças exercidas pelas águas que ela deve conter. Às vezes, têm que suportar ainda a pressão das paredes rochosas da montanha em que se apoiam.

Para diminuir o efeito das dilatações e contrações devidas às mudanças de temperatura, a construção é feita em diversos blocos, separados por juntas de dilatação. Quando a represa está concluída, em sua massa são colocados termômetros capazes de transmitir a medida da temperatura a distância; eles registram as diferenças de temperatura que se possam verificar entre um ponto e outro do paredão e indicam se há perigo de ocorrerem tensões que provoquem fendas.



Disponível em: < <https://cdn.portalsaofrancisco.com.br/wp-content/uploads/2015/12/energi141.jpg> > Acesso em 14 jun. 2018.

## **Apêndice D**

### **Produto Educacional**

#### **Abordando o conceito de Energia Mecânica através da Experimentação**

Produto Educacional elaborado por Alessandra Kirchmeyer Vianelo a partir da Dissertação “Abordando o conceito de Energia Mecânica através da Experimentação”, apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prezado(a) professor(a):

Apresentamos aqui uma sequência didática sobre o tema energia mecânica e sua conservação, lançando mão da experimentação em sala de aula para alunos do 1º ano do Ensino Médio.

Esperamos que este produto o auxilie a orientar seus alunos nos caminhos para alcançar um aprendizado significativo.

## **1. Introdução**

O conceito de energia é um dos conceitos mais difíceis de ser compreendido pelos estudantes. Pela sua natureza abstrata, o ensino do conceito físico de Energia (suas formas e transformações) ocorre normalmente por meio de exposições e pela operacionalização matemática, sem uma relação próxima com situações práticas e cotidianas, o que resulta em compreensão não muito clara pelos alunos (BARBOSA, 2006). Alguns livros didáticos utilizados no Ensino Médio sustentam esta ideia. O Princípio da Conservação da Energia Mecânica é usado apenas como caminho alternativo para se resolver questões de cinemática e dinâmica de maneira mais simples.

A energia e a sua conservação são dois conceitos importantes para a Ciência de modo geral e possuem grandes implicações sociais e econômicas, apesar das dificuldades em defini-los e entendê-los (SOUZA, 2015).

Nesse sentido, pretendemos desenvolver uma proposta para o ensino de Energia Mecânica com objetivo de superação das concepções empírico-indutivistas da Ciência, promover a argumentação dos alunos, incorporar as ferramentas matemáticas, transpor o novo conhecimento para a vida social visando a alfabetização científica dos estudantes envolvidos (CARVALHO, 2010).

Entendemos que, uma das maneiras de se realizar esse processo de experimentação é estar inscrito dentro de uma sequência didática (SD). Aqui cabe destacar que, um dos objetivos educacionais mais amplos do educador é despertar a curiosidade do estudante e o gosto pelo aprender para que os estudantes, enquanto cidadãos, possam desenvolver o pensamento crítico a respeito da Ciência e Tecnologia de suas implicações na sociedade contemporânea (SEPINI, 2014).

Alinhados com Sepini (2014), partimos do pressuposto de que o interesse pelas sequências didáticas normalmente é respaldado pelas seguintes justificativas (MACHADO; CRISTOVÃO, 2006 *apud* SEPINI, 2014, p. 83):

- A SD permite um trabalho global e integrado.
- Na sua construção, considera obrigatoriamente tanto os conteúdos de ensino fixados pelas instruções oficiais, quanto os objetivos de aprendizagem específicos.
- Ela contempla a necessidade de se trabalhar com atividades e suportes de exercícios variados.
- Ela permite integrar as atividades de leitura, de escrita e de conhecimento da língua, de acordo com um calendário pré-fixado.
- Ela facilita a construção de programas em continuidade uns com os outros.
- Ela proporciona a motivação dos alunos, uma vez que, permite a explicitação dos objetivos das diferentes atividades e do objetivo geral que as guia.

Portanto, defendemos o potencial da SD para a apreensão dos conceitos de Energia Mecânica e sua conservação no Ensino Médio, visando uma aprendizagem das implicações científicas e tecnológicas e seus desdobramentos sobre a sociedade (SOUZA, 2015).

Por meio da presente sequência didática, frisamos como objetivos específicos prováveis apresentar aos estudantes os conceitos relacionados à energia mecânica e sua conservação, através da experimentação em sala de aula no Ensino Médio.

A sequência didática e sua descrição constitui o produto educacional principal da pesquisa de mestrado vinculada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24- UFJF- Sudeste – MG. Como desdobramento, apresentamos ao professor também os textos e questionários utilizados com os alunos na aplicação.

## **2. Estrutura da sequência didática**

A sequência didática está composta de 14 aulas, sendo a 1ª e última aula destinadas à aplicação de um pré e pós-teste. Destacamos que a duração de cada aula foi de aproximadamente 50 minutos.

**Quadro 1.** Distribuição dos conteúdos e atividades por encontro.

<b>Aula</b>	<b>Resumo do conteúdo trabalhado em cada aula</b>	<b>Atividades realizadas</b>
Aula 1	-	Pré-teste
Aula 2	Energia cinética	Atividade experimental com plano inclinado
Aula 3	Energia cinética	Leitura do texto sobre o funcionamento do <i>Kinetic Energy Recovery Systems – KERS</i> e mostra do vídeo “Como gerar energia jogando futebol”
Aula 4	Energia cinética	Formalização do conceito de Energia cinética
Aula 5	Energia gravitacional potencial	Atividade experimental com bate-estaca
Aula 6	Energia gravitacional potencial	Leitura em alta voz do texto “Energia Hidrelétrica”
Aula 7	Energia gravitacional potencial	Formalização do conceito de energia potencial gravitacional
Aula 8	Energia potencial elástica	Atividade experimental com o “canhão elástico”
Aula 9	Energia potencial elástica	Formalização da equação de energia potencial elástica
Aula 10	Conservação da energia mecânica	Atividade experimental “O problema da cestinha” – Ensino por Investigação
Aula 11	Conservação da energia mecânica	Atividade experimental “O problema da cestinha” – Ensino por Investigação
Aula 12	Conservação da Energia Mecânica e o Cotidiano	Mostra de vídeos sobre o Loop Humano e a Maior montanha russa do mundo
Aula 13	Conservação da Energia Mecânica e o Cotidiano	Formalização dos Conceitos de Conservação da Energia Mecânica
Aula 14	-	Pós-teste

Fonte: Autora.

### 3. Descrição da sequência didática

#### Aula 1- Pré-teste

O pré-teste tem como objetivo a coleta de dados, grosso modo, referentes às concepções alternativas dos estudantes (ver Anexo1). Essa primeira abordagem tem o objetivo de comparar o resultado obtido no questionário respondido com o pós-teste aplicado. Este foi empregado na aula 12.

O pré-teste será aplicado antes da primeira atividade experimental da Sequência Didática.

## Aula 2- Energia cinética

Nesta aula os estudantes farão uma atividade experimental sobre energia cinética. Será apresentada inicialmente a seguinte situação problema:

**Situação-problema 1:** *Um veículo parado em uma rua inclinada sofre uma pane mecânica, perdendo os freios. Ao final da descida há outro veículo e inevitavelmente acontece a batida entre eles. O segundo veículo é empurrado por vários metros, com o primeiro engatado a ele.*

É sugerido aos alunos que identifiquem as variáveis e características do sistema (rampa, bolinhas de aço grandes e pequenas, transferidor, régua ou fita métrica e pequena caixa de papelão) que interfiram diretamente na distância que a caixa de papelão/bolinha de aço será deslocada.

**Figura 1.** Material referente ao experimento sobre energia cinética.



Fonte: Acervo pessoal.

Usando os materiais disponíveis, identifique quais variáveis e características do sistema interferem diretamente na distância em que o sistema será arrastado (ver Anexo 2).

A caixa de papelão faz o papel do veículo ao final da rampa e, portanto, as variáveis estão vinculadas ao primeiro veículo.

A situação-problema abarca conceitos de conservação do momento linear e, por consequência, o experimento envolve a questão da conservação do momento linear, tratando-se de uma colisão parcialmente inelástica. Contudo, deve considerar-se a cultura prevalente dos estudantes, suas concepções prévias para ponderarem sobre o aumento de massa do sistema quando a bolinha de aço maior fosse usada, assim como a maior velocidade do sistema quanto maior fosse a velocidade da inicial da bolinha.

Finalmente, constata-se que sobre duas bolinhas com a mesma velocidade antes das colisões, porém com massas diferentes, a de massa maior além de acrescentar mais massa ao sistema (caixa de papelão/bolinha de aço) igualmente contribuirá para que esse sistema tenha maior velocidade depois da colisão. Se depreende que uma massa maior e/ou velocidade maior implica num trabalho em magnitude, feito pela força de atrito para levar conduzir o sistema ao repouso.

Nesta aula, os alunos serão divididos em grupos compostos por três a quatro estudantes. Eles podem se organizar por afinidade, para se sentirem numa situação de maior conforto. Logo após essa divisão, deverá ser distribuído um *kit* para cada grupo, contendo uma rampa, uma fita métrica, uma régua, duas bolinhas metálicas (pequena e grande), um transferidor e uma caixinha de papel. Em seguida, deverá ser apresentada a eles a situação-problema mencionada no início deste tópico.

Na foto a seguir temos um grupo de estudantes realizando a atividade experimental.

**Figura 2.** Estudantes fazendo o experimento sobre energia cinética (Grupo 1).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 3.** Estudantes fazendo o experimento sobre energia cinética (Grupo 2).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 4.** Estudantes fazendo o experimento sobre energia cinética (Grupo 3).



Fonte: Acervo pessoal.

No caso da aplicação desta SD, a professora pesquisadora solicitou aos estudantes de cada grupo que preenchessem um quadro (Quadro 2) referente à

altura ( $H_1, H_2, H_3, \dots$ ) e o respectivo deslocamento ( $d_1, d_2, d_3, \dots$ ) da caixa após cada bolinha colidir com a mesma.

**Quadro 2.** Altura versus alcance Deslocamento

Bolinha maior		Bolinha menor	
$H_1=$	$d_1=$	$H_1=$	$d_1=$
$H_2=$	$d_2=$	$H_2=$	$d_2=$
$H_3=$	$A_3=$	$H_3=$	$A_3=$
$H_4=$	$A_4=$	$H_4=$	$A_4=$
$H_5=$	$A_5=$	$H_5=$	$A_5=$
$H_6=$	$D_6=$	$H_6=$	$D_6=$

Fonte: Autora.

### Aula 3 – Energia cinética e o cotidiano

Nesta aula deve-se trabalhar o texto sobre o funcionamento do *Kinetic Energy Recovery Systems – KERS*<sup>20</sup>. Para tanto, deverá ser proposto aos estudantes uma leitura do mesmo, de modo que cada um teve a oportunidade de ler em alta voz, participando de maneira motivada desta atividade. Os estudantes devem debater sobre as ideias contidas no texto, sendo que o professor atuará como mediador da discussão realizada. Esta atividade terá como intuito fazer com que os estudantes relacionem os conceitos de Energia Cinética e suas aplicações no cotidiano. Este tipo de debate fomenta e incentiva o desenvolvimento do pensamento crítico e traz como pano de fundo a ideia de que os estudantes possam vir a se posicionar de maneira informada diante de processos que envolvem a produção do conhecimento científico-tecnológico e suas consequências sobre a sociedade (AULER, 2002; STRIEDER, 2012; SCHEPPER, 2014; SCHEPPER; SILVA; MENEZES, 2018), o que está estritamente relacionado com o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Ainda nesta aula os alunos deverão assistir ao vídeo “Como gerar energia jogando futebol”<sup>21</sup>. Assim como o texto supracitado, esse vídeo também procura contextualizar os conceitos de Energia Cinética. Nele será apresentado um projeto

<sup>20</sup> Disponível em: <<http://www.autoracing.com.br/f1-como-funciona-o-kers/>>. Acesso em: 2 jun. 2018.

<sup>21</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=N0j-l514AxQ>>. Acesso em: 2 jun. 2018.

da Shell, no qual em partidas de futebol (movimento dos jogadores) eletricidade é gerada. Conforme a reportagem <sup>22</sup>, são usadas placas subterrâneas para captação de energia cinética e placas solares nas laterais do campo. Durante os jogos, eletricidade suficiente é gerada para acender refletores que iluminam o espaço à noite. Esse projeto transforma partidas de futebol em fonte limpa de energia elétrica. A iniciativa é aplicada em um dos campos do Morro da Mineira, no Rio de Janeiro.

#### Aula 4 - Formalização do conceito de Energia Cinética

Nesta aula deve se explicar aos alunos que será formalizado o conceito de Energia Cinética com os resultados observados no experimento de Energia Cinética. A aula em questão segue uma abordagem expositiva-dialogada, em que será realizada a demonstração da equação da Energia Cinética. Nela, os alunos terão a oportunidade de expor suas concepções a respeito do que estará sendo trabalhado no quadro, ou seja, a dedução daquela equação.

Do ponto de qualitativo os estudantes deverão concluir que quanto maior a massa da bolinha, maior é o arrastamento da caixinha; e quanto maior a altura que a bolinha maior é a velocidade com que ela atinge a caixinha, gerando um deslocamento maior.

Pelo viés quantitativo será realizada a dedução que se segue.

Considerando que a força de atrito cinético ( $f_{at}$ ) é a resultante do sistema carro/caixa e essa pode ser considerada constante, e utilizando os resultados do trabalho de uma força constante e contrária ao deslocamento, temos:

$$f_{at} = R = m \cdot a \rightarrow W = m \cdot a \cdot \Delta s$$

Em que:  $f_{at}$  é a força de atrito cinético;  $R$  é a resultante das forças;  $m$  é a massa da bolinha;  $a$  é a aceleração da bolinha;  $W$  é o trabalho realizado pela força de atrito cinético;  $\Delta s$  é o deslocamento da caixinha.

Ao levar em conta que o movimento feito é do tipo retilíneo uniformemente variado, a velocidade muda linearmente com o passar do tempo. Tomando então a equação de Torricelli, temos:

$$v^2 = v_0^2 - 2a\Delta s \rightarrow -a\Delta s = \frac{v^2 - v_0^2}{2} \rightarrow m(-a \cdot \Delta s) = m \frac{v^2 - v_0^2}{2} \rightarrow$$

<sup>22</sup> Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/10/campo-de-futebol-no-rio-transforma-energia-de-partidas-em-eletricidade.html>>. Acesso em: 2 jun. 2018.

$$\rightarrow -ma\Delta s = m \frac{v^2 - v_0^2}{2} \rightarrow f_{at} (-\Delta s) = \frac{mv^2 - mv_0^2}{2} \rightarrow$$

$$\rightarrow -w = \frac{mv^2 - mv_0^2}{2} \rightarrow -w = \Delta E_c$$

Destacamos a relação do trabalho com a variação de energia, no caso identificada como cinemática, podemos obter a expressão da energia cinética, mostrando que massa e velocidade são grandezas que caracterizam esta energia.

## Aula 5 - Energia potencial gravitacional

Nesta aula será realizado um experimento que tem como objetivo abordar noções de trabalho realizado pela força peso e relacioná-lo com a energia potencial gravitacional. Para tanto será lançada aos estudantes a seguinte situação-problema:

**Situação-problema 2:** *Uma construtora pretende construir um conjunto de prédios. Para fazer a obra é necessário cuidar do alicerce, que é a base da construção. Os operários precisaram utilizar um bate-estaca, que é um dispositivo usado para a execução de fundações no ramo da construção civil. Este dispositivo serve para fincar estacas no solo, sendo pré-moldadas em concreto, metálicas, etc. O bate-estacas é formado de uma torre o levanta (o peso que recebe o nome de martelo) que ao cair sobre a estaca devido a gravidade, tende a cravá-la no solo.*

Deverá ser entregue aos alunos os seguintes materiais: lápis, funil pequeno, bolinhas de aço grandes e pequenas, copo com areia, régua e fita métrica, com o intuito de que façam uma analogia entre a situação-problema exposta e o experimento que irão realizar.

**Figura 5.** Material usado no experimento sobre energia potencial gravitacional.



Fonte: Acervo pessoal.

O lápis preso ao funil pequeno faz as vezes da estaca; o copo com areia representa o solo; as bolinhas de aço representam o peso ou martelo.

Os estudantes deverão ser reunidos em grupos de três a quatro integrantes e serão orientados a abandonar de alturas diversas as bolinhas sobre o martelo, medindo quanto do lápis foi introduzido na areia. Depois eles devem abandoná-las de alturas diferentes a bolinha para que eles percebam a relação entre a altura que foi abandonada e o quanto o lápis será fincado na areia. Os estudantes com a régua poderão medir a profundidade que o lápis atingirá. Ressaltamos que eles abandonem de uma mesma altura bolinhas de massas diferentes para que percebam que a massa também interfere no quanto o lápis é enterrado na areia.

**Figura 6.** Grupo de estudantes realizando o experimento sobre energia potencial gravitacional (Grupo 1).



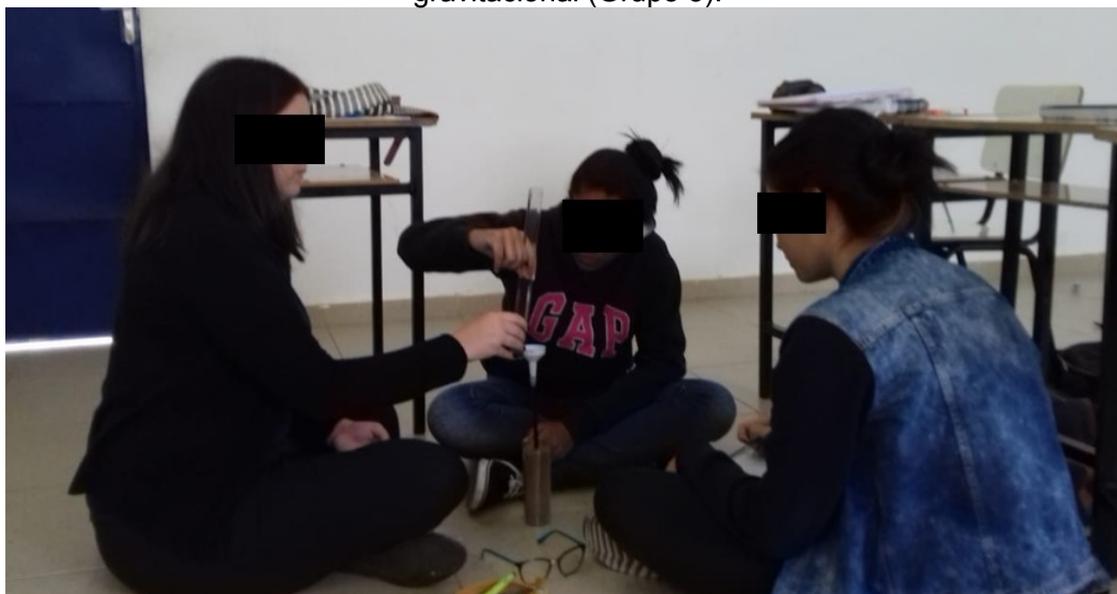
Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 7.** Grupo de estudantes realizando o experimento sobre energia potencial gravitacional (Grupo 2).



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 8.** Grupo de estudantes realizando o experimento sobre energia potencial gravitacional (Grupo 3).



Fonte: Acervo pessoal.

Por fim, o professor deverá conversar com os grupos para que notem o vínculo existente entre “massa/profundidade do lápis” e “altura/profundidade do lápis”, e concluam a relação entre as grandezas constantes na equação  $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$

Durante o experimento, o professor deve solicitar aos estudantes que preencham um quadro (Quadro 3) atinente à altura ( $H_1, H_2, H_3 \dots$ ) a partir da qual foi abandonada a bolinha e à respectiva profundidade atingida pelo lápis ( $p_1, p_2, p_3 \dots$ ) após ser atingido pela bolinha.

**Quadro 3.** Altura *versus* profundidade

Bolinha maior		Bolinha menor	
$H_1=$	$p_1=$	$H_1=$	$p_1=$
$H_2=$	$p_2=$	$H_2=$	$p_2=$
$H_3=$	$p_3=$	$H_3=$	$p_3=$
$H_4=$	$p_4=$	$H_4=$	$p_4=$
$H_5=$	$p_5=$	$H_5=$	$p_5=$
$H_6=$	$p_6=$	$H_6=$	$p_6=$

Fonte: Autora

## **Aula 6 – Energia potencial gravitacional e o cotidiano**

Nesta aula, os alunos e o professor devem realizar a leitura em alta voz do texto “Energia Hidrelétrica” (anexo 3), que trata do funcionamento das usinas hidrelétricas. O objetivo será o de relacionar o conceito com situações cotidianas dos estudantes.

No decorrer da leitura se deve promover reflexões a respeito do uso e da importância da utilização da energia hidrelétrica na sociedade em geral, particularmente no dia a dia dos estudantes.

## **Aula 7- Formalização da equação de energia potencial gravitacional**

Nesta aula deverá ser retomado a atividade experimental realizada na Aula 5 (experimento sobre trabalho da força peso relacionando com energia potencial gravitacional). Deve ser entregue aos estudantes as anotações feitas por eles na Aula 5, com o objetivo de lembrá-los de que a massa da esfera e a altura a partir da qual fora abandonada interferirá na profundidade com que o lápis foi enterrado na areia.

A partir deste ponto, se deve estabelecer relações entre o experimento que realizaram em sala de aula (Aula 5) e a queda da água nas usinas hidrelétricas, levando-os a notar que a energia potencial gravitacional é uma grandeza física que depende da altura, da massa, bem como da aceleração da gravidade local.

Em seguida, deve-se realizar um diálogo com os alunos buscando esclarecer qualitativamente o vínculo entre trabalho, força e deslocamento (altura). O professor deve levantar o questionamento sobre a relação entre trabalho e energia da seguinte forma: “Existe alguma relação entre trabalho e energia? Será que eu posso dizer que o trabalho da força peso é igual à energia potencial gravitacional?”. Posteriormente, o professor deve se dirigir para o quadro a fim de demonstrar matematicamente  $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$ . É importante que o professor faça, ao longo da demonstração, perguntas para estimular a participação dos estudantes. A formalização será concretizada na maneira que segue:

$$T = F \cdot d$$

Sendo:  $F = \text{Peso}$

$$P = m \cdot g \quad \text{e} \quad d = h$$

Portanto:

$$T = m \cdot g \cdot h$$

Como já tínhamos definido que o trabalho da força peso é igual a energia potencial gravitacional, chegaremos na seguinte equação:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

Em que:  $E_{pg}$  é a energia potencial gravitacional;  $m$  é a massa do corpo;  $g$  é a aceleração da gravidade local;  $h$  é a altura na qual o corpo se encontra em relação a um referencial.

## Aula 8 – Energia potencial elástica

Com um brinquedo muito conhecido (Figura 9) entre as crianças chamado estilingue ou funda ou bodoque, inicia-se esta aula apresentando-o aos estudantes. Esse brinquedo serve para arremessarmos pequenos projéteis (pedrinhas). Usaremos o estilingue com intuito de aproximar as noções ligadas à energia potencial elástica ao cotidiano dos estudantes.

**Figura 9.** Estilingue



Disponível em: <<http://d26lpennugtm8s.cloudfront.net/stores/111/203/products/estilingue1-5acb529aeed773b6b915131675000401-640-0.jpg>>. Acesso em: 30 jun. 2018.

Contudo, para a presente aula, adaptou-se a ideia do estilingue elaborando um experimento o qual denomina-se de “canhão elástico” (Figura 10).

**Figura 10.** Materiais utilizados no experimento sobre energia potencial elástica



Fonte: Acervo pessoal.

Os estudantes precisam encaixar o elástico entre dois ganchos fixos em uma tábua de madeira, formando assim um estilingue. O projétil será um cano de PVC que precisará passar por um cilindro reto de papelão cortado ao meio ligado à tábua (ver Figura 10).

Logo após a apresentação dos materiais constantes na figura acima, o professor deverá explicar aos estudantes que será realizada uma atividade experimental sobre energia potencial elástica. Os estudantes deverão se organizar em grupos de três ou quatro membros. Para consecução dessa atividade, será entregue aos grupos dois tipos diferentes de elásticos, um com constante elástica maior que o outro. O professor deverá esclarecer aos estudantes que devem efetuar no mínimo seis deformações ( $X_1, X_2, \dots$ ) com cada elástico e medir com a régua essas deformações, a fim de se fazer seis arremessos do projétil (pedaço de cano de PVC). O professor deverá solicitar que meçam com uma fita métrica o alcance horizontal ( $A_1, A_2, \dots$ ) desse projétil e preencham o quadro apresentado a seguir.

**Quadro 4.** Deformação *versus* alcance

Elástico 1		Elástico 2	
X <sub>1</sub> =	A <sub>1</sub> =	X <sub>1</sub> =	A <sub>1</sub> =
X <sub>2</sub> =	A <sub>2</sub> =	X <sub>2</sub> =	A <sub>2</sub> =
X <sub>3</sub> =	A <sub>3</sub> =	X <sub>3</sub> =	A <sub>3</sub> =
X <sub>4</sub> =	A <sub>4</sub> =	X <sub>4</sub> =	A <sub>4</sub> =
X <sub>5</sub> =	A <sub>5</sub> =	X <sub>5</sub> =	A <sub>5</sub> =
X <sub>6</sub> =	D <sub>6</sub> =	X <sub>6</sub> =	D <sub>6</sub> =

Fonte: Acervo pessoal.

Durante a realização desse experimento, os estudantes deverão perceber que o tipo de elástico e a deformação sofrida por ele serão dois fatores que interferirão no alcance do projétil. Cabe fazer presente que, ao longo da experimentação, o professor deverá fazer questionamentos com o intuito de levar os estudantes a refletirem a respeito da relação “deformação/ alcance” e “tipo de elástico/ alcance”.

Se ressalta que essa atividade experimental deve ser realizada em um local reservado do colégio, de modo que outros alunos não sejam atingidos pelo projétil a ser lançado. Nesse sentido, sinaliza-se que o professor deve ter certa cautela ao executar essa atividade em sala de aula.

A figura abaixo mostra um grupo de estudantes fazendo o experimento supracitado.

**Figura 11.** Alunos realizando experimento sobre energia potencial elástica (Grupo 1)



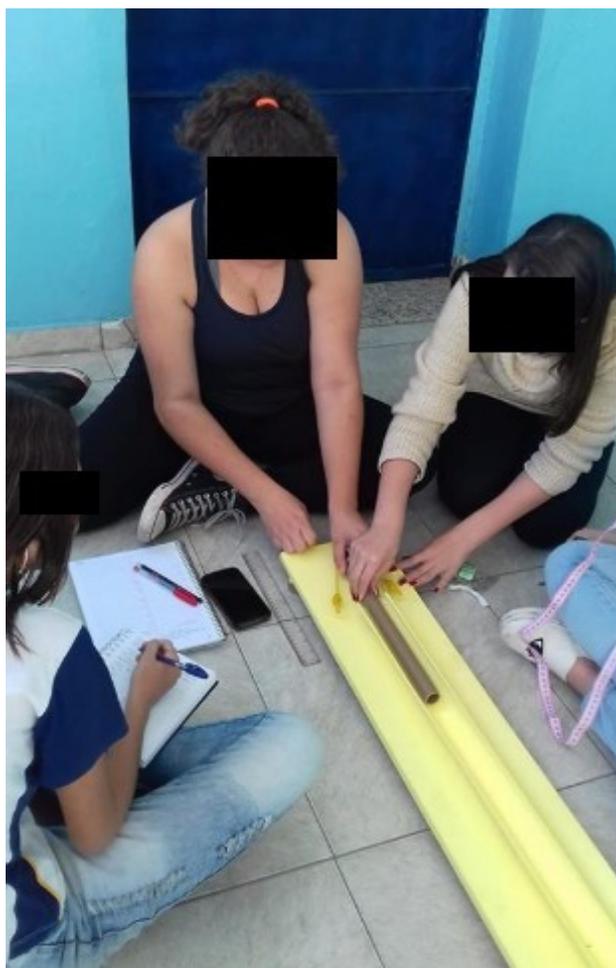
Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 12.** Alunos realizando experimento sobre energia potencial elástica (Grupo 2)



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 13.** Alunos realizando experimento sobre energia potencial elástica (Grupo 3)

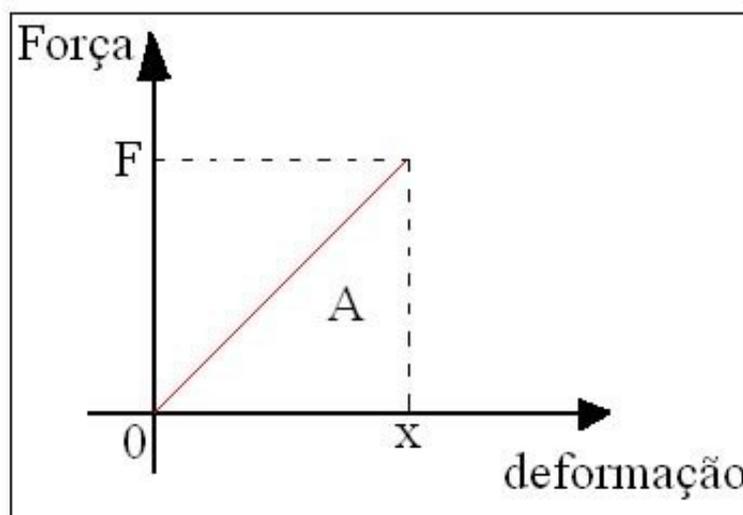


Fonte: Acervo pessoal.

### **Aula 9 – Formalização da equação de energia potencial elástica**

Esta aula se inicia com a entrega do quadro “Deformação *versus* Alcance”, que os estudantes preencheram na Aula 8. Para dar prosseguimento à aula, deve-se retomar algumas constatações a que os próprios estudantes chegaram, isto é, o vínculo entre “deformação/ alcance” e “tipo de elástico/ alcance”. Nessa perspectiva, enfatiza-se que a força elástica é diretamente proporcional a deformação sofrida pelo elástico. A partir daí, deve-se construir um gráfico (Gráfico 1) mostrando que, quanto maior a deformação maior será a força elástica, explicitando a relação de proporcionalidade entre essas duas grandezas em dado limite.

Gráfico 1. Força elástica versus Deformação



Disponível em:

<[https://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo\\_legenda/lei%20de%20hooke.jpg](https://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo_legenda/lei%20de%20hooke.jpg)>. Acesso em: 5 de jul. 2018.

Feito isso, deve-se fazer a seguinte demonstração. Sabe-se que, numericamente, a área sob a reta do gráfico (área de um triângulo) é igual ao trabalho realizado pela força elástica. Daí,

$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

Sendo:  $A$  a área do triângulo;  $b$  a base do triângulo;  $h$  a altura do triângulo.

Neste caso, podemos identificar o  $b$  com a deformação  $x$  do elástico e  $h$

com a força elástica  $F$ . Então,  $W = \frac{F \cdot x}{2}$  (I)

Lembrando que pela Lei de Hooke,  $F = k \cdot x$  (II)

Sendo  $k$  a constante elástica do elástico e  $x$  a deformação sofrida por ele.

Substituindo a equação (II) na equação (I), teremos a seguinte equação:

$$W = \frac{k \cdot x^2}{2} \text{ (III)}$$

De (III) desprende-se que  $E_{p\text{el}} = \frac{k \cdot x^2}{2}$ , ou seja, o trabalho realizado pelo elástico equivale à energia potencial elástica.

## Aulas 10 e 11 – Conservação de Energia Mecânica

Nestas aulas o professor deve trabalhar com uma atividade experimental pelo viés do Ensino por Investigação (EI), lembrando que será necessário o desenvolvimento das práticas experimentais realizadas nas aulas 2, 5 e 8 para o desenvolvimento da atividade realizada nesta aula. Cabe sinalizar que, para a realização deste experimento, deverão ser utilizadas duas aulas geminadas de 50 minutos.

Ao longo desta atividade experimental, os estudantes deverão ter a liberdade de levantar hipóteses, elaborar um plano de trabalho, coletar dados e levantar conclusões a respeito do que estão investigando, o que configura o GRAU IV (PELLA, 1969 *apud* CARVALHO, 2010), conforme exposto no Quadro 1.

Os alunos devem receber a orientação de que a bolinha, ao descer o trilho do experimento, terá que acertar a cestinha. Será necessário que eles criem estratégias para conseguir alcançar este objetivo. Os estudantes deverão ter total autonomia para manipularem o experimento, que denominamos “O problema da cestinha”, cuja montagem é apresentada na figura abaixo.

**Figura 14.** “O problema da cestinha”



Fonte: Acervo pessoal.

Destacamos que a parte inferior desse experimento (a canaleta ligada à cestinha) pode ser ajustada pelos estudantes de tal maneira que a bolinha ao descer o trilho (parte branca superior da Figura 14) atingisse a cestinha.

Na figura abaixo os estudantes estão realizando o experimento relacionado ao “O problema da cestinha”.

**Figura 15.** Alunos realizando experimento sobre conservação de energia (Grupo 3)



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 16.** Alunos realizando experimento sobre conservação de energia (Grupo 2)



Fonte: Acervo pessoal.

**Figura 17.** Alunos realizando experimento sobre conservação de energia (Grupo 3)



Fonte: Acervo pessoal.

## **Aula 12 - Conservação da Energia Mecânica e o Cotidiano**

Nesta aula, deve ser feito por parte do professor uma breve retomada dos conceitos trabalhados nas aulas anteriores. Em seguida deverão ser mostrados dois vídeos que tem como pano de fundo a noção de conservação de energia aplicada ao cotidiano dos estudantes. Logo após a mostra do vídeo, deve-se procurar estimular o pensamento dos alunos para que estabeleçam uma relação entre a conservação da energia mecânica e sua aplicação.

O primeiro vídeo tem como título o *Loop Humano*<sup>23</sup>. Nele, uma pessoa tenta completar uma volta completa em um *loop*. Para que ela realize uma volta inteira sem perder o contato, é necessária uma quantidade de energia mínima de modo que o objetivo seja atingido.

Se pretende que os estudantes entendam que para a pessoa conseguir dar a volta completa ela deve ter dada energia mecânica ao entrar no *looping*, correlacionando adequadamente à ideia entre energia cinética que é função também da velocidade e a energia potencial gravitacional (que também tem vínculo com a

---

<sup>23</sup> O vídeo pode ser encontrado no link: <https://www.youtube.com/watch?v=OTcdutlcEJ4&t=45s> acessado em 12 de jul.2018.

altura, especialmente do *looping*). Em outras palavras, os estudantes devem compreender que há conservação da energia mecânica.

O segundo vídeo trata da maior montanha russa do mundo<sup>24</sup>. Nele, em dados trechos da montanha as pessoas que estavam se divertindo no brinquedo eram submetidas a alturas relativamente grandes. A partir daí, o carrinho no qual estavam se deslocava para baixo tendo velocidade inicial praticamente nula e, à medida que descia, sua velocidade aumentava gradativamente. Neste ponto, os estudantes devem observar com bastante clareza que a energia potencial gravitacional se converte em energia cinética.

### **Aula 13 - Formalização dos Conceitos de Conservação da Energia Mecânica**

No início desta aula, o professor deve retomar o experimento da cestinha, lembrando alguns conceitos referentes à conservação da energia mecânica. Para tanto, deverão ser levantados alguns questionamentos que têm por objetivo conduzir o pensamento dos estudantes de modo a prepará-los para a construção e formalização das noções tangentes à conservação da energia mecânica.

Nesse sentido, sugere-se que o professor faça perguntas do tipo: “No ponto em que a bolinha foi abandonada existia alguma forma de energia? Se a resposta for sim, qual o tipo de energia?”.

Logo após a esse momento, é recomendável que se faça outro questionamento do tipo: “No momento em que a bolinha atingia a cestinha, que estava no ponto considerado altura zero, qual forma de energia ela apresentava?”. Sugerimos que se faça outra pergunta como: “Será que a energia potencial gravitacional da bolinha foi zerada e a energia cinética surgiu do nada?”. A esses questionamentos, os estudantes devem se posicionar entendendo que havia uma relação entre essas duas formas de energia demonstrando um pensamento incipiente de que a energia mecânica conservar-se-ia.

Em seguida, o professor deve retomar as aulas 2, 5 e 8 para mostrar a conservação da energia mecânica em cada experimento que fez parte da sequência didática. A partir de então, o professor pode se dirigir à lousa, esboçando cada experimento realizado nas aulas citadas anteriormente. Um desses desenhos

---

<sup>24</sup> O vídeo pode ser encontrado no link: [https://www.youtube.com/watch?v=O\\_GeQySmUfU](https://www.youtube.com/watch?v=O_GeQySmUfU) acessado em 12 jul.2018.

esboçados deverá ser um plano inclinado referente ao experimento da Aula 2 e o professor deve marcar dois pontos (um no início do plano inclinado e outro no final). Por um viés quantitativo, deve-se demonstrar que a energia mecânica no ponto mais alto da rampa (energia potencial gravitacional) é igual à energia mecânica no final da rampa (energia cinética), desprezando-se as forças dissipativas.

Em seguida deve-se esboçar uma bolinha representada em queda livre, relacionada ao experimento da Aula 5. Analogamente à Aula 2, aqui também deve-se usar a ideia da conservação da energia mecânica, ou seja, a energia no ponto mais alto da bolinha (energia potencial gravitacional) é igual a energia mecânica quando a bolinha atinge o solo (energia cinética).

Sugerimos que, ao longo das demonstrações, deve haver um claro e contínuo diálogo entre o professor e os estudantes, de modo que as ideias essenciais para a compreensão dos conceitos envolvidos com a conservação da energia mecânica sejam levadas a cabo durante a demonstração. É preciso frisar ainda que as equações que devem ser utilizadas são:

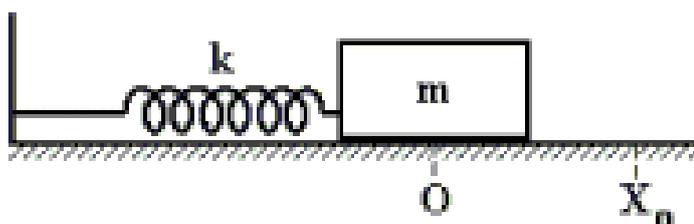
$$E_{M_i} = E_{M_f}$$

$$E_{pg_i} = E_{c_f}$$

Em que:  $E_{M_i}$  representa a energia mecânica inicial;  $E_{M_f}$  representa a energia mecânica final;  $E_{pg_i}$  é a energia potencial gravitacional inicial, e  $E_{c_f}$  significa a energia cinética final.

No momento seguinte, deve ser feito um esboço, conforme a Figura 18 referente ao experimento da Aula 8 (canhão elástico).

**Figura 18.** Sistema massa-mola



Disponível em: <<http://www.fisicaevestibular.com.br/images/mhs/image070.gif>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

O professor junto à turma deve estabelecer relações entre o sistema massa-mola e o canhão elástico. Para isso, sugere-se que seja perguntado aos estudantes se seria possível fazer uma analogia entre o sistema apresentado acima e o canhão elástico. A partir desse ponto, deve-se fazer a seguinte comparação: “marcaremos um ponto no qual a mola está comprimida (ponto  $x$ ) e outro ponto quando o corpo de massa  $m$  se move com velocidade  $v$  após ter perdido contato com a mola. É interessante notar que, assim que mencionei que a mola estava no ponto  $x$ , os estudantes logo associaram ao elástico sendo deformado na atividade experimental; e, quando disse que o corpo perdeu o contato com a mola, os estudantes inferiram e associaram ao momento do experimento em que o pedaço de cano está sendo arremessado pelo elástico deformado”.

Logo após deve-se procurar fazer a seguinte demonstração na lousa:

$$E_{M_i} = E_{M_f}$$

$$E_{pot_i} = E_{cf}$$

Sendo que:  $E_{M_i}$  representa a energia mecânica inicial;  $E_{M_f}$  representa a energia mecânica final;  $E_{pot_i}$  é a energia potencial elástica inicial, e  $E_{cf}$  significa a energia cinética final.

Após essa formalização, os alunos devem concluir que, usando a definição de que quando um sistema está na ausência de forças dissipativas, a energia mecânica se conserva.

### **Aula 14 - Pós-teste**

Nesta aula, deve buscar, em princípio, esclarecer sobre a importância da participação dos estudantes no que se refere ao questionário que responderiam. Este foi idêntico ao questionário aplicado no Pré-teste (Anexo 1). Os alunos precisam compreender a relevância dessa aplicação (Pós-teste).

O Pós-teste deve ser aplicado para obter-se uma comparação das ideias dos estudantes (concepções prévias) apresentadas no Pré-teste.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULER, D. **Interações entre Ciência - Tecnologia - Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. 2002. 258f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O Entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n.2, p. 182-217, 2006.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. (Coleção Ideias em Ação).

SCHEPPER, R. **Projetos Temáticos e Enfoque CTS na Educação Básica: Caracterização dos Trabalhos Apresentados por Autores Brasileiros, Espanhóis e Portugueses nos Seminários Ibero-americanos de CTS**. 2014, 88f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014.

SCHEPPER, R.; FERNANDES, L. F.; MENEZES, P. H. D. **Contribuições de Brasileiros e Ibéricos para o Enfoque CTS na Educação Básica**. Juiz de Fora: Spargere, 2018.

SEPINI, R. P. **Mudanças nas concepções de atitudes relacionadas com ciência, tecnologia e sociedade (CTS), identificadas a partir de uma atividade de ensino com emprego de sequência didática (SD) com enfoque na natureza da ciência e da tecnologia (NDC&T)**. 2014. 261 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2014.

SOUZA, V. R. **Uma proposta para o ensino de Energia Mecânica e sua conservação através do uso de analogias**. 2015, 80f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas**. 2012. 283f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

## Anexo 1

### Pré-teste / Pós-teste

Aluno: \_\_\_\_\_

1-Em uma partida de futebol, um jogador lança a bola pelo ar em direção ao campo adversário. Nesta situação, qual (ais) tipo (s) de energia (s) que a bola em movimento possui? Explique.

**Figura 1 - Lançamento da bola.**



Disponível em: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTvGnUOHBDkjBgDjEuguY0hhku6xOEW2h6wlcwejy3qQHD5YtKSvw>. Acesso em: 17 mai. 2018.

---



---



---



---



---



---

2- Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. A figura abaixo mostra uma mulher executando seu salto.

**Figura 2 - Salto a vara.**

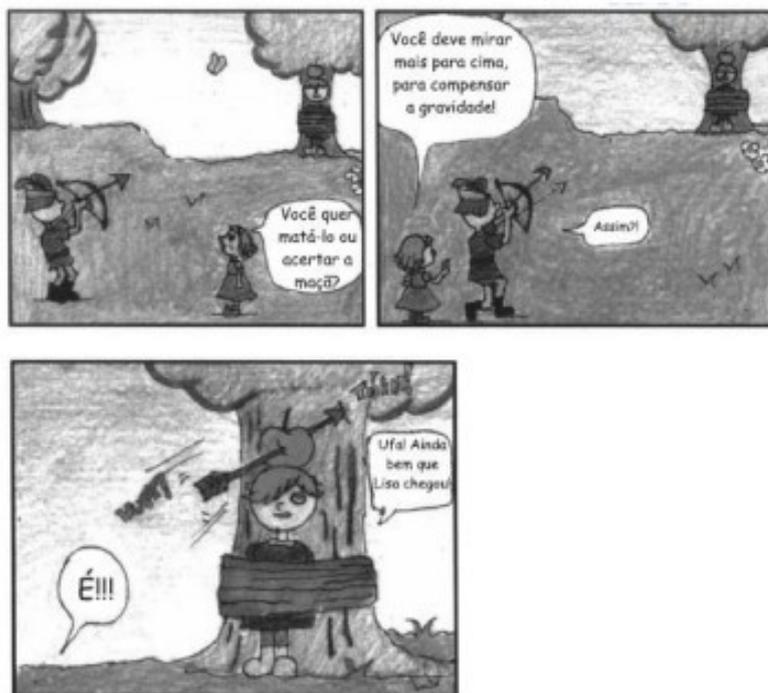


Disponível em: [https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS71rd0QIRZtXmYXF817iCH0FuAlptkZgXrMkZ\\_dE7-dHMBUDs5fg](https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS71rd0QIRZtXmYXF817iCH0FuAlptkZgXrMkZ_dE7-dHMBUDs5fg). Acesso em: 17 de mai. 2018.



3- Observe a situação descrita na tirinha abaixo.

**Figura 3** - Lançamento da flecha.



(Francisco Caruso & Luisa Daou, Tirinhas de Física, vol. 2, (CBPF, Rio de Janeiro, 2000).)

No momento que o menino deforma o elástico do arco juntamente com a flecha, há algum tipo de energia? Se a resposta for sim, para onde foi a energia deste início após a flecha ser lançada? Explique com suas palavras.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

## Anexo 2

### Textos utilizados na sequência didática

#### Como funciona o KERS

Há alguns poucos anos, a Fórmula 1 apresentou uma nova tecnologia, que, teoricamente, torna os carros mais ecologicamente corretos. O sistema de Recuperação de Energia, ou KERS, é um dispositivo usado para converter parte da energia desperdiçada nas frenagens em energia de tipos mais úteis, que então pode ser utilizada para aumentar a potência dos carros.

Parece bastante complicado, mas não é. A física básica do KERS é explicada em quase todas as escolas do Ensino Médio. Quando você dirige seu carro nas ruas e freia, a maior parte dessa energia é convertida em calor (é por isso que os carros rápidos precisam manter seus freios frios). Na maioria dos carros a energia em forma de calor é desperdiçada, mas, em um veículo equipado com o KERS, não é o caso. Quando o piloto freia, a maior parte da energia ainda é convertida em calor, mas uma parte é tratada de maneira diferente e armazenada no carro.

De acordo com o regulamento atual da Fórmula 1, quando um piloto pressiona seu botão de impulso, essa energia armazenada é novamente convertida, podendo proporcionar 85 hp (*horse-power*) extras por pouco menos de sete segundos.

**Figura 1 - Carro de Fórmula 1.**



Disponível em: < <http://revista.webmotors.com.br/revista/lancamento/entenda.com> >. Acesso em 14 jun. 2018.

### **Energia Hidrelétrica**<sup>25</sup>

No Brasil, devido a sua enorme quantidade de rios, a maior parte da energia elétrica disponível é proveniente de grandes usinas hidrelétricas.

A energia primária de uma hidrelétrica é a energia potencial gravitacional da água contida numa represa elevada. Antes de se tornar energia elétrica, a energia primária deve ser convertida em energia cinética de rotação.

O dispositivo que realiza essa transformação é a turbina. Ela consiste basicamente em uma roda dotada de pás, que é posta em rápida rotação ao receber a massa de água. O último elemento dessa cadeia de transformações é o gerador, que converte o movimento rotatório da turbina em energia elétrica.

---

<sup>25</sup> Fragmento do texto tirado do Portal São Francisco. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/geografia/energia-hidreletrica>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

**Figura 2 - Usina Hidrelétrica.**



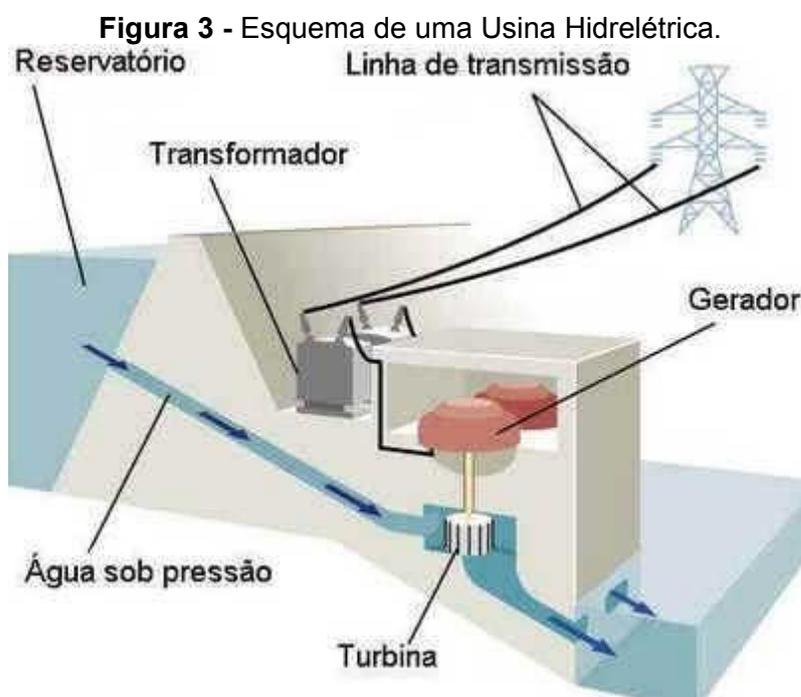
Disponível em: < <https://cdn.portalsaofrancisco.com.br/wp-content/uploads/2015/12/energi131.jpg>>. Acesso em 14 jun. 2018.

Um rio não é percorrido pela mesma quantidade de água durante o ano inteiro. Em uma estação chuvosa, é claro, a quantidade de água aumenta. Para aproveitar ao máximo as possibilidades de fornecimento de energia de um rio, deve-se regularizar a sua vazão, a fim de que a usina possa funcionar continuamente com toda a potência instalada.

A vazão de água é regularizada pela construção de lagos artificiais. Uma represa, construída de material muito resistente – pedra, terra e, frequentemente, cimento armado –, fecha o vale pelo qual corre o rio. As águas param e formam o lago artificial. Dele pode-se tirar água quando o rio está baixo ou mesmo seco, obtendo-se assim uma vazão constante. A construção de represas quase sempre constitui uma grande empreitada da engenharia civil. Os paredões, de tamanho gigante, devem resistir às extraordinárias forças exercidas pelas águas que ela deve conter. Às vezes, têm que suportar ainda a pressão das paredes rochosas da montanha em que se apoiam.

Para diminuir o efeito das dilatações e contrações devidas às mudanças de temperatura, a construção é feita em diversos blocos, separados por juntas de dilatação. Quando a represa está concluída, em sua massa são colocados termômetros capazes de transmitir a medida da temperatura a distância; eles

registram as diferenças de temperatura que se possam verificar entre um ponto e outro do paredão e indicam se há perigo de ocorrerem tensões que provoquem fendas.



Disponível em: < <https://cdn.portalsaofrancisco.com.br/wp-content/uploads/2015/12/energi141.jpg> >  
Acesso em 14 jun. 2018.