



# Uma Abordagem Experimental para Analisar a Conservação da Energia Mecânica através do Software Tracker no Ensino Médio

An Experimental Approach to Analyze the Conservation of Mechanical Energy through the Software Tracker in High School

VANESSA TORRES<sup>1</sup>, M. GOMES DA SILVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas.

DOI: <https://doi.org/10.26512/rpf.v6i2.38521>

---

## Resumo

*Para a maior parte dos alunos, a Física não passa de um conjunto de códigos e fórmulas a serem memorizadas. Entre as causas desse reconhecido fracasso no aprendizado de Física está a falta de uma metodologia moderna, tanto do ponto de vista pedagógico quanto tecnológico. Diante deste cenário, acreditamos que os experimentos facilitam a visualização dos fenômenos físicos. Outra alternativa é utilizar os simuladores como ferramenta para facilitar a compreensão dos conteúdos. Neste sentido, a presente pesquisa tem por finalidade investigar o desenvolvimento do processo de aprendizagem aplicado ao ensino da Conservação da Energia Mecânica utilizando uma estrutura educacional que busca articular o uso pedagógico do Software Tracker em conjunto com a experimentação. A metodologia utilizada foi à pesquisa qualitativa, experimental e observacional. A abordagem foi baseada na teoria da aprendizagem significativa. Como resultado, a pesquisa sugere que as atividades que envolvem experimentações e simulações são potencialmente facilitadoras no processo de aprendizagem. Concluímos que o uso de experimentos e simulações, especificamente o Tracker, são ferramentas educacionais importantes no processo de ensino-aprendizagem.*

**Palavras-chave:** Conservação da Energia. Experimento. Software Tracker. Ensino de Mecânica.

---

## Abstract

*For most students, Physics is just a set of codes and formulas to be memorized. Among the causes of this recognized failure in the learning of Physics is the lack of a modern methodology, both from a pedagogical and technological point of view. Given this scenario, we believe that the experiments to facilitate the visualization of physical phenomena. Another alternative is to use the simulators as a tool to facilitate the understanding of the contents. In this sense, this*

*research aims to investigate the development of the learning process applied to the teaching of Mechanical Energy Conservation using an educational structure that seeks to articulate the pedagogical use of Software Tracker in conjunction with experimentation. The methodology used was qualitative, experimental and observational research. The approach was based on the theory of meaningful learning. As a result, the research suggests that activities that involve experimentation and simulations are potentially facilitators in the learning process. We conclude that the use of experiments and simulations, specifically the Tracker, are important educational tools in the teaching-learning process.*

**Keywords:** Energy Conservation. Experiment. Tracker software. Mechanics teaching.

---

## I. INTRODUÇÃO

Muitos alunos ao entrar em contato com a disciplina, às vezes, se questionam: para que serve o estudo da disciplina de Física para minha vida? A motivação e o interesse do aluno pela Física não irá se manifestar se o conteúdo for repassado de uma forma linear do livro-guia do professor para o caderno-receptor do aluno sem que haja, de ambas as partes, uma reflexão consistente e aprofundada de seus significados, de suas relações específicas e de outras mais abrangentes.

Diante desse cenário, muitos professores adotam os experimentos para facilitar a visualização dos fenômenos físicos, o que é importante e eficiente, pois chama a atenção dos alunos e mostra que a Física é muito mais do que cálculos matemáticos.

Ressaltando aqui a importância social e científica deste estudo nas palavras de Rodrigues e Castilho (2012, p. 1), na referência [20]:

A Física é uma ciência experimental, onde a aprendizagem significativa dá-se quando há interação de uma informação a um aspecto que atraia a atenção do aluno. O conteúdo é aprendido de forma significativa quando relacionado a outras ideias e conceitos, ficando assim, mais claro na mente do aluno.

A experimentação no Ensino da Física é uma ferramenta auxiliadora no processo ensino-aprendizagem. Porém, à experimentação desvinculada da teoria não é suficiente para alcançar o conhecimento, apenas contribui para o desenvolvimento intelectual do aluno. Todavia, a disciplina de Física não se reduz ao mero domínio de regras, ou decoração de formulas, mas implica também os aspectos teóricos e práticos interligados (LIBÂNEO, 2006).

Quanto as mídias digitais como instrumentos mediadores no processo de ensino e aprendizagem - permitem aos alunos uma maior autonomia nos seus estudos, fazendo com que se sintam desafiados a aprender através das possibilidades que a tecnologia traz. Segundo Valente (1993) “para a implantação dos recursos tecnológicos de forma eficaz na educação são necessários quatro ingredientes básicos: o computador, o *software* educativo, o professor capacitado para usar o computador como meio educacional e o aluno”, sendo

que nenhum se sobressai ao outro. O autor acentua que, “o computador não é mais o instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo e, portanto, o aprendizado ocorre pelo fato de estar executando uma tarefa por intermédio do computador” (p.13).

Dentre as alternativas na utilização de videoanálise, o *Software Tracker* (BROWN, 2011) foi apresentado com perspectivas e resultados promissores (BROWN; COX, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2011). Uma das vantagens da videoanálise com o *Tracker* advém da simplificação dos procedimentos e da eliminação de algumas tarefas intermediárias que surgem quando se faz a análise de fotografias obtidas com máquinas digitais.

O *Software Tracker* identifica automaticamente a quantidade de quadros por segundo empregadas pela câmera digital usada (o que permite o uso de câmeras digitais diversas). Além disso, os dados de posição e tempo são apresentados em uma tela que possibilita a análise e manipulação desses dados de forma simples e rápida. Por esse motivo, a proposta do *Tracker* é adequada ao tempo e ao espaço onde ocorreria uma aula de laboratório de física, ou mesmo como apoio a uma aula expositiva.

Quanto a escolha do tema do artigo, muitos pesquisadores enfatizam a importância do ensino de Energia e Conservação de Energia no Ensino Médio, consideram que esse conhecimento poderá contribuir efetivamente para uma formação científica e emancipadora dos nossos estudantes. De acordo com Moreira (1999, p. 2), na referência [18]:

Se tivéssemos que citar um único conceito físico como o mais importante para física, e para toda a ciência de um modo geral, este seria sem dúvida o conceito de energia. De maneira análoga, se tivéssemos que citar qual o mais útil princípio físico para toda a ciência, a escolha, certamente, recairia sobre o princípio de conservação de energia. Aliás, não é difícil de perceber que estas escolhas estão relacionadas.

Corroborando Barbosa (2006), o conceito de energia é um dos conceitos mais difíceis de ser compreendido pelos alunos, devido a diversas razões, entre elas, as diferentes formas enfatizadas por outras disciplinas e a linguagem cotidiana, que trazem diversos termos e significados que se confundem com o termo científico de energia. Temos, como exemplo, a utilização de expressões como "gastar energia", ou "repor as energias" ligados à ideia da realização de atividades físicas ou ao consumo de bebidas e alimentos.

Por conseguinte, temos o seguinte problema de pesquisa: Quais as contribuições do uso do *Software Tracker* em conjunto com um experimento didático no processo de ensino e aprendizagem no estudo da Conservação da Energia Mecânica aos alunos do ensino médio? Para tanto traçou-se como Objetivo Geral: Mostrar que quanto maior a energia potencial gravitacional no início do movimento de queda de um objeto, maior será sua energia cinética ao final da queda e determinar se há ou não conservação de energia em um sistema quando um corpo é lançado de um plano inclinado desconsiderando as forças que o fazem perder energia.

Os Objetivos Específicos que dirigiram esse trabalho com o intuito de atingir o Objetivo Geral no problema da pesquisa foram os seguintes: Propor um experimento que consiste

em uma esfera rolando sobre um plano inclinado, para o qual a inclinação pode ser variada; Analisar a energia potencial gravitacional de um objeto em queda em um plano inclinado; Utilizar o *Software Tracker* para estimar o valor da velocidade com que a bolinha atinge a base do plano inclinado; Investigar o princípio da Conservação da Energia; Construir os gráficos que descrevem o movimento: velocidade *versus* tempo; posição *versus* tempo e energia cinética *versus* tempo.

A metodologia utilizada nesse trabalho foi à pesquisa qualitativa, experimental e observacional. A abordagem foi baseada na teoria de David Ausubel que propôs a ideia de aprendizagem significativa.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho teve como alicerce dois fundamentos teóricos. O conteúdo a ser explicado foi o conceito de energia e sua conservação. A conservação de energia é extensamente explorada no ensino médio, porém certos aspectos voltados para o uso do recurso computacional requerem mais cuidado e será tratado em uma subseção. Porém antes deve-se colocar a metodologia de ensino em que foi abordado a pesquisa. Para tanto, a próxima subseção trata desse assunto.

### I. Teoria da Aprendizagem Significativa

O ensino tem assumido um espaço importante no processo de formação de cidadãos críticos, éticos e com capacidade de interpretar o mundo à sua volta.

Portanto, ao buscar estratégias de ensino que proporcionem a interação dos assuntos escolares com os conhecimentos contidos na mente dos estudantes, muitos pesquisadores e especialistas da área utilizam a teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel em 1963 (vem referência) para fundamentar seus métodos de ensino e propostas de pesquisa.

A teoria de aprendizagem significativa é entendida como um mecanismo cognitivo para o processo de aprendizagem. Nesse mecanismo, uma nova informação interage com os conhecimentos e ideias prévias do aprendiz. Com isso, a aprendizagem ocorre quando essa nova informação se relaciona com o aluno de maneira relevante e significativa.

O conjunto de conhecimentos e ideias existentes na mente do indivíduo é definida como estrutura cognitiva. A aprendizagem cognitiva pode ser definida como aquela na qual um determinado conteúdo é inserido na estrutura cognitiva de forma organizada, criando um complexo organizado de informações (APOSTEL, 1959).

A maior contribuição de Ausubel em sua teoria é ensinar a partir do que o aluno já conhece. Em suas palavras, “O mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isto e ensine-o de acordo” (Ausubel, 1980, p. 6). Para Ausubel (1968), a aprendizagem é muito mais significativa à medida que um novo conhecimento é incorporado às estruturas de conhecimento de um aprendiz e, adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio.

A aprendizagem torna-se significativa quando o conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos presente no sujeito, permite significar um novo conhecimento

seja de forma mediada ou pela própria interferência do sujeito. Na referência [19] de acordo com Moreira:

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (MOREIRA, 2010, p. 2).

As concepções prévias dos aprendizes, muitas vezes, estão associadas a situações observadas e/ou vivenciadas por eles em seu cotidiano. São concepções que precisam ser reconhecidas e, muitas vezes, desconstruídas no processo de ensino e aprendizagem.

O foco principal que o presente trabalho se propõe explorar é para a necessidade da condução do aluno que favoreça uma postura reflexiva e investigativa, que possibilite conciliar os conceitos já trazidos por ele e os novos conceitos adquiridos na escola, pois:

Grande parte das concepções espontâneas, senão todas que a criança adquire, resulta das experiências por ela vivida no dia a dia, mas essas experiências só adquirem sentido quando ela as compartilha com adultos ou parceiros mais capazes, pois são eles que transmitem a essa criança os significados e explicações atribuídos a essas experiências no universo sociocultural em que vivem. (GASPAR, 2014, p. 232).

Assim, defende-se nesse trabalho que as atividades experimentais em conjunto com o uso de simuladores podem contribuir para que os estudantes adquiram conhecimentos científicos através de seus conhecimentos prévios. Nesse sentido, destaca-se a importância dessas atividades para explicar os conteúdos de Física, problematizar e assim contribuir para a sistematização do conhecimento dos educandos, tornado a aprendizagem significativa.

## II. Energia

O termo “energia” faz parte de nosso cotidiano, é difundido por todas as mídias e sem a preocupação em explicar o conceito, é comumente confundido com força e movimento. Expressões como: renovar energia, energia negativa e positiva, gasto energético e alimentos energéticos, são uma constante na vida dos estudantes e os significados dessas “energias” quase sempre estão distantes do conceito científico. Portanto deve-se trabalhar o conceito Energia com mais cautela, para que as ideias que os estudantes possuem de Energia possam ser revisadas e reelaboradas. Nessa perspectiva, a aprendizagem poderá ser significativa, pois os conceitos poderão ser reconstruídos.

O tratamento conceitual presente em muitos livros de física do Ensino Médio e nas aulas de muitos professores define energia como a capacidade de realizar trabalho, como podemos observar nos textos de Silva *et al.* (2000) e Carron e Guimarães (1999). Essa definição, que teve sua origem no século XVII, sendo encontrada nos trabalhos de Maxwell,

em 1877, perpetua-se até hoje e restringe a energia ao campo da mecânica. Através do estabelecimento da segunda lei da termodinâmica, verificou-se que nem toda energia servia para realizar trabalho. A energia interna, por exemplo, não pode converter-se totalmente em trabalho. Assim, a definição apresentada acima é considerada inadequada por diversos autores, como Hicks (1983) e Trumper (1990). Planck acreditava, no início do século XX, que essa forma de definir energia seria abandonada em cerca de vinte anos (DUIT, 1986, apud, DOMÉNECH *et al.*, 2003). Mas, como observado em vários livros didáticos, o conceito de energia apresentado ainda continua o mesmo (energia é a capacidade de realizar trabalho).

Apesar da física já ter abandonado o caráter substancial da energia há algum tempo, há alguns estudiosos que ainda apontam a energia como um fluido como a melhor forma de introduzir esse conceito, o que causa, também, um obstáculo para a aprendizagem, pois essa concepção não está bem relacionada com a concepção do cotidiano. A fim de superar essas dificuldades em relação à definição da energia alguns pesquisadores, como Sevilla (1986) e Bunge (1999), a definem como a capacidade de um sistema para produzir mudanças.

Em mecânica, sempre se associa a energia a um corpo. Essa energia é uma grandeza escalar própria do corpo. Quando um corpo possui uma velocidade e esteja sob a ação de forças conservativas, é possível identificar três tipos de energia. A energia cinética, a energia potencial e a energia total que corresponde a soma da energia cinética com a energia potencial. A energia total se conserva, porém pode-se observar mudanças na energia cinética e na energia potencial.

Por exemplo, um corpo atirado para cima com velocidade inicial  $V_0$ , retorna à mesma posição com a mesma velocidade em sentido contrário, se desprezarmos a resistência do ar. Isto é, na ausência de força dissipativa, a energia cinética inicialmente fornecida ao corpo é a mesma na posição final. Porém, no fenômeno descritivo, essa energia se transforma.

A energia cinética de um corpo ( $K$ ) é energia que está relacionada com o estado de movimento do corpo. Por estar associado ao movimento do corpo, a energia cinética é proporcional à massa do corpo e ao quadrado do módulo do vetor de velocidade do corpo. Quanto maior o módulo da velocidade do corpo, maior é a energia cinética. Quando o corpo está em repouso, ou seja, o módulo da velocidade é nulo, a energia cinética é nula. Pode-se expressar a energia cinética de um corpo pela seguinte sentença matemática:

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

onde,  $K$  é a energia cinética do corpo,  $m$  é a massa do corpo e  $v$  é o módulo do vetor de velocidade do corpo.

Enquanto a energia cinética está relacionada ao movimento do corpo, a energia potencial,  $U$ , está relacionada às forças que podem mudar esse movimento. Conhecido a resultante de forças conservativas que atua no corpo em uma determinada posição, a energia potencial está relacionada à integral dessa força.

A energia total consiste na soma da energia cinética com a potencial,  $E=K+U$ . Sua conservação está no cerne da, chamada, **Lei da conservação de energia**, cuja confirmação é o principal assunto desse trabalho.

## II.1 Energia Potencial Gravitacional

Em um campo constante de força, a energia potencial é proporcional ao deslocamento que o corpo faz nesse campo de força. O exemplo mais utilizado de uma força constante é a força gravitacional. Um corpo de massa,  $m$ , que se desloca uma altura,  $H$ , contrário a direção da força adquire energia potencial proporcional a força peso e a altura percorrida,

$$U = mgH \quad (2)$$

onde,  $U$  é a energia potencial gravitacional,  $m$  é a massa,  $g$  é a aceleração da gravidade e  $H$  é a altura que esteja o corpo.

Essa energia potencial é igual a energia total do corpo caso esse seja largado do repouso. Em sua queda, observa-se que a energia potencial é transformada em energia cinética mantendo a energia total conservada.

A energia mecânica de um sistema é a soma da energia cinética,  $K$ , e da energia potencial,  $U$ , do sistema. Energia mecânica pode ser definida como a energia que está relacionada à movimentação dos corpos, ou seja, é a energia que um corpo possui em virtude de ele estar em movimento.

A energia mecânica de um sistema está relacionada ao movimento ou à capacidade de realizar movimento, podendo ser do tipo cinética  $K$  ou potencial  $U$ . A energia cinética está relacionada ao movimento e depende da velocidade; por outro lado, a energia potencial está relacionada a capacidade de realizar o movimento. Existem vários tipos de energia potencial, como exemplo, podemos citar, a potencial gravitacional e a potencial elástica.

Em um sistema conservativo, ou seja, sem atrito, a Energia Mecânica total se conserva, havendo apenas transformação de Energia Potencial em Energia Cinética e vice-versa

$$E_m = K + U \quad (3)$$

## III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi realizado pelos autores da pesquisa experimentos e a análise dos dados coletados, buscando os conceitos, princípios, relações e significados do objeto de estudo. Para tanto, a próxima subseção trata desse assunto.

### I. Tipo de Pesquisa

Foi feito uma pesquisa cuja abordagem é qualitativa, experimental e observacional.

Na abordagem qualitativa, as técnicas de observação são usadas como principal método de investigação, pois possibilita o contato pessoal e estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado, para que chegue o mais perto possível da “perspectiva dos sujeitos”.

De acordo com Gerhardt na referência [11]:

É uma técnica que faz uso dos sentidos para a apreensão de determinados aspectos da realidade. Ela consiste em ver, ouvir e examinar os fatos, os fenômenos que se pretende investigar. A técnica da observação desempenha

importante papel no contexto da descoberta e obriga o investigador a ter um contato mais próximo com o objeto de estudo. (GERHARDT et al, 2009, p. 74).

No procedimento metodológico experimental Alves (2006) aponta que as dimensões teóricas e empíricas não são isoladas, devendo-se encontrar formas de evitar essa fragmentação no conhecimento, para tornar a aprendizagem mais motivadora e acessível para os educandos. Neste tipo de estudo, o pesquisador participa ativamente na condução do fenômeno, processo ou do fato avaliado, isto é, ele atua na causa, modificando-a, e avalia as mudanças no desfecho.

Na pesquisa experimental, o investigador seleciona as variáveis que serão estudadas, define a forma de controle sobre elas e observa os efeitos sobre o objeto de estudo, em condições pré-estabelecidas.

## II. Descrição do experimento

Os pesquisadores desse estudo realizaram experimentos a fim de mostrar que quanto maior a energia potencial gravitacional no início do movimento de queda de um corpo, maior será sua energia cinética ao final da queda. Para fazer uma análise mais precisa do experimento utilizou-se o *software Tracker* para estimar o valor da velocidade com que o corpo (bolinha de silicone) atinge a base do plano inclinado.

Para investigação foram utilizados alguns materiais e procedimentos experimentais que serão tratados nas subseções a seguir.

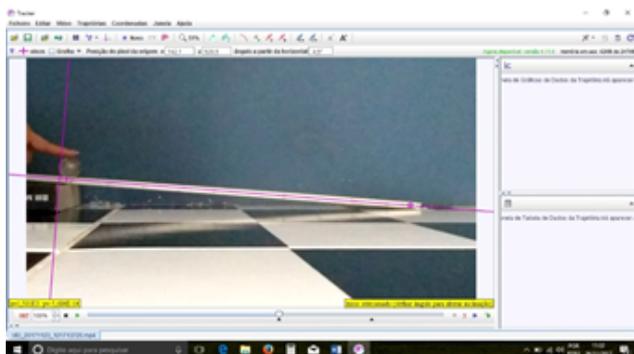
### II.1 Materiais Utilizados

Balança de precisão	5 livros (elevar a rampa de rolamento)
Calha de 50 cm e glicerina	Tripé
Fita métrica	Câmera do smartphone
Bolinha de silicone (18,43g)	Notebook com <i>Software Tracker</i>

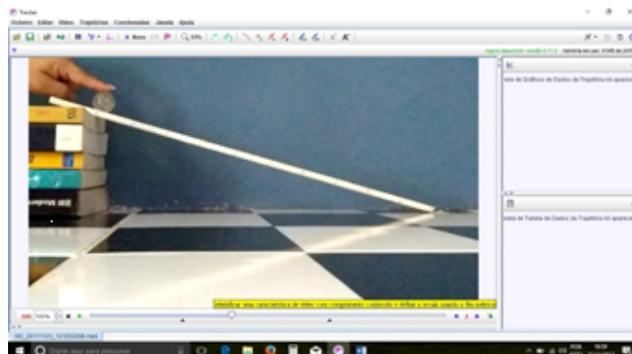
### II.2 Procedimento Experimental

Com o auxílio de uma balança de precisão mede-se a massa de uma bolinha de silicone que foi de 18,43 g. Após empilhar em uma superfície lisa cinco livros, apoia-se uma das pontas da calha em cima dos livros enquanto a outra ponta é apoiada na superfície, como mostra a figura 1. Para a experiência realizada, a calha seria um plano inclinado de 50 cm, lubrificou-se com glicerina para diminuir o atrito entre a bolinha de silicone e a superfície da calha, cuja parte mais alta estava a 13,6 cm da superfície lisa.

Com o auxílio de um tripé fixou-se um smartphone posicionando-o de forma que se enquadrasse com os livros e calha. Então colocou-se no modo de vídeo, para se fazer a



**Figura 1:** Plano Inclinado de altura de 13,6 cm.



**Figura 2:** Plano Inclinado de altura de 3,2 cm.

análise observacional do experimento. Com esse sistema armado pegou-se a bolinha de silicone posicionando-a na extremidade superior da calha. Em seguida deu-se início a gravação de vídeo, então a bolinha de silicone foi largada ao longo do plano inclinado até que ela atingisse a base (chão), nesse momento a gravação de vídeo foi interrompida.

Subtraímos um livro dos empilhados ficando assim com uma altura de 11,4 cm, na sequência retirou-se mais um livro ficando o plano inclinado com uma altura de 8,4 cm, depois removeu-se mais um livro ficando assim como uma altura de 6,1 cm, diminuindo mais ainda o plano inclinado, por fim foi subtraído mais um livro da pilha, ficando assim uma altura de 3,2 cm, como mostra a figura 2.

Realizou-se a gravação do procedimento experimental de todas as respectivas alturas, enquanto a bolinha de silicone descia pelo plano inclinado até que ela atingisse a base (chão), para posterior análise no *Software Tracker*.

### II.3 Análise do experimento usando o *Software Tracker*

As últimas versões do *Tracker* estão disponíveis no formato *jnlp* (*Java Network Launching Protocol*). Portanto, é necessário que se tenha instalado no computador o programa **Java**. Um vídeo é uma sequência de imagens denominadas *frames* (quadros).

O *Software Tracker* primeiramente apresenta um *frame* por vez. Em cada um deles, é possível destacar os aspectos importantes do fenômeno, como, por exemplo, a posição de um determinado objeto. Por fim, o programa constrói gráficos com as variáveis escolhidas pelo usuário (UFRGS, 2009).

Com a análise das imagens, são obtidas as posições e o tempo transcorrido seguindo o procedimento:

1. Abrimos o vídeo a ser analisado;
2. Selecionamos a parte do vídeo de interesse como estudo;
3. Realizamos a calibração da escala;
4. Inserimos os eixos das coordenadas;
5. Definiu-se uma trajetória;

6. Escolhemos as grandezas desejadas na janela de gráficos;
7. Selecionamos as grandezas desejadas na janela de dados;
8. Construiu-se os gráficos e tabelas;
9. Salvou-se a atividade desenvolvida.

#### IV. RESULTADOS

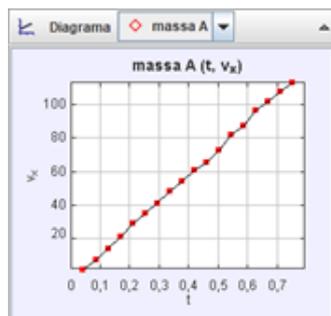
Com o auxílio do *Software Tracker* foi analisado o movimento de rolamento do corpo (bolinha de silicone), que partiu do repouso, e coletado os dados através da construção de uma tabela e dos gráficos da posição *versus* tempo, velocidade *versus* tempo e energia cinética *versus* tempo correspondente as alturas usadas durante o experimento. As tabelas e os gráficos citados são apresentados a seguir:

##### I. Análise correspondente à altura de 13,6 cm

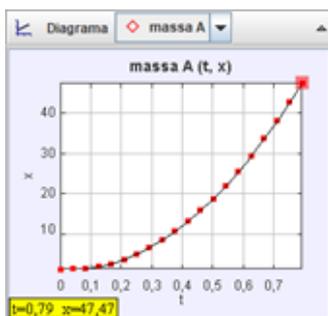
t (s)	x (cm)	y (cm)
0,00	1,48	1,97
0,04	1,49	1,98
0,08	1,64	1,98
0,12	2,11	1,97
0,17	2,83	1,97
0,21	3,89	1,96
0,25	5,29	1,94
0,29	6,85	1,92
0,33	8,76	1,91
0,38	10,91	1,89
0,42	13,30	1,87
0,46	16,03	1,85
0,50	18,79	1,82
0,54	22,14	1,80
0,58	25,66	1,79
0,63	29,44	1,77
0,67	33,73	1,74
0,71	38,00	1,72
0,75	42,78	1,68
0,79	47,47	1,66

**Tabela 1:** Dados do plano inclinado de 13,6 cm.

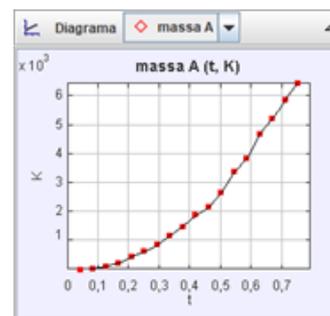
Na tabela 1 e nas demais tabelas geradas o parâmetro  $t$  indica o tempo de descida do corpo (bolinha de silicone) ao longo do plano inclinado e os parâmetros  $x$  e  $y$  indicam a posição do corpo durante o movimento de rolamento. Os gráficos gerados foram os seguintes:



**Figura 3:** Gráfico da posição  $x$  tempo do plano inclinado de altura 13,6 cm.



**Figura 4:** Gráfico da velocidade  $x$  tempo do plano inclinado de altura 13,6 cm.



**Figura 5:** Gráfico da energia cinética  $x$  tempo do plano inclinado de altura 13,6 cm.

Usando a trigonometria, nesta altura, formou-se um ângulo ( ) de  $15,8^\circ$  com a horizontal. Adotou-se  $9,8 \text{ m/s}^2$  o valor da aceleração da gravidade, usando as relações trigonométricas do triângulo retângulo, a segunda Lei de Newton e utilizando como recurso a análise de vídeo no *Software Tracker* encontrou-se a aceleração com que a bolinha de silicone desceu a rampa que foi de  $2,6 \text{ m/s}^2$ , aplicando Torricelli e observando os gráficos no *Tracker*, nessa altura, a velocidade média foi de  $1,6 \text{ m/s}$ .

Pela lei de conservação de energia temos:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = mgH$$

Lembrando que a bolinha de silicone partiu do repouso. Sendo assim, a energia cinética nesse ponto é nula.

Fazendo o cálculo da energia potencial gravitacional no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais alto do plano inclinado, temos:

$$U = mgH$$

$$U = (0,01843 \text{ Kg})(9,8 \text{ m/s}^2)(0,136 \text{ m})$$

$$U = 2,5 \times 10^{-2} \text{ J}$$

Calculando o valor da energia cinética no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais baixo do plano inclinado, temos:

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$K = \frac{(0,01843 \text{ Kg}) \cdot (1,6 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$K = 2,4 \times 10^{-2} \text{ J}$$

## II. Análise correspondente à altura de 11,4 cm

t (s)	x (cm)	y (cm)
0,00	0,52	1,76
0,08	0,52	1,76
0,16	0,53	1,77
0,24	0,53	1,77
0,32	0,55	1,77
0,40	0,85	1,78
0,48	1,90	1,78
0,56	3,92	1,78
0,64	6,90	1,78
0,72	10,25	1,78
0,80	14,95	1,77
0,88	19,78	1,76
0,96	25,62	1,74
1,04	32,41	1,76
1,12	40,01	1,74

Tabela 2: Dados do plano inclinado de 11,4 cm.

Nesta altura formou-se um ângulo ( $\theta$ ) de  $13,18^\circ$  com a horizontal. A aceleração foi de  $2,2 \text{ m/s}^2$ . A velocidade média com que a bolinha de silicone desceu a rampa foi de  $1,5 \text{ m/s}$ . Os gráficos gerados foram os seguintes:

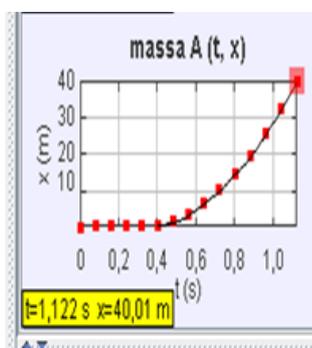


Figura 6: Gráfico da posição  $x$  tempo do plano inclinado de altura 11,4cm.

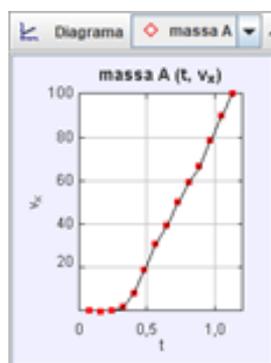


Figura 7: Gráfico da velocidade  $v_x$  tempo do plano inclinado de altura.

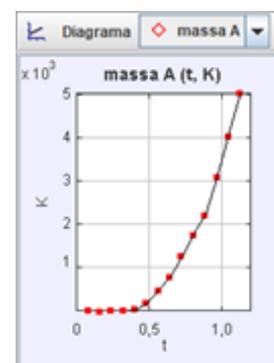


Figura 8: Gráfico da energia cinética  $K$  tempo do plano inclinado de altura 11,4 cm.

Fazendo o cálculo da energia potencial gravitacional no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais alto do plano inclinado, temos:

$$U = mgH$$

$$U = (0,01843 \text{ Kg})(9,8 \text{ m/s}^2)(0,114 \text{ m})$$

$$U = 2,1 \times 10^{-2} \text{ J}$$

Calculando o valor da energia cinética no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais baixo do plano inclinado, temos:

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$K = \frac{(0,01843 \text{ Kg}) \cdot (1,5 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$K = 2,1 \times 10^{-2} \text{ J}$$

### III. Análise correspondente à altura de 8,4 cm

t (s)	x (cm)	y (cm)
0,00	1,29	1,25
0,08	1,28	1,25
0,16	1,29	1,25
0,24	1,32	1,26
0,32	1,79	1,26
0,40	2,95	1,26
0,48	4,74	1,28
0,56	7,12	1,28
0,64	10,30	1,29
0,72	13,87	1,31
0,80	18,21	1,33
0,88	22,81	1,34
0,96	28,23	1,37
1,04	34,40	1,39
1,12	40,93	1,42
1,20	48,16	1,43

Tabela 3: Dados do plano inclinado de 8,4 cm

Nesta altura formou-se um ângulo ( $\theta$ ) de  $9,67^\circ$  com a horizontal. A aceleração com que o corpo desceu a rampa foi de  $1,6 \text{ m/s}^2$ . Tendo a velocidade média de  $1,3 \text{ m/s}$ . E os gráficos gerados foram os seguintes:

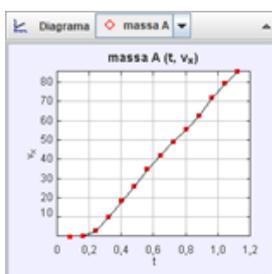


Figura 9: Gráfico da posição  $x$  tempo do plano inclinado de altura 8,4 cm.

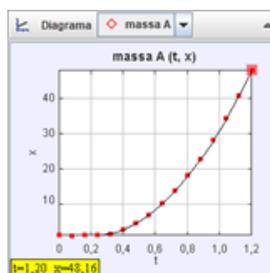


Figura 10: Gráfico da velocidade  $x$  tempo do plano inclinado de altura 8,4 cm.

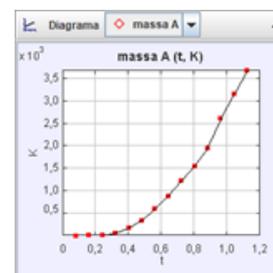


Figura 11: Gráfico da energia cinética  $x$  tempo do plano inclinado de altura 8,4 cm.

Fazendo o cálculo da energia potencial gravitacional no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais alto do plano inclinado, temos:

$$U = mgH$$

$$U = (0,01843 \text{ Kg})(9,8 \text{ m/s}^2)(0,084 \text{ m})$$

$$U = 1,5 \times 10^{-2} \text{ J}$$

Calculando o valor da energia cinética no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais baixo do plano inclinado, temos:

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$K = \frac{(0,01843 \text{ Kg}) \cdot (1,3 \text{ m/s})^2}{2}$$

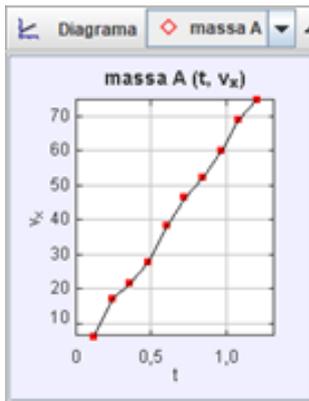
$$K = 1,6 \times 10^{-2} \text{ J}$$

#### IV. Análise correspondente à altura de 6,1cm

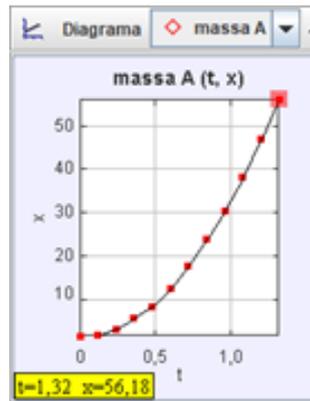
t (s)	x (cm)	y (cm)
0,00	1,60	1,28
0,12	1,69	1,32
0,24	3,15	1,39
0,36	5,82	1,11
0,48	8,42	1,75
0,60	12,51	0,87
0,72	17,67	0,70
0,84	23,71	0,66
0,96	30,25	0,67
1,08	38,12	0,68
1,20	46,93	0,66
1,32	56,18	1,03

**Tabela 4:** Dados do Plano inclinado.

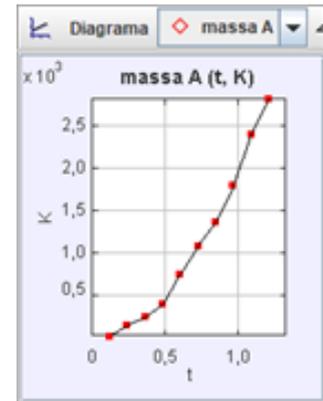
Nesse caso formou-se um ângulo ( $\theta$ ) de  $7,0^\circ$  com a horizontal. A aceleração com que o corpo desceu a rampa foi de  $1,2 \text{ m/s}^2$ . Tendo a velocidade média de  $1,1 \text{ m/s}$ . E os gráficos gerados foram os seguintes:



**Figura 12:** Gráfico da posição  $x$  tempo do plano inclinado de altura 6,1 cm.



**Figura 13:** Gráfico da velocidade  $x$  tempo do plano inclinado de altura 6,1 cm.



**Figura 14:** Gráfico da energia cinética  $x$  tempo do plano inclinado de altura 6,1 cm.

Fazendo o cálculo da energia potencial gravitacional no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais alto do plano inclinado, temos:

$$U = mgH$$

$$U = (0,01843 \text{ Kg})(9,8 \text{ m/s}^2)(0,061 \text{ m})$$

$$U = 1,1 \times 10^{-2} \text{ J}$$

Calculando o valor da energia cinética no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais baixo do plano inclinado, temos:

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$K = \frac{(0,01843 \text{ Kg}) \cdot (1,1 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$K = 1,1 \times 10^{-2} \text{ J}$$

## V. Análise correspondente à altura de 3,2cm

t (s)	x (cm)	y (cm)
0,24	1,45	1,94
0,36	2,82	2,19
0,48	7,35	1,57
0,6	8,12	0,95
0,72	9,98	0,73
0,84	14,08	0,68
0,96	17,13	0,77
1,08	21,34	0,71
1,2	25,82	0,73
1,32	31,58	0,75
1,44	36,99	0,78
1,56	43,31	0,77
1,68	50,11	0,82

Tabela 5: Dados do Plano inclinado de 3,2 cm.

Os gráficos gerados foram os seguintes:

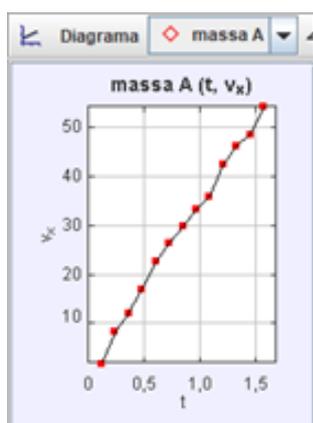


Figura 15: Gráfico da posição  $x$  tempo do plano inclinado de altura 3,2 cm.

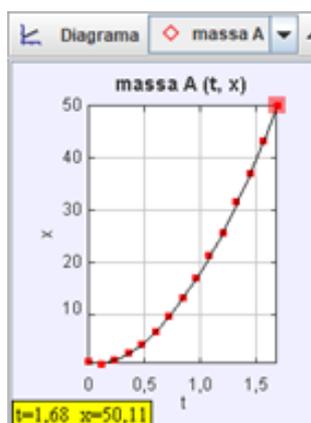


Figura 16: Gráfico da velocidade  $x$  tempo do plano inclinado de altura 3,2 cm.

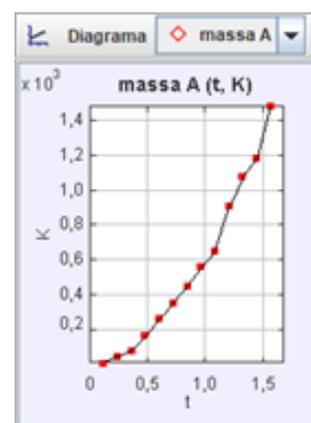


Figura 17: Gráfico da energia cinética  $x$  tempo do plano inclinado de altura 3,2 cm.

Nesse caso formou-se um ângulo ( $\theta$ ) de  $3,6^\circ$  com a horizontal. A aceleração foi de  $0,6 \text{ m/s}^2$ . A velocidade média com que a bolinha de silicone desceu a rampa foi de  $0,7 \text{ m/s}$ .

Fazendo o cálculo da energia potencial gravitacional no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais alto do plano inclinado, temos:

$$U = mgH$$

$$U = (0,01843 \text{ Kg})(9,8 \text{ m/s}^2)(0,032 \text{ m})$$

$$U = 5,8 \times 10^{-3} \text{ J}$$

Calculando o valor da energia cinética no momento em que a bolinha de silicone se encontrava no ponto mais baixo do plano inclinado, temos:

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$K = \frac{(0,01843 \text{ Kg}) \cdot (0,7 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$K = 4,5 \times 10^{-3} \text{ J}$$

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a realização desse experimento, incluímos conceitos da física clássica, como a lei da conservação de energia, onde o corpo (bolinha de silicone) colocado no plano inclinado inicialmente tinha apenas energia potencial gravitacional que depois se transformou em energia cinética. Destacamos que foram desconsideradas às forças de atrito e de arraste exercida não só pelo ar ambiente, como também pelo liberado pelo ar condicionado, presente na sala, durante todo o experimento.

Fazendo os cálculos apresentados e usando o *Software Tracker* para videoanálise dessa pesquisa, concluímos que quanto menor o ângulo de inclinação, maior o tempo e maior o esforço a ser empregado pela bolinha de silicone. Também foi observado através da análise dos gráficos construídos que quanto maior a altura, maior a velocidade e aceleração com que a bolinha se desloca do ponto mais alto para o ponto mais baixo, diminuindo a altura por consequência diminuía também a sua velocidade e aceleração.

Verificando a lei de conservação, fazendo a soma da energia cinética com a potencial, observamos se o valor é constante ou não. No experimento do plano inclinado de altura 13,6 cm, do plano inclinado de altura 8,4 cm e do plano inclinado de altura 3,2 cm, a análise foge do esperado, pois apesar de pequena houve perda de energia, devido a presença da força de atrito e de arraste.

Ressaltamos que a perda de energia no sistema é muito pequena, portanto, podemos desconsiderá-la tratando o sistema como ideal, ou seja, pela lei da conservação de energia não houve perda energética durante o percurso do corpo (bolinha de silicone) ao longo do plano inclinado.

O *Tracker* possibilitou uma análise detalhada dos fenômenos envolvidos no experimento, desta forma o uso desse simulador como ferramenta em prática educacional favorece o processo de ensino tornando a aprendizagem significativa.

Como resultado deste artigo espera-se obter uma maximização da aprendizagem e uma melhor compreensão dos conceitos de energia e conservação de energia mecânica pelos estudantes, e também desfazer dificuldades na utilização e realização de pequenos experimentos demonstrativos em conjunto com o uso de simuladores, como por exemplo o *Tracker*, que é um *Software* livre e pode ser usado em qualquer sistema operacional.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, V. d. F. **“A inserção de atividades experimentais no ensino de Física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem”**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- [2] APOSTEL, L.; JONOKLEERE, A.R.; MALTON, B. - **Les lois de l: apprentissage, comportement et logique. Etudes d’Epistémologie Génétiques**, Paris, PUF, 1959.
- [3] ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L.V. dos S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física. V.25, n. 2, 2003.
- [4] AUSUBEL, D.P. **Educational Psychology: Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc. 1968.
- [5] AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Interamericana: Rio de Janeiro, 1980.
- [6] BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. **O Entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 23, n.2, setembro 2006. p. 182-217.
- [7] BORGES NETO, H. **Uma classificação sobre a utilização do computador pela escola**. Revista Educação em Debate, ano 21, v. 1, n. 27, p. 135-138, Fortaleza, 1999.
- BROWN, D. **Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education**. Disponível em: <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>. Acesso em: 02 de set. 2017.
- [8] BROWN, D; COX, A. J. Innovative uses of video analysis. **The Physics Teacher**, v. 47, p. 145-150, 2009.
- [9] BUNGE, M. La energía entre la física y la metafísica. **Revista de Enseñanza de la Física**, Cordok, v. 12, n. 1, p. 53-56, 1999. CARRON, W.; GUIMARÃES, O. **Física**. Volume único. São Paulo: Moderna, 1999. 264p.
- [10] DOMÉNECH, J. L.; GIL-PÉREZ, D.; GRAS, A.; GUIASOLA, J.; MARTINEZ- TORREGROSA, J.; SALINAS, J.; TRUMPER, R.; VALDÉS, P. La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 20, n. 3, p. 285-311, 2003.
- [11] GERHARDT, Tatiana Engel, et al. Estrutura do projeto de pesquisa. In: GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

- [12] HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J, **Fundamentos de Física**, volume 1, 9ª Edição, p.99. Rio de Janeiro: E. LTC, 2012.
- [13] HICKS, N. Energy is the capacity to do work –or is it? **The Physics Teacher**, Cambridge, v. 21, p. 529-530, 1983.
- [14] KNIGHT, RANDALL. **FÍSICA: Uma Abordagem Estratégica**. 2ª. ed. [S.l.: s.n.], 2009. 126 p.
- [15] Laboratório Didático de Física: **Analisando imagens e vídeos com o computador**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html/>. Acesso em: 05 de mar. 2021.
- [16] LIBÂNEO, José Carlos. **Democratização da Escola Pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos**. 21ª ed. São Paulo: Loyola, 2006.
- [17] MACEDO, Zélia S.; MAIA, Ana F.; VALERIO, Mário E. G.; **Apostila de Laboratório de Física A**; UFS; 2009.
- [18] MOREIRA, M.A. (1999). **Energia, entropia e irreversibilidade**. Textos de apoio ao professor de física, nº9. Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS.
- [19] MOREIRA, M. A (2010) **Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física**, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012.
- [20] RODRIGUES, S. O.; CASTILHO, W. S. **A experimentação e o Estudo das Leis de Newton**, 2012. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3874/1105>. Acesso em: 10 de dez. de 2020.
- [21] SEVILLA, C. Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 3, p. 247-252, 1986.
- [22] SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In (org.): SCHNETZLER, R. P. (org.). **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**, Campinas: Vieira, p. 120-153, 2000.
- [23] TRUMPER, R. Energy and constructivist way of teaching. **Physics Education**, v. 25, p. 208-212, 1990.
- [24] VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. Campinas: UNICAMP. 1993.

[25] YOUNG, HUGH; FREEDMAN, ROGER. FÍSICA I: **Mecânica**. 12ª EDIÇÃO. ed. SÃO PAULO: PEARSON, 2008. 106 p.

---