



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



CLÁUDIA FRAGA GERMANO

**O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA MEDIADA PELO USO
DE METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof^a. Dr^a. Liane Ludwig Loder

Orientadora

Prof. Dr. Ederson Staudt

Co-orientador

Tramandaí

Agosto, 2018

Cláudia Fraga Germano

**O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA MEDIADA PELO USO
DE METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

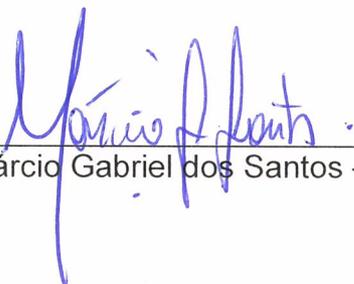
Aprovada em 24 de agosto de 2018.



Prof. Dr. Ederson Staudt – MNPEF-UFRGS/CLN (Co-orientador)



Prof. Dr. Neusa Teresinha Massoni – UFRGS



Prof. Dr. Márcio Gabriel dos Santos – MNPEF-UFRGS/CLN



Prof. Dr. Neila Seliane Pereira Witt – MNPEF-UFRGS/CLN

CIP - Catalogação na Publicação

Germano, Cláudia Fraga

O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA
MEDIADA PELO USO DE METODOLOGIAS ATIVAS DE
APRENDIZAGEM / Cláudia Fraga Germano. -- 2018.

94 f.

Orientadora: Liane Ludwig Loder.

Coorientador: Ederson Staudt.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Programa de
Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS, 2018.

1. Ensino de Física. 2. Conservação de Energia
Mecânica. 3. Aprendizagem Significativa. 4. Uso de
Tecnologias no Ensino de Física. 5. Metodologia
Ativa. I. Loder, Liane Ludwig, orient. II. Staudt,
Ederson, coorient. III. Título.

Dedico esta conquista aos meus amados filhos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para que esta conquista se tornasse possível.

Aos meus colegas professores e às equipes diretivas das escolas nas quais tenho o prazer de trabalhar, Colégio Estadual Rodrigues Alves e Escola SESI de Ensino Médio Albino Marques Gomes, que me acolheram e me ensinam muito sobre os desafios e os encantos de ser professora.

Aos meus alunos, que a cada dia me fazem renovar o meu juramento e me dão a certeza de que estou no caminho certo. De que escolhi a melhor das profissões.

À minha família, principalmente, pois sem ela esta conclusão não seria possível. Todos eles, sem dúvida, tiveram papel indispensável nesta minha trajetória. Ao meu filho amado, Johnny, pela compreensão da minha ausência. À minha princesa Helena, que chegou em meio a esta caminhada acadêmica, me acompanhou e me deu apoio mesmo sem saber. Ao meu esposo Fabrício, que sempre apoiou as minhas decisões, me dando suporte e auxílio. À minha irmã maravilhosa, aos meus cunhados, ao meu afilhado e ao meu sogro, que compreenderam a minha ausência por muitas vezes.

À minha mãe, Elisabete, e à minha sogra, Cleusa, um agradecimento mais do que especial, sem a incansável ajuda delas e suporte em todos os momentos, este mestrado não seria concluído.

À CAPES, pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

Enfim, agradeço a todos que torceram pela minha conquista. Muito obrigada!

RESUMO

Por diversas razões, ser professor, especialmente de física, se tornou um grande desafio nas últimas décadas. A crescente desvalorização da profissão docente, a falta de incentivos e de financiamentos em aulas práticas e a crescente desmotivação dos alunos tornam o ensino de física cada vez mais complexo. O presente trabalho apresenta uma alternativa de ensino de Energia Mecânica e sua conservação. Inclui um Produto Educacional em forma de sequência didática, que é baseada em uma metodologia ativa de aprendizagem, abrangendo a construção coletiva do conhecimento, a experimentação e o uso de tecnologias no ensino. O planejamento e o desenvolvimento das aulas são norteados pela Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e envolvem a construção, pelos alunos, de um Material Potencialmente Significativo como forma de instigá-los e despertar-lhes o interesse e a motivação para aprender. As aulas foram elaboradas e implementadas em uma turma de 1º ano de Ensino Médio da Escola SESI de Ensino Médio Albino Marques Gomes, situada na cidade de Gravataí, Rio Grande do Sul. Os alunos foram incitados a construir carrinhos de lomba e, a partir da descida dos mesmos, investigar a Energia Mecânica presente no movimento e se ela se conservava durante a descida, fazendo a análise através do *software* de análise de vídeos *Tracker*. Com a aplicação desta sequência didática, que resultou em um Produto Educacional, obteve-se bons resultados, além de uma evolução observada na apropriação do conceito de energia por parte dos alunos, assim como seu engajamento e envolvimento durante a realização do projeto. A partir da análise dos resultados, entende-se que a proposta de ensino aqui apresentada tem grande potencial para promover a Aprendizagem Significativa.

Palavras-chave: Ensino de Física, Conservação de Energia Mecânica, Aprendizagem Significativa e Metodologia Ativa de Aprendizagem.

ABSTRACT

For many reasons, being a teacher, especially a physics one, has become a major challenge in the last few decades. The increasing devaluation of teaching as a profession, the lack of incentive and funding of practical classes, and the growing demotivation of students make teaching physics more and more complex. The present paper presents an alternative for teaching Mechanical Energy and its conservation. It includes an Educational Product, in the form of a didactic sequence, which is based on an active learning methodology, covering the collective construction of knowledge, experimentation and the use of teaching technologies. The planning and development of the lessons are guided by the Theory of Meaningful Learning of David Ausubel and involves the construction of a Potentially Meaningful Material by the students, as a way to instigate them and make rise the interest and motivation to learn inside of them. The classes were elaborated and implemented in a 1st-year high school class at Escola SESI de Ensino Médio Albino Marques Gomes, located in the city of Gravataí, Rio Grande do Sul. The students were encouraged to build soap box carts and, based on their use, investigate the Mechanical Energy present in their movement and whether the energy was conserved during the descent; such analysis was done through the video analysis software Tracker. With the application of this didactic sequence, that resulted in an Educational Product, good results were obtained, as well as an observed evolution in students' appropriation of energy concepts, as well as their engagement and their involvement during the realization of the project. From the analysis of the results, it is understood that the teaching proposal to be presented has great potential to promote Meaningful Learning.

Keywords: Physics education, Conservation of Mechanical Energy, Meaningful Learning and Active Learning Methodology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Alunos respondendo o questionário de conhecimentos prévios	29
Figura 2a – Alunos utilizando a furadeira para construir o carrinho	34
Figura 2b – Alunos utilizando materiais reutilizáveis na construção	35
Figura 2c – Alunos pintando e dando acabamento no carrinho	35
Figura 3a – Medição de massas	37
Figura 3b – Medição de massas pelos grupos antes das descidas	38
Figura 4 – Equipamentos de proteção	39
Figura 5 – Captura de tela do software em que um grupo estava marcando quadro a quadro as posições do sistema carrinho-aluno	41
Figura 6a – Gráfico das posições ocupadas pelo sistema carrinho-aluno	42
Figura 6b – Gráfico da velocidade desenvolvida pelo sistema carrinho-aluno e linha de ajuste da curva na cor rosa	43
Figura 7 – Alunos analisando os vídeos e efetuando os cálculos	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
	2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	13
3	METODOLOGIA.....	16
	3.1 EXPERIMENTAÇÃO	16
	3.2 METODOLOGIAS ATIVAS	18
	3.3 USO DE TICs NO ENSINO DE FÍSICA	19
4	APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	22
	4.1 A ESCOLA E A TURMA DE ALUNOS	22
	4.2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	23
	4.3 RESULTADOS OBTIDOS.....	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS.....	54
	APÊNDICES.....	57
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....	57
	APÊNDICE B – TESTE DE CONCEPÇÕES SOBRE ENERGIA.....	83
	APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO À BANCA.....	87

1 INTRODUÇÃO

O ensino de física, assim como a educação em geral, passa por grandes desafios. Os estudantes, em sua maioria, estão desmotivados com a forma como se aprende na escola, pois não veem sentido no que estudam no ambiente escolar e não percebem a conexão entre o que estão estudando e o que vivem em seu cotidiano, bem como a conexão entre os componentes curriculares.

Além disso, a maioria das escolas brasileiras desenvolve seu trabalho espelhada no modelo de ensino do século passado, de forma tradicional, com a organização das classes em fileiras, um aluno atrás do outro, contando basicamente com um professor que apresenta os conteúdos e desenvolve exercícios, sem levar em conta a ligação entre as disciplinas (SAVIANI, 1999) e o cotidiano do aluno.

Dessa forma, as escolas possuem um currículo ditado pelos conteúdos a serem desenvolvidos durante cada ano letivo e pelas provas que determinarão o caminho acadêmico dos alunos como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e os vestibulares, privilegiando uma aprendizagem enciclopédica, em que a memorização se faz mais presente do que uma aprendizagem significativa.

Além disso, ainda encontramos em nossas escolas livros didáticos de má qualidade, distorcidos pelos programas de vestibulares, que apresentam muitas figuras, cores, fórmulas e poucos textos (MOREIRA, 2000).

Tudo isso nos leva a crer que o desenvolvimento dos conteúdos não deve ser pré-determinado em detalhe, e sim programado através de um tema central, partindo da realidade dos alunos e sem perder a meta de promover a aprendizagem em temas específicos.

Os professores de física se deparam com ainda mais dificuldades no ensino pela falta de laboratórios bem equipados, pela indisponibilidade de recursos tecnológicos, pela desvalorização da carreira docente (COSTA; BARROS, 2015) e pelo pouco tempo de planejamento das aulas, já que muitos lecionam em mais de uma escola.

Observando essas dificuldades que os professores enfrentam diariamente na tentativa de obter êxito, muitos autores vêm propondo diversas alternativas e estratégias para oportunizar aos alunos um ensino de qualidade.

Uma alternativa para a falta de laboratórios e recursos didáticos são os experimentos de baixo custo e com materiais de fácil obtenção, os quais os próprios alunos podem construir, o que pode representar uma importante etapa de aprendizagem. Experimentos desse tipo vêm, há tempos, construindo uma linha de desenvolvimento de aparelhos e materiais didáticos muito empregada no ensino de Física (LABURÚ; SILVA; BARROS, 2008). Outra opção, como alternativa, é a utilização de simuladores de atividades experimentais, em que os alunos conseguem visualizar a experiência, com a possibilidade de alterar parâmetros, possibilitando que ele possa fazer comparações com as modificações das variáveis, formular hipóteses e conclusões referentes aos resultados visualizados.

A aprendizagem dos conceitos da área da Mecânica – apesar de ser introdutória – está longe de ser simples, e o seu ensino pode se tornar complicado. Percebe-se isso quando, por exemplo, se comparam as situações idealizadas descritas nos livros e as respectivas equações - com variáveis muitas vezes simplificadas ou desprezadas - com os cenários de experimentação, pois os resultados experimentais e teóricos nem sempre convergem.

Considerando os aspectos acima elencados, surgem as perguntas norteadoras deste trabalho: Como apresentar uma alternativa para o ensino de Energia Mecânica e sua Conservação baseada na metodologia ativa da experimentação? De que maneira incluir o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como estratégia para uma aprendizagem significativa?

A implementação do produto educacional apresentado a seguir tem por objetivo apresentar uma alternativa para o ensino de Energia Mecânica e sua Conservação baseada na metodologia ativa da experimentação e no uso das TICs como estratégia para uma aprendizagem significativa.

O aporte teórico utilizado é a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Nessa perspectiva, o aluno se torna foco principal da aprendizagem e seus

conhecimentos prévios, chamados subsunçores pelo teórico, são um dos principais elementos para a construção do seu aprendizado.

A atividade descrita nos próximos capítulos desta dissertação sugere uma sequência didática na qual os alunos constroem um aparato para experimentação como sendo um Material Potencialmente Significativo e utilizam as TIC para coleta e análise de dados, para a consolidação e apropriação dos conceitos de Energia Mecânica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

David Ausubel foi um professor emérito da Universidade de Columbia, em Nova York. Médico-psiquiatra, dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional (MOREIRA, 2011). Sua teoria tem como conceito principal a Aprendizagem Significativa que, para ele, ocorre quando novos conceitos são ancorados – quando ocorre a assimilação – de maneira não arbitrária e substantiva em uma estrutura cognitiva presente no aprendiz – a qual o autor chama de subsunçores (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Essa aprendizagem significativa se dá quando o aprendiz consegue atribuir significado àquilo que está observando e, por consequência, consegue explicar com suas palavras novos conceitos que está estudando, tendo a possibilidade de aplicá-los em diferentes situações. Ou seja, a assimilação ocorre quando a nova informação se ancora e interage com essa estrutura preexistente no cognitivo do aprendiz, nas palavras de Moreira e Masini (1982, p.4),

A aprendizagem significativa processa-se quando o material novo, idéias e informações que apresentam uma estrutura lógica, interage com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade.

Para que haja interação entre as informações novas e as já existentes, são destacados por Ausubel, alguns fatores como essenciais: o conhecimento prévio do aluno, a condição potencialmente significativa do material e dos recursos e a predisposição do aluno para aprender. Segundo Ausubel (1978, p.iv, apud Moreira, 2016) “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo”.

A partir disso, pode-se afirmar que é de fundamental importância mapear esses conhecimentos prévios do aprendiz, pois é indispensável fundamentar-se neles como suporte para os novos conhecimentos. Além disso, é a partir deste mapeamento que o professor deve planejar o ensino, de acordo com essa estrutura cognitiva preexistente.

Observa-se muito frequentemente, no caso do conceito de energia, a existência de um pré-conceito calcado no senso comum, pois energia é um termo muito utilizado no dia a dia. Porém, nem sempre o termo utilizado está de acordo com o que é aceito cientificamente, o que torna adequada e necessária a investigação ou prospecção desses conhecimentos prévios pelo professor.

Ausubel traz também a importância de haver um material potencialmente significativo, que é definido como uma tarefa de aprendizagem que pode ser aprendida significativamente por ser significativa e pela possibilidade de se ligar às ideias já existentes na estrutura cognitiva de dos aprendizes (MOREIRA; MASINI, 1982). Ou seja, para que haja uma aprendizagem que de fato seja significativa, a atividade a ser planejada deve ter uma conexão com a estrutura cognitiva do aprendiz para que a nova informação possa interagir com essa estrutura e concretizar a aprendizagem. Isso quer dizer que o aluno deve relacionar os conceitos que está trabalhando com os seus conhecimentos prévios.

Além disso, outro ponto essencial da teoria de Ausubel é a pré-disposição do aluno para aprender. Quando o autor evidencia que para ocorrer de fato a aprendizagem significativa o aluno deve estar pré-disposto a aprender, destaca que independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos) (MOREIRA, 2011).

A sequência didática proposta na realização desta dissertação de mestrado está baseada, principalmente, nos aspectos acima elencados da teoria de David Ausubel. Partindo-se disto, para tentar identificar ideias existentes na estrutura cognitiva dos aprendizes sobre Energia Mecânica e sua Conservação, foi aplicado um teste para mapear os conhecimentos prévios¹ dos alunos.

Pretendendo-se contribuir para a curiosidade e motivação dos alunos para aprender, foi desenvolvido um projeto de construção e experimentação de carrinhos de rolimã (regionalmente chamados de carrinhos de lombã), estando esses de acordo com a realidade e o contexto de cada um, para que os conceitos de Energia

¹ Teste de conhecimentos prévios no **APÊNDICE B**.

Mecânica fizessem sentido, sendo que os estudantes foram sujeitos ativos produzindo, experimentando, analisando dados coletados, ou seja, participando de todas as etapas do processo.

3 METODOLOGIA

3.1 EXPERIMENTAÇÃO

As propostas para a reformulação do Ensino Médio, conforme as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, sugerem um novo perfil para o currículo, apoiado em competências básicas para a inserção dos jovens na vida adulta, priorizando a “formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico” (BRASIL, 2006, p. 7), o que se torna pertinente para o ensino e pesquisa em ciência.

Assim sendo, para que a ciência esteja mais presente na vida cotidiana dos cidadãos, é necessário que ela seja trabalhada desde as séries iniciais e que os alunos tenham, além de uma *alfabetização em língua materna* e de uma *alfabetização matemática*, uma *alfabetização científica* (CHASSOT, 2014). Ao encontro disso, CARVALHO et al. (2010) também ressaltam a importância de uma educação ampla, de maneira que os alunos possam julgar prós e contras frente às situações que vivenciam, que sejam capazes de trabalhar com os conhecimentos e as tecnologias. Em suas palavras,

Urge a necessidade de formar cidadãos para o mundo atual, para trabalharem, viverem e intervirem na sociedade, de maneira crítica e responsável, em decisões que estarão atreladas a seu futuro, da sociedade e do planeta (CARVALHO et al., 2010, p. 2).

Visando uma educação completa e de qualidade, que abranja todas as áreas do conhecimento, possibilitando relações entre elas, bem como a interação com o contexto em que o aluno vive atrelado ao uso das tecnologias, torna-se necessária uma alfabetização científica que, segundo Chassot (2014), é o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem e que eles entendessem as necessidades de transformá-lo, e transformá-lo para melhor.

Dessa maneira, entende-se que a experimentação se faz necessária neste cenário, no intuito de o aluno ser capaz de desenvolver capacidades científicas e atuar de forma eficaz na sociedade e desenvolver a sua criticidade na tomada de decisões. Por isso, decidiu-se basear esta sequência didática na utilização do aporte da experimentação como metodologia ativa central.

As atividades experimentais têm grande importância na aprendizagem das ciências, constituem uma metodologia de ensino reconhecida na comunidade científica e entre os professores, com resultados comprovados em muitas investigações (NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006) e, em última instância, quando possíveis de serem implementadas, representam um teste de validade de toda e qualquer teoria científica. Portanto, considera-se que essas atividades são essenciais para que os alunos compreendam as inúmeras equações matemáticas e grandezas físicas encontradas nos livros didáticos e nas aulas expositivas dadas pelo professor.

Usualmente, na área da física, os professores apresentam o conteúdo com pouca ou nenhuma contextualização, demonstram alguns exemplos numéricos e oferecem uma lista de exercícios para que os estudantes apliquem as mesmas equações em diferentes contextos. Esse processo não traduz o que de fato é a proposta da física como ciência e corrobora para uma “aprendizagem mecânica, na qual novas informações são memorizadas de maneira arbitrária, literal, não significativa” (MOREIRA, 2011, p. 226), de simples fixação e resolução de equações matemáticas.

O fato de as atividades experimentais já estarem nos currículos escolares há muitos anos não quer dizer que os professores tenham familiaridade com essas atividades. Na grande maioria das vezes, as atividades de laboratório são extremamente estruturadas com guias do tipo “receitas de cozinha”, em que os alunos seguem os planos de trabalho previamente elaborados, seguindo os passos do guia; portanto, o trabalho deles se caracteriza pela divisão de tarefas e muito pouco pela troca de ideias significativas sobre o fenômeno estudado (CARVALHO et al., 2010).

Uma alternativa consiste, então, em estruturar as atividades de laboratório como investigações ou problemas práticos mais abertos, que os alunos devem resolver sem a direção imposta por um roteiro fortemente estruturado ou por instruções verbais do professor (BORGES, 2002). O interessante é incentivar o aluno a investigar a situação experimentalmente, instigá-lo com questionamentos e assim a experimentação será mais eficaz na aprendizagem.

Outro aspecto positivo com relação à experimentação é a possibilidade de fomentar o desenvolvimento das habilidades de metrologia e de manipulação de ferramentas pelos alunos. Laburú (2005) apresenta este aspecto como recorrente e de grande eficácia entre professores de ensino médio no momento da escolha de quais experimentos irão trabalhar com seus alunos.

Há uma classificação das atividades investigativas, proposta por Tamir (1991, apud Borges, 2002) em quatro níveis. No nível 0, o qual corresponde aproximadamente ao extremo de problema fechado, são dados o problema, os procedimentos e aquilo que se deseja observar/verificar, ficando a cargo dos estudantes coletar dados e confirmar ou não as conclusões. No nível 1, o problema e procedimentos são definidos pelo professor, através de um roteiro, por exemplo. Ao estudante cabe coletar os dados indicados e obter as conclusões. No nível 2, apenas a situação-problema é dada, ficando para o estudante decidir como e que dados coletar, fazer as medições requeridas e obter conclusões a partir deles. Finalmente, no nível 3 o nível mais aberto de investigação o estudante deve fazer tudo, desde a formulação do problema até chegar às conclusões.

A atividade descrita neste trabalho, portanto, propõe a experimentação mais aberta, na qual é fornecido aos estudantes apenas o questionamento-desafio, e fica com eles a responsabilidade de planejar, pesquisar, construir, experimentar, analisar, concluir e expor suas conclusões. Essa proposta se afasta da tradicional, tem como objetivos principais motivar, instigar e promover uma aprendizagem significativa através da promoção da curiosidade nos alunos para aprender, a partir da prática, conceitos como Energia Mecânica e sua Conservação.

3.2 METODOLOGIAS ATIVAS

As Metodologias Ativas são aquelas centradas nos alunos, nas quais o professor torna-se um mediador, um orientador para o aluno, tirando-o da condição de ouvinte e fazendo com que ele tenha mais participação e interação no processo de aprendizagem (ALMEIDA, 2018). Nesta metodologia o professor ajuda o aluno a realizar pesquisas e a refletir sobre como solucionar problemas. Os alunos se tornam responsáveis pelo seu processo de aprendizagem. PINTO et al. (2012, p.76) alegam que:

[...] pesquisas atuais na área de didática analisam e desenvolvem metodologias ativas de aprendizagem nas quais os discentes sejam autônomos e participem efetivamente das atividades em classe que promovam a síntese, análise e avaliação dos conteúdos vistos.

As metodologias ativas também têm o potencial de despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, que talvez não tenham sido considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor. Quando o professor acata, analisa e valoriza as contribuições dos estudantes, ele estimula o sentimento de engajamento, percepção de competência e de pertencimento, além da persistência nos estudos, entre outras. (BERBEL, 2011).

Outra etapa que caracteriza a aprendizagem centrada no aluno é a da apresentação das suas conclusões aos colegas e ao professor. Para CARVALHO et al. (2010, p. 62),

Essa é uma etapa muito importante na construção do conhecimento científico, pois, ao demonstrarem o que fizeram para seus colegas e para o professor, como resolveram o problema, os alunos desenvolvem um raciocínio metacognitivo que os leva a tomarem consciência de suas ações e o porquê destas. É nessa etapa que se solidificam as discussões realizadas nos grupos, levando-os a tomarem consciência das relações entre as variáveis do fenômeno físico estudado, o que se traduz, nas falas dos alunos, em apresentação de análises qualitativas dessas relações.

Considerando a eficácia desse tipo de metodologia, esta atividade experimental foi desenvolvida de maneira que os alunos fossem responsáveis pela elaboração de seus experimentos e pela construção de seu aprendizado, dessa forma, fornecendo autonomia para que eles, em grupos, se responsabilizassem pelo fornecimento dos materiais, montagem e realização do experimento, além da formulação e apresentação da síntese do que foi visto.

3.3 USO DE TICs NO ENSINO DE FÍSICA

O uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no Ensino de Física se torna indispensável na realidade atual. Um dos maiores desafios da educação é preparar os estudantes para a realidade de um mundo cada vez mais globalizado, criativo, dinâmico, móvel e tecnológico, onde as inovações transformaram a maneira como as informações são apresentadas. E há uma falta de sintonia entre a realidade vivida e o ambiente escolar. Na escola, os componentes curriculares se apresentam fragmentados, separados em “caixas” e fora dela temos uma realidade multidisciplinar, em constante transformação. A sociedade necessita,

então, de cidadãos qualificados para essa nova realidade, e muitas vezes os jovens não estão preparados para essa imprevisibilidade e para esse dinamismo acelerado das atuais relações socioeconômicas (SANCHES, 2017).

Além disso, o uso das TICs na educação básica serve de fonte motivadora para o aprendizado do aluno. Devem ser utilizadas como ferramentas que contribuam para o ensino tecnológico do mundo, pois todas as áreas do conhecimento envolvem o avanço tecnológico, principalmente a área das ciências.

Trindade, Saldivia e Freire (2013) afirmam que a ciência é, inegavelmente, um dos pilares da nossa sociedade e que é a única com capacidade de resposta para as soluções de base tecnológica para alguns dos problemas complexos com que nos defrontamos.

O avanço do conhecimento na área tecnológica propicia aos alunos uma maior interatividade e agilidade na busca pelo saber científico. Agilidade, velocidade de comunicação e praticidade fazem parte da rotina dos estudantes e, muitas vezes, essas características não são acompanhadas no meio escolar devido à falta de recursos físicos ou, pela incapacidade de investir em tecnologia, tornando a aprendizagem menos atraente para os alunos (ANDRADE, 2016).

Como no contexto atual da educação brasileira sofremos da falta de verbas para compra e instalação de *softwares* que ajudem nas modelagens e simulações no ensino de física, as tecnologias utilizadas nesta proposta foram uma boa alternativa, pois além de serem livres, são de fácil manipulação pelos estudantes.

Inicialmente, os alunos responderam questionários de forma *online* através da plataforma *Google Forms*², do pacote de aplicativos *Google docs*. Até o momento o pacote *Google docs* é constituído por cinco aplicativos, incluindo o já mencionado *Google Forms*, que permite a confecção de formulários *online*, os quais ficam armazenados no servidor do *Google*, podendo ser acessados de qualquer dispositivo (computadores, *tablets* e *smartphones*). Além disso, esse aplicativo permite a coleta organizada das respostas, dando ao professor melhores condições de fazer análises comparativas (HEIDEMANN; OLIVEIRA; VEIT, 2010).

² Algumas das funcionalidades dessa plataforma são apresentadas no Capítulo 4 do **PRODUTO EDUCACIONAL (APÊNDICE A)**.

Além dessa ferramenta, para que a análise em termos de conceitos de Energia Mecânica fosse possível, após a montagem e realização do experimento, os alunos utilizaram o *software* de livre distribuição “*Tracker Video Analysis and Modeling Tool*”³ – ligado ao projeto *Open Source Physics*, que colabora com o desenvolvimento de programas com códigos abertos destinados ao ensino de física – para a análise e coleta de dados. O *software Tracker* possibilita o fornecimento de dados experimentais, que dificilmente seriam captados pela medição tradicional, permite também realizar a análise de vídeos, possibilitando o estudo de diversos tipos de movimentos a partir de filmes feitos com câmeras digitais ou *webcams* e computadores comuns (OLIVEIRA, 2011).

As vantagens de se introduzir aquisição automática de dados em laboratório didático são diversas, como enriquecer o ensino trazendo a física para fora dos números e fórmulas, permitir a realização de experimentos e medições em que a coleta manual é impossível, propiciar a redução de tempo na coleta de dados, obter mais medidas com maior precisão, além de corroborar com a alfabetização científica (HAAG; ARAUJO; VEIT, 2005).

³ Algumas das funcionalidades desse *software* são apresentadas no Capítulo 3 do **PRODUTO EDUCACIONAL (APÊNDICE A)**.

4 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Tendo por objetivo uma aprendizagem significativa dos conceitos de Energia Mecânica e da Conservação da Energia Mecânica, esta sequência didática foi pensada e planejada para os alunos do primeiro ano do ensino médio - pois é, normalmente, nesta etapa que as escolas costumam desenvolver esses conceitos - embasada nos referenciais teóricos e metodológicos expostos anteriormente.

4.1 A ESCOLA E A TURMA DE ALUNOS

A instituição de ensino onde foi aplicada a proposta do produto educacional foi a Escola SESI de Ensino Médio Albino Marques Gomes, situada no município de Gravataí, no Rio Grande do Sul.

A escola pertence ao Serviço Social da Indústria (SESI). Suas vagas são, então, destinadas aos dependentes dos industriários, e os serviços prestados aos alunos são gratuitos.

A metodologia adotada pela escola é a Metodologia por Projetos de Trabalho, na qual o planejamento e o desenvolvimento das aulas devem partir de uma situação problema, o que propicia a construção do conhecimento de forma coletiva, fornecendo autonomia ao aluno para que ele possa monitorar o seu desempenho e as suas contribuições ao grupo. Essa metodologia permite que os alunos confrontem problemas, pesquisem, discutam e descubram como resolvê-los.

A carga horária semanal destinada ao ensino de física é de três horas e 40 minutos, distribuídos em 4 encontros (dois de uma hora cada e um de uma hora e quarenta minutos). A escola disponibiliza uma sala de aula ambiente para as ciências da natureza (química, física e biologia), dois laboratórios de ensino para realização de aulas práticas e mais um espaço de aprendizado construcionista e interdisciplinar com ferramentas e equipamentos para que os alunos criem seus objetos cognitivos em grupos.

A aplicação foi feita no terceiro trimestre do ano letivo de 2017, iniciando em 19/09/2017 e finalizando em 24/10/2017, totalizando 17 horas-aula distribuídas em 13 encontros. A turma de primeiro ano do ensino médio que participou da proposta

era composta por 27 alunos, em sua maioria provenientes de escolas públicas do ensino fundamental.

Quando foi explanada a proposta de aplicação do produto educacional, a turma mostrou-se muito receptiva em relação à prática da atividade e demonstrou-se motivada a participar do estudo.

4.2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo, é descrita como foi a experiência didática, em que foram colocados em prática os referenciais expostos nos capítulos anteriores desta dissertação.

Os alunos do presente estudo construíram carrinhos de lomba e, através do movimento de descida dos mesmos, analisaram a Energia Mecânica presente, verificando se o sistema poderia ser considerado um Sistema Conservativo.

A seguir, o quadro 4.2 apresenta o cronograma das atividades que foram desenvolvidas durante a aplicação do produto educacional e os períodos de aula que foram utilizados para aplicar o produto.

Quadro 4.2: Cronograma das atividades desenvolvidas

(continua)

Aula	Data	Dia	Horário	Atividade
1	19/09/2017	terça-feira	8h30min – 9h30min	Discussão acerca dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto “Energia” e apresentação do objetivo da atividade.
2	26/09/2017	terça-feira	8h30min – 9h30min	Aplicação de um teste de conhecimento acerca das concepções sobre energia e suas formas.
3 e 4	26/09/2017	terça-feira	13h50min – 15h30min	Apresentação das formas de energia de acordo com as respostas apresentadas pelos alunos no teste.
5	28/09/2017	quinta-feira	8h30min – 9h30min	Discussão sobre o que é conservação de energia, contextualizando com situações diárias em que ela pode ser observada.
6	03/10/2017	terça-feira	8h30min – 9h30min	Construção dos carrinhos de lomba.
7 e 8	03/10/2017	terça-feira	13h50min – 15h30min	Construção dos carrinhos de lomba.

Quadro 4.2: Cronograma das atividades desenvolvidas

(continuação)

Aula	Data	Dia	Horário	Atividade
9	05/10/2017	quinta-feira	8h30min – 9h30min	Construção dos carrinhos de lomba.
10 e 11	09/10/2017	segunda- feira	15h45min – 17h25min	Filmagens das descidas com os carrinhos de lomba.
12	10/10/2017	terça-feira	8h30min – 9h30min	Análise das filmagens das descidas com os carrinhos no <i>software Tracker</i> .
13	17/10/2017	terça-feira	8h30min – 9h30min	Continuação da análise.
14 e 15	17/10/2017	terça-feira	13h50min – 15h30min	Elaboração de cada grupo de alunos das respectivas apresentações para a turma.
16	19/10/2017	quinta-feira	8h30min – 9h30min	Apresentações das conclusões para a turma.
17	24/10/2017	terça-feira	8h30min – 9h30min	Reaplicação do teste de conhecimento prévio para avaliar a evolução dos conceitos.

(conclusão)

A seguir, o detalhamento de como se desenvolveram as aulas planejadas em forma de uma sequência didática.

Aula 1

Planejamento da Aula 1

Tema da aula: O que é energia?

Duração: 1 hora

Objetivos específicos:

- Refletir sobre o conceito de energia;
- Dialogar e discutir sobre concepções de energia, sobre onde ela está presente e como podemos quantificá-la.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Alunos dispostos em círculo para o desenvolvimento das discussões;
- Utilização dos *smartphones* dos alunos para realização de pesquisa.

Momentos da aula:

- Estimular os alunos para que reflitam e exponham suas ideias e concepções acerca do conceito de energia;
- Fazer questionamentos para fomentar discussões entre os alunos sobre as possíveis respostas. Questões como “O que vocês entendem do conceito de energia? ”, “Existem formas diferentes de energia? ”, “Podemos criar ou destruir energia? ” e “Como podemos quantificar ou medir a energia? ” podem ser feitas para incitar maiores reflexões;
- Solicitar breve pesquisa sobre a grandeza física Energia e, mais especificamente, sobre a Energia Mecânica;
- Sugerir a confecção de carrinhos de rolimã para investigar a Energia Mecânica presente no movimento de descida dos mesmos;
- Separar os alunos em grupos para que, em conjunto, possam planejar e organizar a construção do aparato.

Relato da Aula 1

Com os alunos dispostos em círculo, foi proposta uma discussão sobre o que os alunos entendiam sobre o conceito de energia. Os alunos foram instigados a refletir sobre o significado de energia e expor suas opiniões, enquanto a professora mediava a discussão com questionamentos, tais como:

- O que vocês entendem do conceito de energia?
- Existem formas diferentes de energia?
- Podemos criar ou destruir energia?
- Como podemos quantificar ou medir a energia?

Neste momento, os alunos foram expondo suas ideias. Energia não é um conceito de fácil entendimento, mas alguns trouxeram algumas falas interessantes como:

“A energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada. ”

“A energia está presente em tudo. ”

“Quanto mais rápido uma coisa se move, mais energia ela tem. ”

Outras falas trouxeram ideias prévias não tão de acordo com o aceito cientificamente, tais como:

“A energia criada pelas usinas. ”

“A energia que tem nos eletrodomésticos. ”

Após essa discussão inicial, em que os alunos foram expondo suas considerações, foi solicitado a eles que pesquisassem sobre o conceito físico de energia, e mais precisamente, sobre a Energia Mecânica, que seria o foco do nosso estudo.

Também nessa primeira aula, foi sugerida a proposta da construção de “carrinhos de lomba” para a investigação da Energia Mecânica e sua Conservação durante o movimento dos mesmos. Para desenvolver a autonomia e as habilidades de pensamento científico, crítico e criativo, foi estabelecido que os alunos deveriam realizar um estudo sobre o artefato (carrinho de lomba) e que deveriam realizar a

busca dos materiais necessários para a construção destes carrinhos. A turma foi, então, separada em grupos de no máximo seis alunos para que iniciassem os estudos.

Pensando na ideia de sustentabilidade, sugeriu-se aos alunos que buscassem materiais reutilizáveis na construção dos mesmos, a fim de contribuir para a conscientização dos mesmos sobre a preservação do planeta.

Aula 2

Planejamento da Aula 2

Tema da aula: Conhecimento prévio de Energia e sua Conservação.

Duração: 1 hora

Objetivos específicos:

- Identificar o conceito de energia;
- Responder um teste de concepções de energia expondo as ideias prévias sobre o conceito.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- *Tablets e smartphones* para resolução das questões.

Momentos da aula:

- Enviar para os e-mails dos alunos o teste⁴ contendo questões de múltipla escolha sobre Energia e sua Conservação, através do aplicativo *Google Forms*;
- Proporcionar tempo para que os alunos reflitam e registrem suas respostas.

Relato da Aula 2

Como energia é um termo muito usual no cotidiano, a maioria das pessoas tem alguma noção do seu significado - por mais que não esteja de acordo com aquilo que é aceito cientificamente. Durante a discussão da primeira aula, muitas falas convergiram para o conceito correto de energia, mas em outras falas foram

⁴ Questionário aplicado aos alunos está no **APÊNDICE B**.

identificadas concepções alternativas acerca do desse conceito, como mencionado na Aula 1.

Nesta segunda aula, propôs-se a realização de um teste de conhecimentos prévios afim de identificar as concepções prévias dos alunos acerca do assunto Energia e sua Conservação. Esse teste foi utilizado para analisar qualitativamente as ideias prévias de cada aluno e para investigar se esses significados estavam de acordo com os científicos e se havia a existência de alguma estrutura cognitiva em que pudessem ser ancorados os novos conceitos a serem desenvolvidos.

O teste⁵ foi elaborado pela autora baseado em questões adaptadas de dois artigos⁶ sobre a investigação de concepções de energia. Para responder o questionário, os alunos utilizaram os *tablets* que a escola disponibiliza e seus próprios celulares. O teste foi previamente enviado para os *e-mails* dos alunos – frequentemente essa ferramenta é utilizada nas aulas – e foi respondido na plataforma *online* gratuita *Google Forms*. Na figura 1, os alunos dispostos em grupos, responderam os questionamentos e interagiram com os colegas.

Figura 1: Alunos respondendo o questionário de conhecimentos prévios.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2017)

⁵ Questionário aplicado aos alunos está no **APÊNDICE B**.

⁶ DRUZIAN, A. C.; BRÜCKMANN, I. A.; SANTOS, R. P. Construção de um teste através de um inventário do conceito de energia, 2005. E BARBOSA, J.P.V; BORGES, A.T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio, 2006.

Aulas 3 e 4

Planejamento das Aulas 3 e 4

Tema das aulas: Energia e suas formas

Duração: 1 hora e 40 minutos

Objetivos específicos:

- Compreender o conceito de Energia Mecânica;
- Identificar as diferentes formas com que a Energia se apresenta na natureza.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Quadro e canetas ou giz para registrar os conceitos trabalhados e facilitar a dinâmica de discussão.

Momentos das aulas:

- Expor e discutir os conceitos de Energia a partir das respostas fornecidas pelos alunos no questionário de conhecimentos prévios;
- Apresentar as formas de Energia Mecânica (cinética e potencial gravitacional) qualitativa e quantitativamente.

Relato das Aulas 3 e 4

As questões respondidas pelos alunos foram analisadas. Puderam ser identificados muitos equívocos pelas alternativas marcadas pelos alunos. Equívocos como acreditarem que objetos parados não possuem energia e demonstraram confusões entre o conceito de energia com o de força ou o de energia com o de velocidade.

A partir das respostas dadas pelos alunos no teste, a presente aula foi direcionada à exposição e à discussão dos conceitos. Foram apresentados aos alunos alguns dos diversos tipos de energia, como mecânica, elétrica, térmica (que é o somatório das energias potenciais e cinéticas das moléculas e átomos que constituem o corpo) e química, porém com enfoque maior nos tipos de Energia Mecânica (Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional e Energia Potencial Elástica) e sua unidade no Sistema Internacional de Unidades (Joule).

Houve muitos questionamentos e discussões acerca das formas como a energia se apresenta. Surgiram perguntas como: “De que maneira a energia elétrica é produzida nas usinas e como ela é distribuída”, “Qual a diferença entre os tipos de usinas de energia elétrica?” e “O que são as informações de valores energéticos presente nas embalagens de alimentos?”

Alguns alunos se surpreenderam por entender que é possível armazenar energia em um corpo e que este pode utilizar essa energia, posteriormente, para se mover, por exemplo. A seguir, foram apresentadas as equações que quantificam as energias cinética (1) e potencial gravitacional⁷ (2), pois essas seriam necessárias para a atividade a ser desenvolvida com os carrinhos de lomba.

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

$$U(y) = mgy \quad (2)$$

Aula 5

Planejamento da Aula 5

Tema da aula: Energia Mecânica e sua Conservação

Duração: 1 hora

Objetivos específicos:

- Identificar o que é Energia Mecânica e quando que ela está presente nos corpos;
- Conhecer o Princípio de Conservação de Energia Mecânica;
- Relacionar o Princípio de Conservação de Energia Mecânica com os movimentos do cotidiano.
- Identificar a situação física de um problema, prevendo resultados para uma determinada atividade experimental.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Alunos sentados em seus grupos, selecionados anteriormente, para interação e organização do experimento.

⁷ As equações estão detalhadas no Capítulo 2 do **PRODUTO EDUCACIONAL (APÊNDICE A)**.

Momentos da aula:

- Problematizar as situações que, teoricamente, envolvem Conservação de Energia Mecânica presentes nos livros e *sítes* de pesquisa (queda de corpos, movimentos periódicos etc) e questionar como a conservação ocorre;
- Discutir, estimulando a exposição das ideias dos alunos acerca da Conservação de Energia Mecânica.
- Fazer o questionamento-foco da atividade experimental: “O movimento de descida de um carrinho de lomba pode ser caracterizado como um sistema conservativo? ”
- Solicitar que, em seus grupos, os alunos discutam sobre as hipóteses a serem testadas e iniciem as combinações e organizações de como a construção e o desenvolvimento da atividade se dará.

Relato da Aula 5

Explicação das ideias de conservação de energia e de sistemas conservativos através de contextualização com ocorrências diárias e situações-problema. Situações como o movimento de uma criança em um balanço em uma praça e de um adolescente com um *skate* em uma rampa em forma de U foram levantadas para promover a reflexão e discussões.

Nessa aula, foi exposto aos alunos o questionamento-desafio a ser resolvido após o experimento com os carrinhos de lomba: “O movimento de descida de um carrinho de lomba pode ser caracterizado como um sistema conservativo? ”. A partir deste desafio, eles, em seus grupos, foram formulando hipóteses e anotando-as para posterior análise. A maioria dos alunos sugeriu que o movimento seria conservativo. Talvez pelos exemplos anteriormente discutidos ou pelas pesquisas realizadas, assim eles não cogitaram uma possível variação de energia durante a descida.

Com os grupos que foram formados na primeira aula desta sequência, os alunos decidiram que tipo de carrinho eles construiriam e organizaram a distribuição de tarefas; dividiram quem ficaria responsável por trazer os materiais e as ferramentas necessárias para a construção dos carrinhos de lomba.

Aulas 6, 7, 8 e 9

Planejamento das Aulas 6, 7, 8 e 9

Tema das aulas: Construção dos carrinhos

Duração: 3 horas e 40 minutos

Objetivos específicos:

- Identificar relações conceituais que possam ser testadas através de hipóteses.
- Utilizar de forma adequada os instrumentos de medição e mensuração.
- Conhecer e compreender os conceitos e regras da mensuração.

Procedimentos metodológicos /Recursos instrucionais:

- Utilização dos espaços: Laboratório de Física e ambiente externo da escola;
- Ferramentas como furadeira, chaves de fenda, martelo, serra etc.
- Instrumentos como fita métrica, pregos, parafusos etc.

Momentos das aulas:

- Auxiliar os alunos na construção dos carrinhos de lomba, utilizando os espaços externos da escola e o Laboratório de Física;
- A cada aula, orientá-los no desenvolvimento e na confecção do artefato, avaliando a interação entre eles e os desdobramentos das dificuldades que venham, por ventura, a aparecer;

Ao final da semana, acompanhar a finalização da construção dos carrinhos.

Relato das Aulas 6, 7, 8 e 9

Essas aulas foram destinadas à construção dos carrinhos de lomba. Os alunos trouxeram materiais para construção dos mesmos e algumas ferramentas, como martelo e serrote, por exemplo. Eles contaram, também, com os instrumentos fornecidos pela escola (furadeira, parafusadeira e serras).

Foram aulas marcadas por momentos de muita integração e de cooperação entre os alunos. Cada um ficou responsável por diferentes etapas da construção e

pôde-se perceber a autonomia deles na tomada de decisões e na concepção de alternativas para a construção do artefato.

O desenvolvimento de habilidades manuais com as ferramentas e também as de mensuração pôde ser percebido. A maioria dos alunos levou para a escola materiais reutilizáveis, como tábuas de madeira, pedaços de armários e de prateleiras, *skates* quebrados, rodas de carrinho de mão, restos de tintas. Os alunos que não conseguiram sucatas para utilizar optaram pela compra dos materiais necessários.

Pôde ser observada também a interação com os pais dos alunos que forneceram ideias a eles de como proceder com a construção. Meninos e meninas trabalharam juntos no desenvolvimento dos carrinhos, mostrando respeito e igualdade nas tomadas de decisões. A seguir, as figuras 2a, 2b e 2c mostram os períodos de construção dos carrinhos.

Figura 2a: Alunos utilizando a furadeira para construir o carrinho



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2017)

Figura 2b: Alunos utilizando materiais reutilizáveis na construção.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2017)

Figura 2c: Alunos pintando e dando acabamento no carrinho.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2017)

Aulas 10 e 11

Planejamento das Aulas 10 e 11

Tema das aulas: Descidas com os carrinhos e filmagem

Duração: 1 hora e 40 minutos

Objetivos específicos:

- Observar e selecionar dados importantes para a realização das atividades experimentais;
- Formular hipóteses conceitualmente coerentes com o contexto das medidas utilizando as leis da Mecânica.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Carrinhos de lomba construídos pelos alunos;
- Equipamentos de segurança como capacetes, joelheiras e cotoveleiras;
- *Smartphones* e *tablets* para fazer a captura dos vídeos;
- Ambiente externo da escola.

Momentos das aulas:

- Orientar os alunos na realização de medidas pertinentes à atividade como massa e dimensões dos carrinhos de cada grupo;
- Conduzir os alunos à colocação de equipamentos de segurança para realizar as descidas com os carrinhos;
- Auxiliar na filmagem dos vídeos, no lugar onde se darão as descidas, de maneira que eles sigam as seguintes orientações:
 - ✓ O equipamento de filmagem deve estar posicionado perpendicularmente à lateral das rampas;
 - ✓ A câmera deve manter-se imóvel ou tanto quanto possível durante a filmagem da descida;
 - ✓ As descidas devem iniciar no ponto mais alto das rampas e sem impulsos iniciais; deixar que apenas a força gravitacional faça os carrinhos acelerarem.

Relato das Aulas 10 e 11

Com os carrinhos prontos, as aulas 10 e 11 foram destinadas à realização do experimento, cujo registro foi feito através de filmagem feita pelos próprios alunos, utilizando seus *smartphones*. A descida foi realizada nos espaços da escola.

Antes de iniciarem as atividades com os carrinhos, os alunos coletaram alguns dados dimensionais importantes, tais como: comprimento do carrinho, massas dos carrinhos, massas dos alunos-pilotos dos carrinhos. Essas medidas foram necessárias para a posterior análise quantitativa da atividade. Nas figuras 3a e 3b a seguir, vê-se o registro da medição das massas dos alunos-pilotos na balança, bem como da medição das massas dos carrinhos.

Figura 3a: Medição de massas.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2017)

Figura 3b: Medição de massas pelos grupos antes das descidas.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2017)

As descidas com os carrinhos foram efetuadas no ambiente externo da própria escola. Dependendo do tipo de carrinho construído e do tipo de roda utilizada, eles concluíram que, pela velocidade que os carrinhos desenvolveriam, seria melhor realizar a descida em lugares diferentes. Algumas descidas foram realizadas em uma rampa de grama – daqueles que tinham rodas de diâmetros maiores; outras descidas foram realizadas na rampa pavimentada de acesso ao estacionamento da escola.

Cada grupo ficou responsável pela filmagem da descida do seu carrinho. Todos foram orientados a posicionar o equipamento de filmagem (celulares) perpendicular à lateral das rampas e a tomar o cuidado de manter a câmera imóvel durante a filmagem. As descidas deveriam iniciar no ponto mais alto das rampas e, sem impulsos iniciais, deixando que apenas a força gravitacional os fizesse acelerar.

Antes de cada descida os alunos se prepararam, conforme ilustra a figura 4, colocando os equipamentos de proteção, tais como: joelheiras, cotoveleiras e capacetes.

Figura 4: Equipamentos de proteção.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2017)

Aulas 12 e 13

Planejamento das Aulas 12 e 13

Tema das aulas: Análise e estudo dos movimentos dos carrinhos

Duração: 2 horas

Objetivos específicos:

- Ler, articular e interpretar representações em forma de gráficos;
- Identificar situações críticas e prever erros experimentais.
- Controlar as variáveis de uma medida obtida por experimentação.
- Utilizar a linguagem científica fazendo uso da simbologia físico-matemática de forma apropriada.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- *Notebooks* para análise no *software Tracker* ou laboratório de informática;
- Alunos em duplas ou trios para analisar os vídeos e formular as conclusões sobre o estudo.

Momentos das aulas:

- Separar os alunos em duplas ou trios e fornecer um *notebook* com o *software Tracker* instalado para cada um dos pequenos grupos;
- Orientá-los a salvar os vídeos no computador em que será feita a análise;
- Auxiliar os alunos no processo de análise dos vídeos, ajudando-os nos pequenos grupos e seguindo os seguintes passos:
 - ✓ Abrir o programa no computador;
 - ✓ Importar o vídeo para o programa;
 - ✓ Cortar e selecionar apenas o pedaço do vídeo que se deseja analisar;
 - ✓ Calibrar o software de acordo com a escala do vídeo, utilizando as ferramentas “fita métrica com transferidor” e “eixos de coordenadas”;
 - ✓ Marcar os pontos ocupados pelo sistema carrinho-aluno para construção dos gráficos;
- Pedir que eles analisem o gráfico de posição vertical *versus* tempo ($y \times t$) e, logo após, o gráfico de velocidade *versus* tempo ($v \times t$);
- Solicitar os cálculos das Energias Potenciais Gravitacionais e das Energias Cinéticas a partir dos gráficos e em pontos (instantes de tempo) distintos do movimento, utilizando as equações (12) e (7);
- Orientar os alunos para que calculem a Energia Mecânica do sistema nesses mesmos pontos, através da equação (13);
- Questioná-los sobre o comportamento da Energia Mecânica ao longo da descida dos carrinhos;

Promover a discussão nos pequenos grupos sobre os resultados obtidos, solicitar a elaboração das conclusões e a construção das possíveis respostas ao questionamento inicial “O movimento de descida de um carrinho de lomba pode ser caracterizado como um sistema conservativo?”

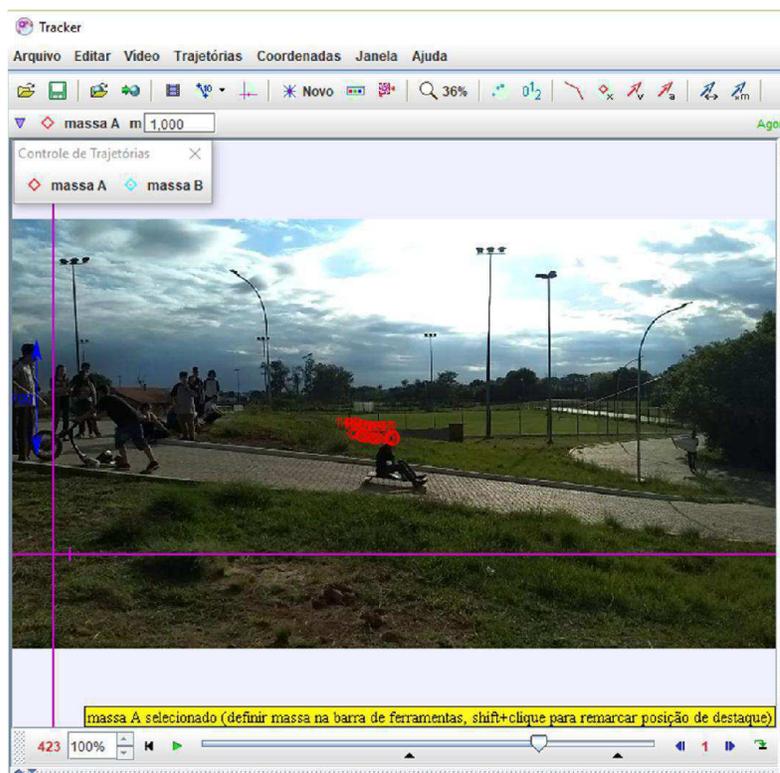
Relato das Aulas 12 e 13

Aulas dedicadas à análise dos dados através do *software Tracker*.

Para realizar a análise, foi mais conveniente separar os alunos em grupos menores, duplas ou trios. Cada pequeno grupo utilizou um dos notebooks da escola para iniciar a análise dos vídeos feitos por eles nas aulas anteriores.

Os grupos foram seguindo as orientações para importar o vídeo para o *software* e calibrá-lo para o estudo⁸. Através do programa, os alunos puderam analisar o movimento quadro a quadro da filmagem. A seguir, a figura 5 mostra as informações fornecidas na análise, como as posições (x e y) ocupadas pelo sistema carrinho-aluno (em vermelho), a definição da escala (definida pela altura de um aluno por uma seta azul) e a orientação dos eixos (linhas horizontal e vertical em rosa). Foi importante ressaltar aos alunos que tomassem sempre o mesmo ponto do sistema como referência para realizar a análise do movimento e, assim, obter a energia mecânica.

Figura 5: Captura de tela do software em que um grupo estava marcando quadro a quadro as posições do sistema carrinho-aluno.

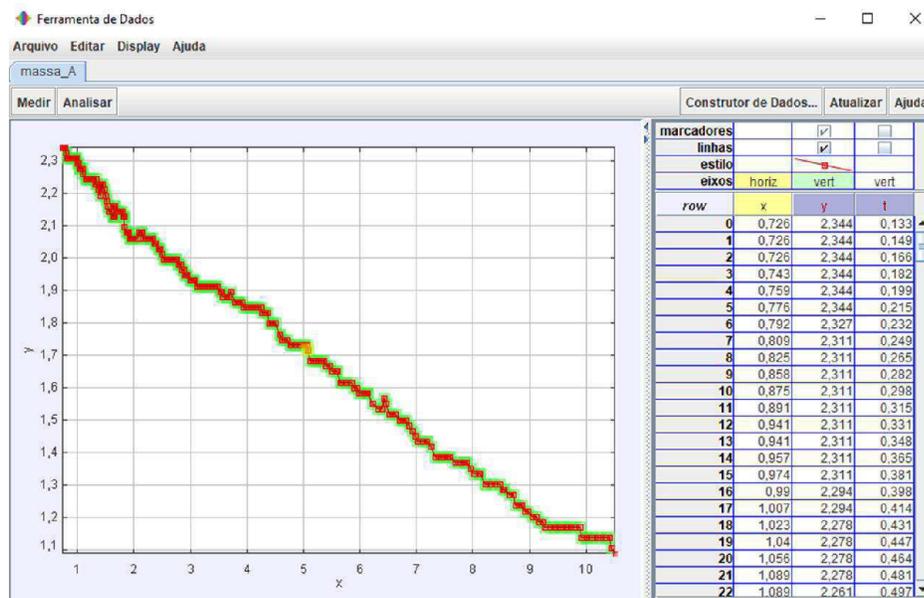


Fonte: Captura de tela da análise dos alunos (2017)

⁸ Instruções de algumas das funcionalidades do *software Tracker* estão no capítulo 3 do **PRODUTO EDUCACIONAL (APÊNDICE A)**.

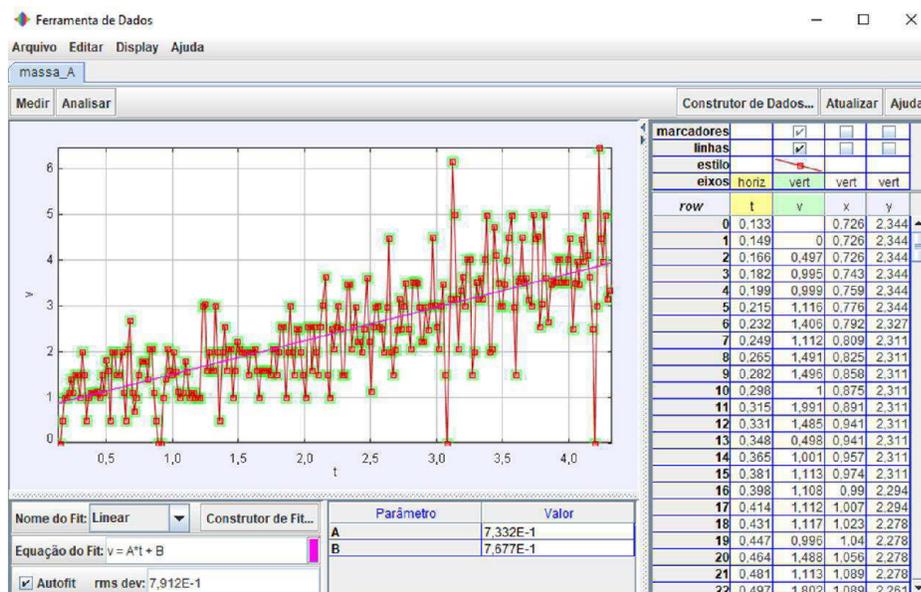
A partir dessas marcações de posições, escala e eixos, o software foi capaz de fornecer valores de velocidades, deslocamentos e até a projeção de diferentes gráficos. A seguir, a captura das telas do programa informando o gráfico das posições (x e y) ocupadas pelo sistema (figura 6a) e o da velocidade (v) do mesmo em função do tempo (figura 6b).

Figura 6a: Gráfico das posições ocupadas pelo sistema carrinho-aluno.



Fonte: Captura de tela da análise dos alunos (2017)

Figura 6b: Gráfico da velocidade desenvolvida pelo sistema carrinho-aluno e linha de ajuste da curva na cor rosa.



Fonte: Captura de tela da análise dos alunos (2017)

Neste segundo gráfico, os pontos (em vermelho) aparecem bem desalinhados. Essa situação se apresenta como um importante ponto a ser discutido com os alunos sobre dados experimentais e ajustes de curvas. Eles tiveram que entender porque os pontos não formam uma reta perfeita, porque deve ser feito um ajuste da curva e porque essa reta ajustada contém o progresso mais próximo do real.

Foi solicitado aos alunos que calculassem as energias (potencial gravitacional e cinética) em dois pontos distintos da descida, de preferência no início e no final do movimento, a partir dos valores de velocidades e de alturas fornecidos pela curva ajustada do gráfico e a partir, também, da massa medida por eles nas aulas de número 10 e 11. Foi solicitado também que os alunos comparassem a Energia Mecânica nesses dois pontos através das equações vistas anteriormente. Finalmente, foi solicitado que confrontassem esses resultados com as suas previsões iniciais e concluíssem se esse experimento havia ou não se comportado como um sistema conservativo.

Aulas 14 e 15

Planejamento das Aulas 14 e 15

Tema das aulas: Elaboração de apresentação

Duração: 1 hora e 40 minutos

Objetivo específico:

- Elaborar conclusões, discutindo e analisando fenômenos, dados e resultados dos experimentos.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Alunos separados nas mesmas duplas ou trios para a elaboração das apresentações;
- *Notebooks* para elaboração das apresentações ou laboratório de informática.

Momentos das aulas:

- Destinar tempo aos alunos para que eles elaborem suas apresentações com seus desenvolvimentos e suas conclusões sobre a atividade experimental finalizada. As apresentações podem ser feitas na forma de *slides*.

Relato das Aulas 14 e 15

Aulas dedicadas à elaboração das apresentações das conclusões.

Após as análises e conclusões, os alunos, nos mesmos pequenos grupos, elaboraram apresentações para expor aos colegas seus conhecimentos sobre o tema proposto e seus desenvolvimentos do experimento. A figura 7 mostra esse momento de síntese e fechamento dos alunos da atividade desenvolvida.

Eles elaboraram essas apresentações através de *slides*, mostrando seus cálculos de Energia Mecânica no início e ao final do movimento e responderam o questionamento feito pela professora antes dos experimentos: “O movimento de descida de um carrinho de lomba pode ser caracterizado como um sistema conservativo?”.

Este momento foi produtivo em termos de auto avaliação, pois os alunos puderam perceber os seus próprios progressos com relação aos conceitos vistos e experimentados.

Todos os grupos obtiveram resultados de que o movimento não se tratou de um sistema conservativo. Em todos os desenvolvimentos e cálculos dos grupos foi observada uma perda de dez a vinte por cento da energia mecânica inicial.

Figura 7: Alunos analisando os vídeos e efetuando os cálculos.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2017)

Aula 16

Planejamento da Aula 16

Tema da aula: Apresentação dos alunos

Duração: 1 hora

Objetivo específico:

- Apresentar conclusões, analisando fenômenos, dados e resultados dos experimentos e expressando-se de forma correta e clara.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Projetor para apresentação dos dados e das conclusões dos alunos;

Momentos da aula:

Organizar cada dupla ou trio para que eles apresentem aos demais colegas como foi o desenvolvimento da atividade; solicitar que exponham as suas análises, desde a construção dos carrinhos até a conclusão do questionamento sobre a Energia Mecânica presente no movimento.

Relato da Aula 16

Nesta aula foram realizadas as apresentações dos alunos. A avaliação da sequência didática foi feita através do processo desenvolvido com a montagem dos carrinhos de lomba, as descidas com os artefatos, as filmagens desta descida, a análise dos vídeos utilizando o *software Tracker* e das apresentações. A partir delas, foi avaliada a exposição da construção e do processo do experimento, e dos conceitos desenvolvidos.

Neste momento eles expuseram suas hipóteses iniciais, apresentaram seus desenvolvimentos e suas conclusões a respeito da pergunta que norteou o experimento, que indagava se a energia mecânica do sistema seria ou não conservada, bem como apresentaram o desenvolvimento do trabalho e de como chegaram às conclusões.

As hipóteses iniciais dos alunos previam uma conservação de energia mecânica, e como ela não ocorreu, o sistema perdeu energia, eles tiveram que pesquisar e propor explicações para essa redução. As justificativas foram dadas em função das forças dissipativas, a maioria dos alunos apontou o atrito e demais resistências como fator principal da perda de energia.

Aula 17

Planejamento da Aula 17

Tema da aula: Reaplicação do teste sobre as concepções de energia

Duração: 1 hora

Objetivos específicos:

- Responder novamente o teste sobre Energia e sua Conservação;
- Compreender o conceito de Energia Mecânica e suas formas;
- Entender o Princípio de Conservação de Energia Mecânica;
- Comparar a significação dos conceitos trabalhados na atividade experimental com o conhecimento prévio.

Procedimentos metodológicos /Recursos instrucionais:

- *Tablets e smartphones* para que os alunos respondam novamente o teste inicial ou laboratório de informática.

Momentos da aula:

- Enviar por e-mail aos alunos as mesmas questões que eles responderam no início da atividade, igualmente utilizando o aplicativo *Google Forms*, para analisar se a atividade propiciou uma aprendizagem significativa, assim como se houve uma evolução nos conceitos mediante as respostas providas pelos alunos.
- Destinar tempo para que os alunos reflitam e respondam o questionário.

Relato da Aula 17

Para avaliar a evolução/confirmação dos conceitos estudados sobre energia, o teste inicial sobre concepções de energia foi disponibilizado aos alunos por e-mail no aplicativo *Google Forms* novamente. Os alunos responderam as questões utilizando os *tablets* da escola, assim como foi feito na aula de número dois. Nesta atividade foi possível observar o entusiasmo dos alunos ao responderem com mais confiança e propriedade as perguntas.

Na segunda aplicação do teste, foram acrescentadas duas questões ao final do questionário, as questões 21 e 22, para se ter uma avaliação dos alunos com relação à atividade experimental realizada e se eles a consideraram eficaz para o aprendizado de Energia Mecânica.

4.3 RESULTADOS OBTIDOS

A avaliação da aprendizagem se deu em todo o processo, mas mais precisamente nos dois momentos finais, quando os alunos apresentaram aos colegas seus desenvolvimentos e suas conclusões com relação à atividade e na reaplicação do teste de concepções sobre Energia Mecânica e sua Conservação.

Todos os grupos de alunos inferiram que o movimento dos carrinhos não era um sistema conservativo, divergindo de suas hipóteses iniciais. Muitos deles previram que o movimento seria conservativo, baseados em situações e exemplos descritos em livros. Concluíram que o valor da Energia Mecânica no início do movimento era maior do que o seu valor no final. Foi solicitado a eles, então, que sugerissem causas para a diminuição do valor da energia. Os grupos apontaram as forças dissipativas - a resistência do ar e demais atritos - como causadores da redução da Energia Mecânica.

Durante as apresentações, foi bastante visível a apropriação que os alunos tiveram dos conceitos de Energia Mecânica trabalhados. Mostraram-se capazes de diferenciar bem os dois tipos de Energia Mecânica presentes no movimento e de como a Energia Potencial Gravitacional ia se transformando em Energia Cinética a cada intervalo de tempo da descida dos carrinhos, mostrando que houve interação não literal e não arbitrária dos novos conceitos com o conhecimento pré-existente, gerando novas compreensões e conseguindo, assim, mostrar que houve aprendizagem significativa, pelo menos em relação ao significado de energia mecânica .

Com relação às aplicações dos testes de conhecimento, todos os alunos que responderam o questionário no início apresentaram na reaplicação do questionário, no fim da atividade, aumento no número de acertos. Cabe ressaltar inicialmente que os alunos tiveram bastantes dúvidas ao responder pela primeira vez as perguntas, principalmente nas questões de conservação de energia, pois o conceito que eles tinham de energia era frequentemente confundido com os de força e de velocidade.

O gráfico 1 a seguir mostra a porcentagem de alunos que respondeu a alternativa correta em cada uma das 18 questões de múltipla escolha (da questão de número 2 à questão de número 20).

Gráfico 1: Percentuais do número de alunos que assinalou a alternativa correta antes e depois da atividade.



Fonte: Gráfico elaborado pela autora (2018)

As perguntas que mais obtiveram troca de respostas foram as de números 14, 13, 2, 4 e 3, nesta ordem. As questões 14 e 13 estavam relacionadas à ideia de que um corpo pode *possuir* energia e à justificativa dessa possibilidade. Esse grande progresso no número de alunos que trocou de alternativa vem ao encontro de suas reações quando foi discutido, nas aulas 3 e 4, sobre o armazenamento de energia nos corpos.

As questões de números 2, 3 e 4 refletiram a eficácia da atividade experimental, pois os alunos conseguiram relacionar o movimento dos carrinhos e as transformações de energia presentes com o movimento da moeda atirada para cima por um juiz de futebol, indicando que houve, para muitos, aprendizagem significativa.

Na questão de número 1, que era bastante descritiva, houve uma evolução nas respostas dos alunos, pois muitos entenderam que havia energia em todas as imagens, posto que se considerarmos o movimento dos átomos que compunham os objetos, todos eles tinham energia, e não somente os dos corpos que estavam em movimento ou os que envolviam energia elétrica, como eles acreditavam previamente. Nos quadros 4.3a e 4.3b, a seguir, alguns exemplos de respostas

fornecidas pelos alunos na primeira e na segunda aplicação do teste, respectivamente.

Quadro 4.3a: Algumas das respostas dadas pelos alunos na questão de número 1 na primeira aplicação do teste.

Números das quais a energia é a pilha: 1 e 21
Energia via wifi: 2
Energia a fio/cabo: 19,7,3
Energia a bateria: 13,11,6 (2)
Todas a um tipo de energia menos a estátua,espera em cima da mesa e alimento
Não sei
6- energia elétrica
6 usina 21 energia 9 dínamo

Fonte: Captura de tela no aplicativo Google Forms (2018).

Quadro 4.3b: Algumas das respostas dadas pelos alunos na questão de número 1 na segunda aplicação do teste.

Todas tem alguma formá de energia.
Todas essas imagens tem energias, algumas diferentes das outras mas todas tem.
Todos eles possuem energia, mas cada um deles de "classifica" em algum tipo de energia, como a 7 que mostra uma chama, ela possui energia através da combustão e a 4 que mostra uma lâmpada acesa que tem energia elétrica e a 8 que mostra uma bicicleta em movimento que tem energia cinética e a 16 que mostra uma esfera parada sobre uma mesa que obtém energia potencial gravitacional e a 6 que mostra uma usina nuclear que tem energia termica
Tudo tem energia devido ao movimento dos elétrons.

Fonte: Captura de tela no aplicativo Google Forms (2018).

Nas demais questões que não falavam necessariamente em energia mecânica, similarmente houve progresso, mostrando que eles também conseguiram estabelecer a relação entre outros tipos de transformações de energia que ocorrem no dia a dia, mecânica em térmica ou elétrica em térmica, por exemplo.

As questões que envolviam o conceito de trabalho tiveram também aumento significativo nas respostas e serviram de reflexão para as conclusões que os alunos fizeram sobre as forças dissipativas e a energia mecânica, que foi transformada em outros tipos ao longo do movimento.

As questões de números 21 e 22 foram feitas apenas na reaplicação do teste para se ter um retorno e uma reflexão por parte dos alunos com relação ao seu aprendizado. Dos 22 alunos que responderam o questionário na segunda aplicação, 20 responderam “sim” à questão de número 21, identificando a contribuição eficaz da atividade para a aprendizagem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho versa sobre o planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática para o ensino de Energia Mecânica e sua Conservação no 1º ano do Ensino Médio de uma escola localizada no município de Gravataí, no Rio Grande do Sul, que resultou em um produto educacional (Apêndice A).

Utilizando, como base de sustentação teórica, a teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, foram considerados os conhecimentos prévios dos alunos avaliados através da aplicação de um teste de concepções. A partir disso, a atividade foi desenvolvida e aplicada de acordo com esses conhecimentos e visando gerar novas compreensões.

Os alunos construíram carrinhos de lomba e, a partir de vídeos filmados das descidas, analisaram a Energia Mecânica presente no sistema. Ao final, puderam concluir que a situação analisada não se tratava de um sistema conservativo do ponto de vista mecânico, pois a Energia Mecânica no início do movimento era maior do que no final.

A sequência didática apresentada contou ainda com a utilização das TICs como ferramenta para a alfabetização científica e tecnológica, que se mostraram também como instrumento motivador para a aprendizagem.

Após a avaliação da sequência didática e a reaplicação do teste de concepções, foi possível concluir que a atividade cumpriu com o seu propósito, o de consolidar uma aprendizagem significativa do conceito de Energia Mecânica e de sua Conservação.

A atividade experimental aqui apresentada pode ser utilizada não somente como estudo da conservação de energia, mas também como tema motivador na construção dos conceitos primordiais de posição, velocidade e aceleração, para o ensino de construção e interpretação de gráficos e cálculos da cinemática, assim como leis da mecânica newtoniana, estudo de aerodinâmica, estabilidade e rotações. Além disso, pode ser uma potente ferramenta para trabalhar de forma interdisciplinar com a área da matemática na análise de funções.

A interdisciplinaridade pode ser também pensada nas questões de sustentabilidade e propriedade dos materiais, interligando os conceitos desenvolvidos com as ciências da natureza.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T. Metodologias Ativas – Parte 1: aprendizagem baseada em projetos. **Inoveduc folha dirigida**. 2018. Disponível em: <http://inoveduc.com.br/metodologias-ativas-parte-1/>. Acesso em abril de 2018.
- ANDRADE, M. E. **Simulação e modelagem computacional com o software Modellus**: Aplicações práticas para o ensino de física. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. and HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2nd. ed. New York, Holt Rinehart and Winston, 1978.
- BARBOSA, J.P.V; BORGES, A.T. **O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio**, Cad. Brás. Ens. Fís., v. 23, n. 2: p. 182-217, 2006.
- BERBEL, N.A.N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.
- BRASIL, Ministério da Educação. Orientações curriculares do ensino médio. Brasília, DF, 2006.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.3, p.291-313, 2002.
- CARVALHO, A. M. P. et al., **Ensino de Física**. Coleção ideias em ação. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- CHASSOT, A., **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 6. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2014.
- COSTA, L. G., BARROS, M. A., **O Ensino de Física no Brasil: Problemas e Desafios**. In: XII Congresso Nacional de Educação (EDUCERE), III Seminário Internacional de Representações Sociais, Subjetividade e Educação (SIRSSE), V Seminário Internacional sobre Profissionalização Docente (SIPD/CÁTEDRA UNESCO) e IX Encontro Nacional Sobre Atend, 2015, Curitiba-PR. XII EDUCERE, III SIRSSE, V SIPD-Cátedra Unesco e IX ENAEH. Curitiba-PR: PUCPRes, p. 10980-10989, 2015.
- DRUZIAN, A. C.; BRÜCKMANN, I. A.; SANTOS, R. P. **Construção de um teste através de um inventário do conceito de energia**. In: NARDI, Roberto; BORGES, Oto (Orgs.). Atas do 5º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru: ABRAPEC, 2005.
- HAAG, R. ARAUJO, I. S. VEIT, E. A. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? **Física na Escola** v. 6, n. 1, 2005.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de física**, v.1, 7 ed, Rio de Janeiro: LTC, 2006.

HEIDEMANN, A., OLIVEIRA, A., VEIT, E. A. Ferramentas online no ensino de ciências: uma proposta com GoogleDocs. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Física. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, 2010.

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

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala dos professores. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, 2005.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; BARROS, M. A. Laboratório caseiro pára-raios: um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 168-182, 2008.

MOREIRA, M.A., MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. **A teoria da Aprendizagem Significativa**. 2. ed. Porto Alegre, 2016. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em outubro de 2017.

_____. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. Ampl. São Paulo: EPU, 2011.

_____. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

NEVES, M. S., CABALLERO, C. MOREIRA, M. A. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem de física, em sala de aula – Um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, v 11(3) p. 383-401, 2006.

NUSSENZVEIG, H. M., **Curso de física básica**, 1: mecânica. 5 ed. São Paulo: Blucher, 2013.

OLIVEIRA, L. P. et al. **Divulgando e ensinando análise de vídeo em sala de aula: experimentos de mecânica com o software Tracker**. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XIX, Manaus, 2011. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0094-1.pdf>. Acesso em outubro de 2017.

OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de aprendizagem**. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf. v.1, 2011.

PINTO, A. S. S. et al. Inovação Didática - Projeto de Reflexão e Aplicação de Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino Superior: uma experiência com “peer instruction”. Janus, Lorena, ano 6, n. 15, 1 jan./jul, p.75-87, 2012.

SALVADEGO, W. N. C.; LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A. Uso de atividades experimentais pelo professor das Ciências Naturais no ensino Médio: relação com o

saber profissional. 1 o Congresso Paranaense de Educação em Química, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2009.

SANCHES, C. Inovação e tecnologia no ambiente escolar. **Inoveduc**, Ed. n. 03, 2017, p. 14-15. Disponível em: <http://inoveduc.com.br/wp-content/uploads/2017/10/REVISTA-INOVEDUC-OUTUBRO2017-SITE.pdf>. Acesso em abril de 2018.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**: Polêmicas do nosso tempo. 32ª. Ed. Campinas, SP: Editora Autores Associados. v. 5. 1999.

TAMIR, P. Practical work at school: An analysis of current practice. In: WOOLNOUGH, B. (ed.) **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

TIPLER, P. A. e MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**, Volume 1, 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

TRINDADE, J. F., SALDIVIA, Z. e FREIRE, J. **A Experimentação e as TIC no Ensino das Ciências Exatas**. Natal, RN. Bubok Publishing, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA MEDIADA PELO USO DE METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

Cláudia Fraga Germano

Prof^a. Dr^a. Liane Ludwig Loder
Orientadora

Prof. Dr. Ederson Staudt
Co-orientador

Tramandaí
Agosto 2018

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem-se tornado muito complexo o papel de ensinar física. A crescente desmotivação dos alunos para a escola como um todo, a desvalorização da carreira docente, a pequena carga horária destinada ao componente curricular, entre outros, trazem difíceis obstáculos para se desenvolver um ensino e uma aprendizagem significativa para os alunos. Os professores, então, geralmente buscam alternativas para diversificar as suas aulas para que seus alunos se sintam motivados a aprender e também para que aqueles conceitos que eles estão trazendo façam sentido para os seus estudantes. Baseado nessa premissa, este produto busca auxiliar os professores, trazendo uma alternativa para o ensino de Energia Mecânica e sua Conservação, de maneira que os alunos sejam instigados a criar seus objetos de estudo, a interagir com o seu experimento, a construir e compartilhar seu próprio aprendizado, a utilizar as tecnologias e a elaborar conclusões a partir das suas observações.

O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA MEDIADA PELO USO DE METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM é um produto educacional que traz uma nova forma de estudar mecânica, pois os alunos são instigados a construir, em grupos, carrinhos de rolimã (regionalmente conhecidos como carrinho de lomba). A proposta é de que eles possam investigar o movimento de descida dos carrinhos e descobrir se há, ou não, a conservação de energia mecânica no seu movimento. Para isso, eles utilizam o *software* de análise de vídeos *Tracker*. Baseado nos referenciais utilizados na dissertação à qual este material está associado, o produto almeja uma aprendizagem significativa dos conceitos de Energia Mecânica (cinética e potencial gravitacional) e sua Conservação, utilizando uma metodologia ativa de aprendizagem na qual o aluno se torna o foco do processo de ensino-aprendizagem e é responsável pelo seu desenvolvimento e pelo seu aprendizado.

Este produto foi aplicado em 17 horas-aula distribuídas em 13 encontros. A seguir, um resumo sobre a Energia Mecânica a nível de ensino médio, algumas das potencialidades e funções dos programas utilizados – *software Tracker* e *Google Forms* – e a descrição detalhada dos planejamentos de aula e das atividades desenvolvidas em cada encontro.

2 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA

Para o desenvolvimento desta proposta, faz-se necessária uma breve revisão dos conceitos físicos que foram trabalhados na sequência didática. Ao trabalhá-los com os alunos do ensino médio, foi feita uma transposição didática de maneira a simplificar as equações matemáticas.

2.1 Conceito de trabalho

Trabalho pode ser definido como “a transferência de energia por uma força. Se você estica uma mola puxando-a com sua mão, energia é transferida de você para a mola e esta energia é igual ao trabalho realizado pela força de sua mão sobre a mola. [...] Trabalho é uma grandeza escalar que pode ser positiva, negativa ou zero. O trabalho realizado pelo corpo A sobre o corpo B é positivo se alguma energia é transferida de A para B, e é negativa se alguma energia é transferida de B para A. Se não existe energia transferida, o trabalho realizado é zero.” (TIPLER; MOSCA, 2013, p. 169).

“Trabalho é realizado sobre um corpo por uma força quando o ponto de aplicação da força se desloca. Para uma força constante, o trabalho é igual à componente da força no sentido do deslocamento vezes a magnitude do deslocamento.” (TIPLER; MOSCA, 2013, p. 169).

Consideremos um “bate-estacas”, que opera suspendendo um bloco a uma altura acima da estaca que se quer enterrar e deixando-o cair sobre ela. Dizemos que a força F aplicada à estaca, enterrando-a de Δz , ou seja, produzindo um deslocamento de Δz na direção da força, realiza um trabalho ΔW sobre a estaca. (NUSSENZVEIG, 2013). Neste caso:

$$\Delta W = F \cdot \Delta z \quad (1)$$

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

A unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades (SI) para trabalho combina uma unidade de força, newton (N), com uma unidade de distância, metro

(m); a unidade de trabalho então é o newton-metro (N·m), também chamada de *joule* (J) (HEWITT, 2011).

2.2 Conceito de energia

O termo *energia* é tão amplo que é difícil escrever uma definição clara. Tecnicamente, energia é uma grandeza escalar associada ao estado (ou condição) de um ou mais objetos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

“Energia é um dos conceitos unificadores mais importantes da ciência. Todos os processos físicos envolvem energia. A **energia** de um sistema é uma medida de sua habilidade em realizar trabalho.” (TIPLER; MOSCA, 2013, p. 171).

Para erguer o bloco de um “bate-estacas”, por exemplo, é necessário realizar um trabalho, e em consequência o objeto adquire a propriedade de ser capaz de realizar trabalho sobre a estaca, caindo sobre ela. Neste caso, “algo” foi ganho pelo objeto que o capacitou a realizar trabalho. Esse “algo” é a **energia**. Assim como trabalho, energia é medida em joules (J). Por ora, focaremos nas duas formas mais comuns de **energia mecânica** – energia devido à posição de algo (potencial) ou ao movimento de alguma coisa (cinética). (HEWITT, 2011).

“Energia cinética é a energia associada ao movimento. Energia Potencial é a energia associada à configuração de um sistema, como a distância de separação entre dois corpos que se atraem mutuamente”. (TIPLER; MOSCA, 2013, p. 171).

Energia Cinética

Quando forças realizam trabalho sobre uma partícula, o resultado é uma variação da energia associada ao movimento da partícula – a energia cinética. Para determinar a relação entre energia cinética e trabalho, vamos ver o que acontece se uma força resultante constante \vec{F}_{res} atua sobre uma partícula de massa m que se move ao longo do eixo x . Aplicando a segunda lei de Newton, vemos que

$$\vec{F}_{res\ x} = m\vec{a}_x \quad (2)$$

Se a força resultante é constante, a aceleração é constante, e podemos relacionar o deslocamento com a rapidez inicial v_i e a rapidez final v_f , usando a equação da cinemática para o módulo da aceleração constante

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a_x \Delta x \quad (3)$$

Explicitando a_x , temos

$$a_x = \frac{1}{2\Delta x} (v_f^2 - v_i^2) \quad (4)$$

Substituindo (4) em (2), em módulo e multiplicando os dois lados por Δx , fica

$$F_{res\ x} \Delta x = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \quad (5)$$

O termo da esquerda é o trabalho total realizado sobre a partícula. Então,

$$W_{total} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \quad (6)$$

Vê-se que o trabalho total corresponde à variação do fator $\frac{1}{2} m v^2$. Essa quantidade é uma grandeza escalar que representa a energia associada ao movimento da partícula e é chamada de **energia cinética** K da partícula (TIPLER; MOSCA, 2013):

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \quad (7)$$

A **energia cinética** K está associada ao *estado de movimento* de um objeto. Quanto mais rápido o objeto se move, maior é a sua energia cinética.

Por exemplo, um pato de 3,0 kg que voa a 2,0 m/s tem uma energia cinética de 6,0 kg m²/s²; ou seja, associamos este número ao movimento do pato.

A unidade do SI da energia cinética (e de todas as demais formas de energia) é o **joule** (J), em homenagem a James Prescott Joule, cientista inglês do século XIX. Ela é definida diretamente da Equação (7) em termos das unidades de massa e velocidade:

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2.$$

Portanto, o pato do exemplo acima tem uma energia cinética de 6,0 J (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

Energia Potencial Gravitacional

A energia armazenada em um corpo devido a sua posição em um campo de forças é chamada de **energia potencial**, porque neste estado ela tem potencial para

realizar trabalho. Vimos que é necessário realizar trabalho para erguer objetos contra a gravidade terrestre; a energia de um corpo devido a sua posição elevada é chamada de **energia potencial gravitacional** e ela será igual ao trabalho que foi realizado para erguê-lo (HEWITT, 2011).

Consideraremos inicialmente uma partícula com massa m movendo-se verticalmente ao longo do eixo y (o sentido positivo é para cima). À medida que a partícula se move do ponto y_i para o ponto y_f , a força gravitacional \vec{F}_g realiza trabalho sobre ela. Para encontrarmos a variação correspondente na energia potencial gravitacional ΔU do sistema partícula-Terra, usamos a seguinte equação (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

$$\Delta U = - \int_{y_i}^{y_f} F(y) dy \quad (8)$$

Substituindo, na equação acima $F(y)$ por $-mg$, pois \vec{F}_g possui módulo mg e está dirigida para baixo no eixo y , temos então

$$\Delta U = - \int_{y_i}^{y_f} (-mg) dy = mg \int_{y_i}^{y_f} dy = mg[y]_{y_i}^{y_f} \quad (9)$$

que fornece

$$\Delta U = mg(y_f - y_i) = mg\Delta y \quad (10)$$

às vezes gostaríamos de dizer que um certo valor de energia potencial gravitacional U está associado com um certo sistema partícula-Terra quando a partícula está a certa altura y . Para isso, reescrevemos a Eq. (10) como

$$U - U_i = mg(y - y_i) \quad (11)$$

Tomamos então U_i como sendo a energia potencial gravitacional do sistema quando ele se encontra em uma configuração de referência na qual a partícula está em um ponto referência y_i . Normalmente, consideramos $U_i = 0$ e $y_i = 0$. Fazendo isso, a equação anterior modifica-se para

$$U(y) = mgy \quad (12)$$

Esta equação nos diz que a energia potencial gravitacional associada com um sistema partícula-Terra depende apenas da posição vertical y (ou altura) da partícula

em relação à posição de referência $y = 0$, e não da posição horizontal (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

2.3 Conservação de energia mecânica

“A energia pode ser transformada de uma forma para outra e transferida de um objeto para outro, mas a quantidade total é sempre a mesma (a energia é *conservada*)” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2006).

A energia mecânica E_{mec} de um sistema é a soma de sua energia potencial U e a energia cinética k dos objetos que compõem o sistema:

$$E_{mec} = K + U \quad (13)$$

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

Se $E_{mec\ i} = K_i + U_i$ é a energia mecânica inicial de um sistema e $E_{mec\ f} = K_f + U_f$ é a energia mecânica no final do sistema, a conservação da energia implica que

$$E_{mec\ f} = E_{mec\ i} \quad (14)$$

Em outras palavras, quando a energia mecânica de um sistema é conservada, podemos relacionar a energia mecânica final com a energia mecânica inicial do sistema (TIPLER; MOSCA, 2013).

3 Tracker Video Analysis and Modeling Tool

O software “*Tracker Video Analysis and Modeling Tool*” – ligado ao projeto *Open Source Physics*, que colabora com o desenvolvimento de programas com códigos abertos destinados ao ensino de física – é um programa para a coleta e análise de dados a partir de vídeos. Desenvolvido por instrutores da Cabrillo College, localizada no estado da Califórnia, EUA, o *software Tracker* traz muitas facilidades ao estudo, principalmente de movimentos em física. Ele possibilita o fornecimento de dados experimentais a partir da filmagem de um movimento. Vem sendo muito utilizado por professores atualmente, tanto de física como matemática, por facilitar também a construção de gráficos e fornecer suas respectivas equações matemáticas.

A seguir, um pequeno tutorial com algumas das potencialidades do software utilizadas no desenvolvimento das atividades propostas pelo presente trabalho.

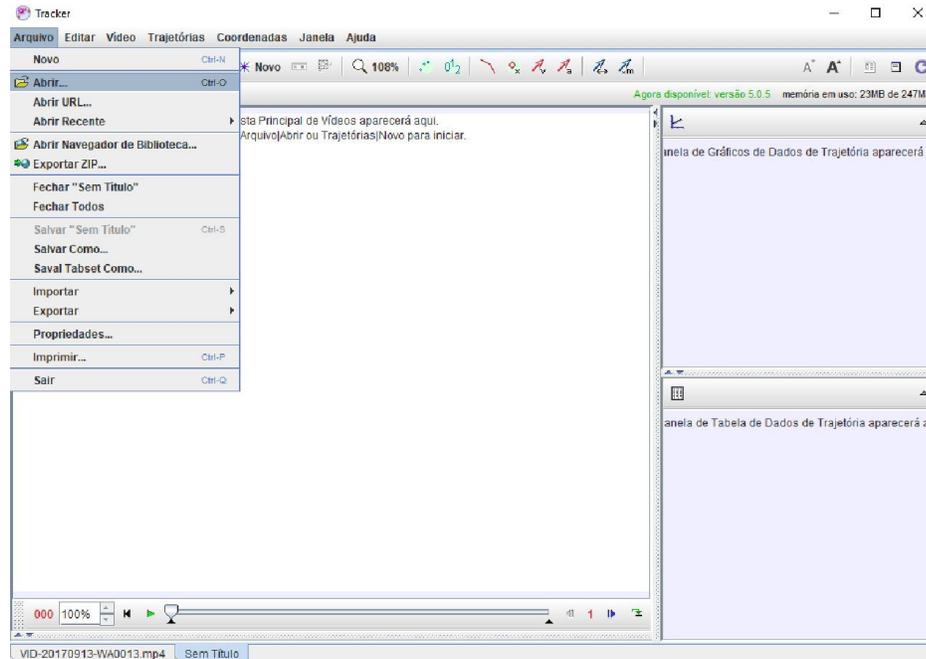
3.1 Como instalar o programa

A última versão (5.0) do software não necessita ter o programa java instalado separadamente; para versões anteriores é necessário instalar o programa java previamente. Basta, então, acessar a página e executar o download (<https://physlets.org/tracker/>). O software pode ser instalado em Windows, Mac OS X, Linux 32 bits e Linux 64 bits. Em poucos minutos ele já estará disponível para uso.

3.2 Como baixar o vídeo para a análise

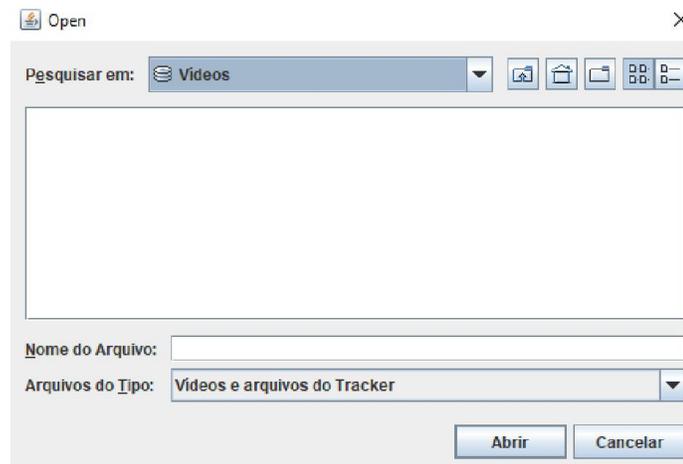
Para iniciar a análise do vídeo, é necessário que o vídeo seja anexado ao programa. Para isso, na tela inicial, clique em “arquivo” e logo após em “Abrir...”, como mostrado na figura 1. Uma pequena janela abrirá para, dentro dos arquivos do computador, selecionar o vídeo que se deseja abrir. Essa pequena janela está exemplificada na figura 2.

Figura 1: Como colocar o vídeo no software



Fonte: Captura de tela do software *Tracker* (2018)

Figura 2: Janela para selecionar o vídeo a ser inserido no programa.



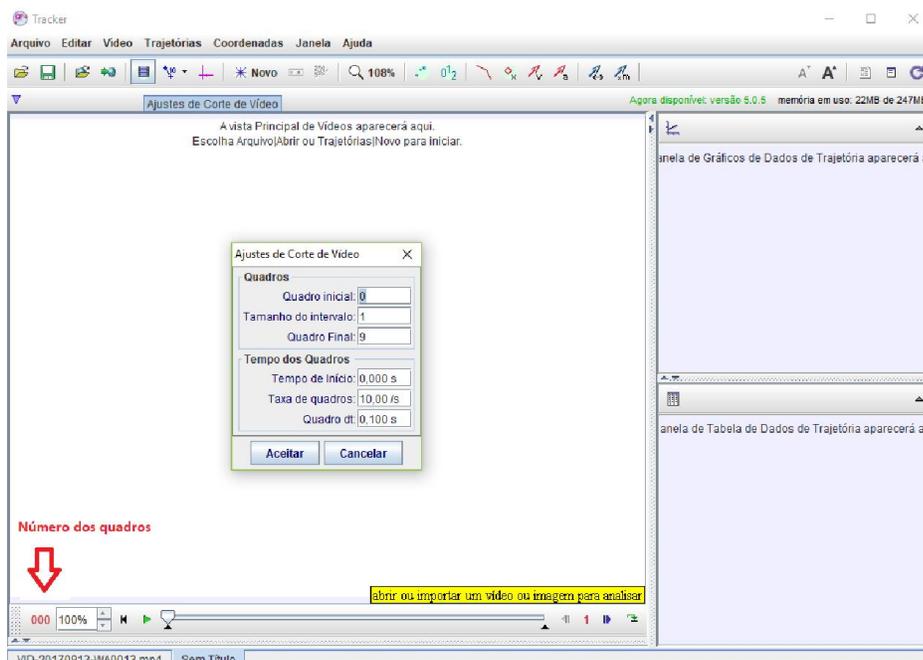
Fonte: Captura de tela do software *Tracker* (2018)

Selecione o vídeo e clique em “abrir”. Automaticamente o vídeo é anexado na tela inicial do programa.

3.3 Como calibrar o software

Com o vídeo já na tela do programa, é importante que ele seja cortado, ou seja, deve-se selecionar apenas a parte do vídeo que se deseja analisar. Para isso, clique no botão “Ajustes de Corte de Vídeo”, mostrado na figura 3, e selecione o quadro inicial e final que deseja analisar. O número de cada quadro está indicado na parte inferior esquerda da tela do programa.

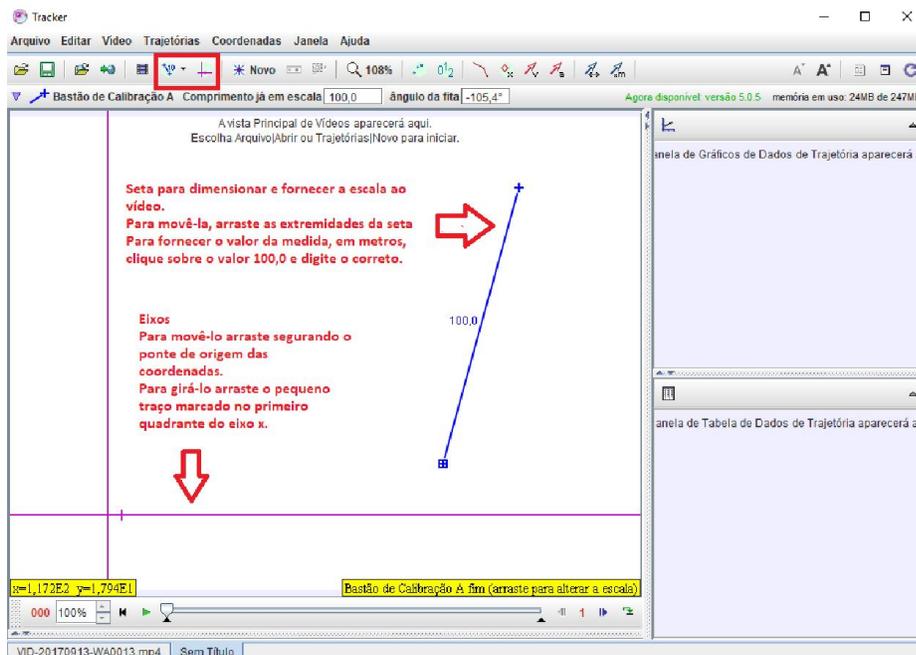
Figura 3: Ajuste de corte de vídeo.



Fonte: Captura de tela do software *Tracker* (2018)

Após selecionar a parte do vídeo que se deseja analisar, deve-se calibrar os eixos e a escala do vídeo, para que o programa possa dimensionar e fornecer os gráficos corretos. Para calibrar os eixos, clique no botão “Mostrar ou ocultar eixos de coordenadas” na parte superior do programa e posicione os eixos do plano cartesiano de acordo com seu vídeo. É permitido, inclusive, girar esses eixos. Para dimensionar a escala do vídeo, clique em “Fita Métrica com Transferidor” também na parte superior, e uma seta azul aparecerá na tela do vídeo para que seja informada ao programa a dimensão de algo presente no vídeo. Esses dois comandos são mostrados na figura 4 a seguir.

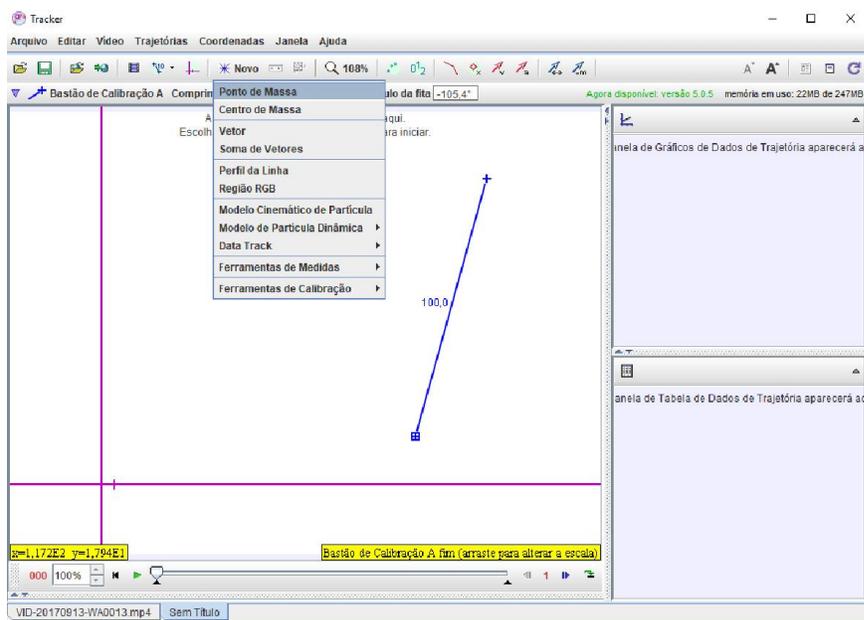
Figura 4: Calibrar o programa com dados de escala e dos eixos.



Fonte: Captura de tela do software Tracker (2018)

O próximo passo é marcar as posições do objeto cujo movimento deseja-se analisar. Para isso, clique no botão “Novo” e em seguida em “Ponto de Massa”, como ilustrado na figura 5.

Figura 5: Marcar os pontos ocupados pelo móvel.



Fonte: Captura de tela do software Tracker (2018)

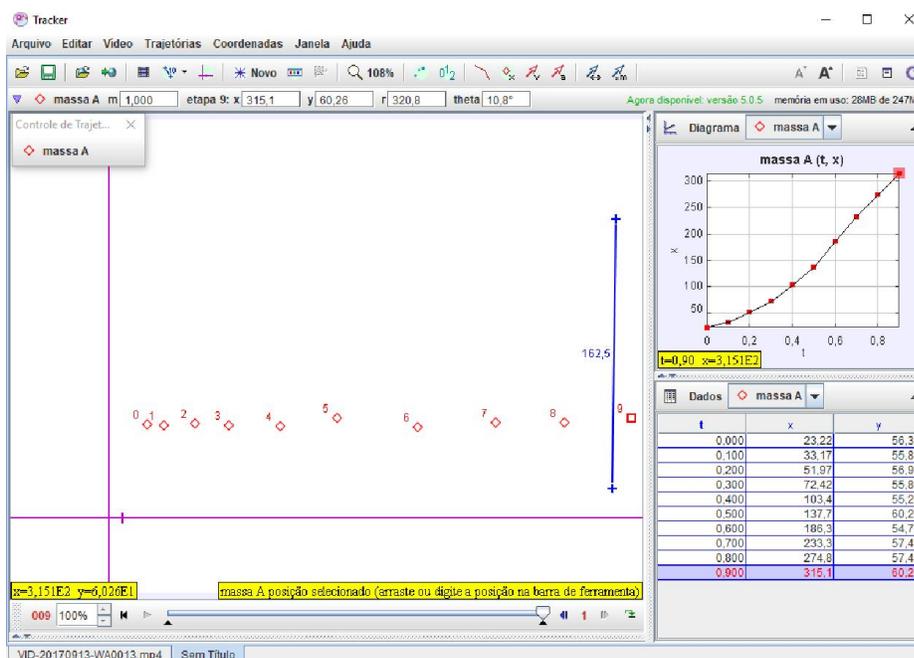
Após clicar em “Ponto de Massa”, mantenha a tecla *shift* do teclado pressionada para ir marcando quadro a quadro as posições ocupadas pelo móvel no vídeo. Após o primeiro clique, o programa passa para o próximo quadro automaticamente até o final da parte selecionada do vídeo.

Com as posições marcadas no vídeo, um gráfico aparece automaticamente no quadro superior direito e sua respectiva tabela, com os determinados pontos, no quadro inferior direito.

3.4 Como analisar os gráficos

O programa fornece diversos gráficos de acordo com as informações de escala e posição fornecidas a ele a partir do vídeo. Na figura 6 a seguir, veja o gráfico das posições x (em metros) ocupadas pelo móvel em função do tempo t (em segundos).

Figura 6: Gráfico e tabela elaborados pelo software.



Fonte: Captura de tela do software *Tracker* (2018)

As grandezas representadas nos eixos podem ser alteradas com apenas um clique sobre elas e uma subsequente escolha. Na figura 7 estão as opções de grandezas que o *software* é capaz de plotar no gráfico.

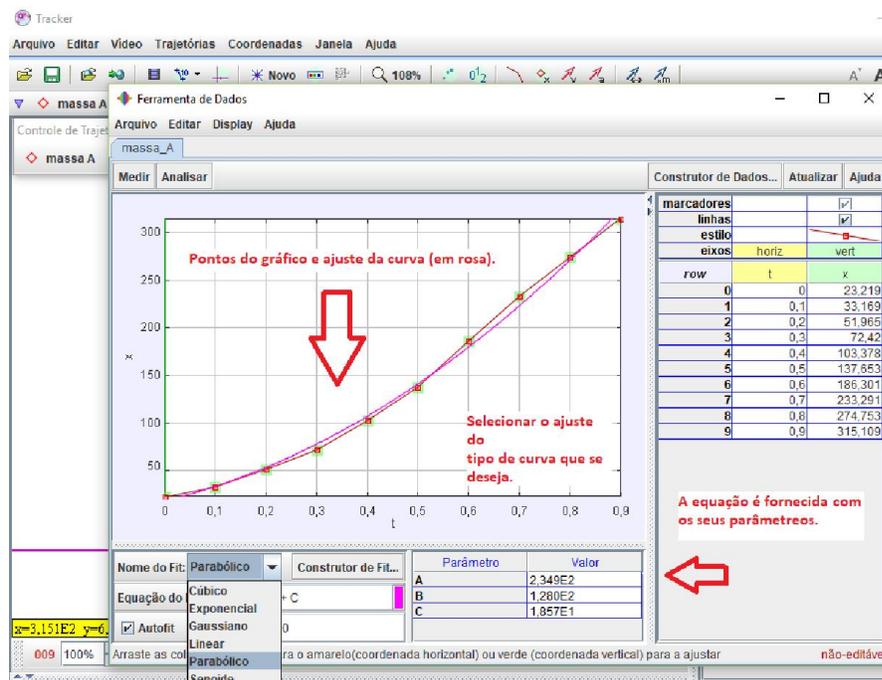
Figura 7: Opções de grandezas a serem plotadas nos eixos do gráfico.

- x: componente x da posição
 - y: componente y da posição
 - r: intensidade da posição
 - θ : ângulo da posição
 - vx: componente x da velocidade
 - vy: componente y da velocidade
 - v: intensidade da velocidade
 - θ_v : ângulo da velocidade
 - ax: componente x da aceleração
 - ay: componente y da aceleração
 - a: intensidade da aceleração
 - θ_a : ângulo da aceleração
 - θ : ângulo de rotação
 - ω : velocidade angular
 - α : aceleração angular
 - step: número de pulos
 - frame: quadro número
 - px: componente x do momento
 - py: componente y do momento
 - p: intensidade do momento
 - θ_p : ângulo do momento
 - pixelx: pixel x-component
 - pixely: pixel y-component
 - K: energia cinética
- Definir...

Fonte: Captura de tela do software *Tracker* (2018)

Para ajustar e analisar a curva do gráfico e a sua respectiva função, deve-se dar um duplo clique sobre a imagem do gráfico; assim, uma nova janela se abrirá. Veja-a na figura 8 abaixo.

Figura 8: Análise e ajuste de curva do gráfico.



Fonte: Captura de tela do software *Tracker* (2018)

A partir dos gráficos, podem ser feitas inúmeras análises. O presente trabalho utilizou apenas essas funções do programa para concluir a atividade.

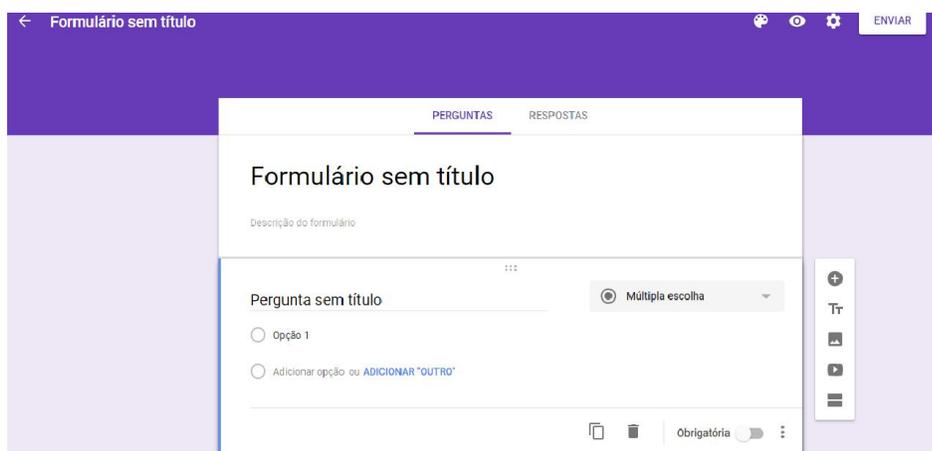
4 Google Forms

O *Google forms* é um dos aplicativos oferecidos pelo pacote *Google* e é de grande utilidade quando se quer enviar um formulário para um grande grupo de pessoas respondê-lo. Além de ser gratuito, o aplicativo é *online*; ou seja, não é necessário instalar nenhum programa e pode ser acessado em qualquer computador, *tablet* ou *smartphone*. E, também, o questionário fica salvo na nuvem, ou seja, não ocupa a memória do computador.

O aplicativo fornece análise das respostas coletadas em formato de gráfico e também pode organizar as informações das respostas em formato de tabela, exportando-as para a planilha eletrônica também do *Google*.

Na ilustração 9 abaixo, a tela inicial do aplicativo.

Figura 9: Tela inicial para criação de formulários no Google Forms.



Fonte: Captura de tela da página do *Google Forms* (2018)

No campo "Formulário sem título" deve ser digitado o nome do questionário que se deseja enviar. Podem ser cadastradas perguntas com diversos tipos de respostas (múltipla escolha, resposta curta, resposta longa etc) e, para digitá-las, basta clicar em cima do campo desejado.

Para elaborar um questionário, basta ir acrescentando perguntas clicando no sinal de "+" localizado à direita do formulário. As questões elaboradas podem conter figuras, tabelas, gráficos, vídeos etc. As opções disponíveis ficam alinhadas também à direita do formulário.

A opção “configurações”, no canto superior direito, oferece diversas alternativas para a apresentação do questionário. Nesse campo podem ser configuradas opções de teste, caso seja atribuído um valor numérico às respostas ou queira-se embaralhar as perguntas entre outras opções. Veja nas figuras 10a, 10b e 10c a seguir.

Figura 10a: Configurações gerais do formulário

Configurações

GERAL APRESENTAÇÃO TESTES SALVAR

Coletar endereços de e-mail

Recibos de respostas

É necessário fazer login:

Limitar a 1 resposta

Os participantes podem:

Editar após o envio

Ver gráficos de sumário e respostas de texto

Figura 10b: Configurações de apresentação do formulário.

Configurações

GERAL APRESENTAÇÃO TESTES SALVAR

Mostrar barra de progresso

Embaralhar a ordem das perguntas

Mostrar link para enviar outra resposta

Mensagem de confirmação:

Sua resposta foi registrada.

Figura 10c: Configurações de teste do formulário.

Configurações

GERAL APRESENTAÇÃO TESTES SALVAR

Criar teste
Atribua pontuações a questões e permita a correção automática.

Opções de teste

Liberar nota:

Imediatamente após o envio

Posteriormente, depois da revisão manual
Ativa a coleta de e-mails

As pessoas que responderem podem ver:

Perguntas erradas

Respostas corretas

Valores

Fonte: Capturas de tela da página do *Google Forms* (2018)

O aplicativo *Google Forms* foi utilizado na sequência didática em dois momentos: inicialmente, para questionar os alunos sobre seus conhecimentos

prévios acerca de energia e, ao final da sequência didática, para analisar a evolução das respostas acerca do assunto trabalhado.

5 Planejamento das aulas

5.1 Aula 1

Tema da aula: O que é energia?

Duração: 1 hora

Objetivos específicos:

- Refletir sobre o conceito de energia;
- Dialogar e discutir sobre concepções de energia, sobre onde ela está presente e como podemos quantificá-la.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Alunos dispostos em círculo para o desenvolvimento das discussões;
- Utilização dos *smartphones* dos alunos para realização de pesquisa.

Momentos da aula:

- Estimular os alunos para que reflitam e exponham suas ideias e concepções acerca do conceito de energia;
- Fazer questionamentos para fomentar discussões entre os alunos sobre as possíveis respostas. Questões como “O que vocês entendem do conceito de energia? ”, “Existem formas diferentes de energia? ”, “Podemos criar ou destruir energia? ” e “Como podemos quantificar ou medir a energia? ” podem ser feitas para incitar maiores reflexões;
- Solicitar breve pesquisa sobre a grandeza física Energia e, mais especificamente, sobre a Energia Mecânica;
- Sugerir a confecção de carrinhos de rolimã para investigar a Energia Mecânica presente no movimento de descida dos mesmos;
- Separar os alunos em grupos para que, em conjunto, possam planejar e organizar a construção do aparato.

5.2 Aula 2

Tema da aula: Conhecimento prévio de Energia e sua Conservação.

Duração: 1 hora

Objetivos específicos:

- Identificar o conceito de energia;
- Responder um teste de concepções de energia expondo as ideias prévias sobre o conceito.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- *Tablets e smartphones* para resolução das questões.

Momentos da aula:

- Enviar para os e-mails dos alunos o teste⁹ contendo questões de múltipla escolha sobre Energia e sua Conservação, através do aplicativo *Google Forms*;
- Proporcionar tempo para que os alunos reflitam e registrem suas respostas.

5.3 Aulas 3 e 4

Tema das aulas: Energia e suas formas

Duração: 1 hora e 40 minutos

Objetivos específicos:

- Compreender o conceito de Energia Mecânica;
- Identificar as diferentes formas com que a Energia se apresenta na natureza.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Quadro e canetas ou giz para registrar os conceitos trabalhados e facilitar a dinâmica de discussão.

Momentos das aulas:

- Expor e discutir os conceitos de Energia a partir das respostas fornecidas pelos alunos no questionário de conhecimentos prévios;

⁹ Questionário aplicado aos alunos está no **APÊNDICE B**.

- Apresentar as formas de Energia Mecânica (cinética e potencial gravitacional) qualitativa e quantitativamente.

5.4 Aula 5

Tema da aula: Energia Mecânica e sua Conservação

Duração: 1 hora

Objetivos específicos:

- Identificar o que é Energia Mecânica e quando que ela está presente nos corpos;
- Conhecer o Princípio de Conservação de Energia Mecânica;
- Relacionar o Princípio de Conservação de Energia Mecânica com os movimentos do cotidiano.
- Identificar a situação física de um problema, prevendo resultados para uma determinada atividade experimental.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Alunos sentados em seus grupos, selecionados anteriormente, para interação e organização do experimento.

Momentos da aula:

- Problematizar as situações que, teoricamente, envolvem Conservação de Energia Mecânica presentes nos livros e *sites* de pesquisa (queda de corpos, movimentos periódicos etc) e questionar como a conservação ocorre;
- Discutir, estimulando a exposição das ideias dos alunos acerca da Conservação de Energia Mecânica.
- Fazer o questionamento-foco da atividade experimental: “O movimento de descida de um carrinho de lomba pode ser caracterizado como um sistema conservativo? ”
- Solicitar que, em seus grupos, os alunos discutam sobre as hipóteses a serem testadas e iniciem as combinações e organizações de como a construção e o desenvolvimento da atividade se dará.

5.5 Aulas 6, 7, 8 e 9 (uma semana)

Tema das aulas: Construção dos carrinhos

Duração: 3 horas e 40 minutos

Objetivos específicos:

- Identificar relações conceituais que possam ser testadas através de hipóteses.
- Utilizar de forma adequada os instrumentos de medição e mensuração.
- Conhecer e compreender os conceitos e regras da mensuração.

Procedimentos metodológicos /Recursos instrucionais:

- Utilização dos espaços: Laboratório de Física e ambiente externo da escola;
- Ferramentas como furadeira, chaves de fenda, martelo, serra etc.
- Instrumentos como fita métrica, pregos, parafusos etc.

Momentos das aulas:

- Auxiliar os alunos na construção dos carrinhos de lomba, utilizando os espaços externos da escola e o Laboratório de Física;
- A cada aula, orientá-los no desenvolvimento e na confecção do artefato, avaliando a interação entre eles e os desdobramentos das dificuldades que venham, por ventura, a aparecer;
- Ao final da semana, acompanhar a finalização da construção dos carrinhos.

5.6 Aulas 10 e 11

Tema das aulas: Descidas com os carrinhos e filmagem

Duração: 1 hora e 40 minutos

Objetivos específicos:

- Observar e selecionar dados importantes para a realização das atividades experimentais;
- Formular hipóteses conceitualmente coerentes com o contexto das medidas utilizando as leis da Mecânica.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Carrinhos de lomba construídos pelos alunos;
- Equipamentos de segurança como capacetes, joelheiras e cotoveleiras;
- *Smartphones* e *tablets* para fazer a captura dos vídeos;
- Ambiente externo da escola.

Momentos das aulas:

- Orientar os alunos na realização de medidas pertinentes à atividade como massa e dimensões dos carrinhos de cada grupo;
- Conduzir os alunos à colocação de equipamentos de segurança para realizar as descidas com os carrinhos;
- Auxiliar na filmagem dos vídeos, no lugar onde se darão as descidas, de maneira que eles sigam as seguintes orientações:
 - ✓ O equipamento de filmagem deve estar posicionado perpendicularmente à lateral das rampas;
 - ✓ A câmara deve manter-se imóvel ou tanto quanto possível durante a filmagem da descida;
 - ✓ As descidas devem iniciar no ponto mais alto das rampas e sem impulsos iniciais; deixar que apenas a força gravitacional faça os carrinhos acelerarem.

5.7 Aulas 12 e 13

Tema das aulas: Análise e estudo dos movimentos dos carrinhos

Duração: 2 horas

Objetivos específicos:

- Ler, articular e interpretar representações em forma de gráficos;
- Identificar situações críticas e prever erros experimentais.
- Controlar as variáveis de uma medida obtida por experimentação.
- Utilizar a linguagem científica fazendo uso da simbologia físico-matemática de forma apropriada.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- *Notebooks* para análise no *software Tracker* ou laboratório de informática;
- Alunos em duplas ou trios para analisar os vídeos e formular as conclusões sobre o estudo.

Momentos das aulas:

- Separar os alunos em duplas ou trios e fornecer um *notebook* com o *software Tracker* instalado para cada um dos pequenos grupos;
- Orientá-los a salvar os vídeos no computador em que será feita a análise;
- Auxiliar os alunos no processo de análise dos vídeos, ajudando-os nos pequenos grupos e seguindo os seguintes passos:
 - ✓ Abrir o programa no computador;
 - ✓ Importar o vídeo para o programa;
 - ✓ Cortar e selecionar apenas o pedaço do vídeo que se deseja analisar;
 - ✓ Calibrar o software de acordo com a escala do vídeo, utilizando as ferramentas “fita métrica com transferidor” e “eixos de coordenadas”;
 - ✓ Marcar os pontos ocupados pelo sistema carrinho-aluno para construção dos gráficos;
- Pedir que eles analisem o gráfico de posição vertical *versus* tempo ($y \times t$) e, logo após, o gráfico de velocidade *versus* tempo ($v \times t$);
- Solicitar os cálculos das Energias Potenciais Gravitacionais e das Energias Cinéticas a partir dos gráficos e em pontos (instantes de tempo) distintos do movimento, utilizando as equações (12) e (7);
- Orientar os alunos para que calculem a Energia Mecânica do sistema nesses mesmos pontos, através da equação (13);
- Questioná-los sobre o comportamento da Energia Mecânica ao longo da descida dos carrinhos;
- Promover a discussão nos pequenos grupos sobre os resultados obtidos, solicitar a elaboração das conclusões e a construção das possíveis respostas ao questionamento inicial “O movimento de descida de um carrinho de lomba pode ser caracterizado como um sistema conservativo? ”

5.8 Aulas 14 e 15

Tema das aulas: Elaboração de apresentação

Duração: 1 hora e 40 minutos

Objetivo específico:

- Elaborar conclusões, discutindo e analisando fenômenos, dados e resultados dos experimentos.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Alunos separados nas mesmas duplas ou trios para a elaboração das apresentações;
- *Notebooks* para elaboração das apresentações ou laboratório de informática.

Momentos das aulas:

- Destinar tempo aos alunos para que eles elaborem suas apresentações com seus desenvolvimentos e suas conclusões sobre a atividade experimental finalizada. As apresentações podem ser feitas na forma de *slides*.

5.9 Aula 16

Tema da aula: Apresentação dos alunos

Duração: 1 hora

Objetivo específico:

- Apresentar conclusões, analisando fenômenos, dados e resultados dos experimentos e expressando-se de forma correta e clara.

Procedimentos metodológicos/Recursos instrucionais:

- Projetor para apresentação dos dados e das conclusões dos alunos;

Momentos da aula:

- Organizar cada dupla ou trio para que eles apresentem aos demais colegas como foi o desenvolvimento da atividade; solicitar que exponham as suas

análises, desde a construção dos carrinhos até a conclusão do questionamento sobre a Energia Mecânica presente no movimento.

5.10 Aula 17

Tema da aula: Reaplicação do teste sobre as concepções de energia

Duração: 1 hora

Objetivos específicos:

- Responder novamente o teste sobre Energia e sua Conservação;
- Compreender o conceito de Energia Mecânica e suas formas;
- Entender o Princípio de Conservação de Energia Mecânica;
- Comparar a significação dos conceitos trabalhados na atividade experimental com o conhecimento prévio.

Procedimentos metodológicos /Recursos instrucionais:

- *Tablets e smartphones* para que os alunos respondam novamente o teste inicial ou laboratório de informática.

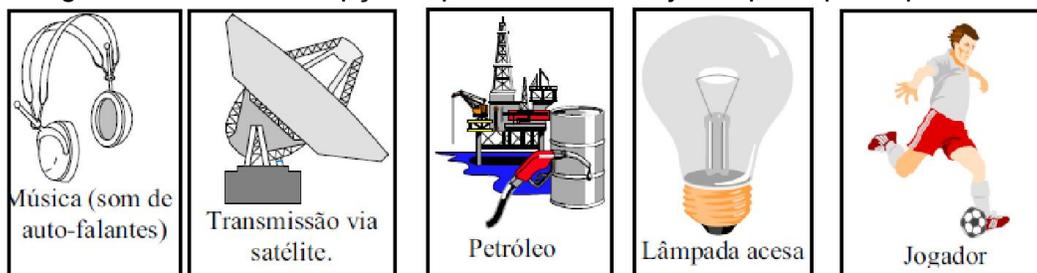
Momentos da aula:

- Enviar por e-mail aos alunos as mesmas questões que eles responderam no início da atividade, igualmente utilizando o aplicativo *Google Forms*, para analisar se a atividade propiciou uma aprendizagem significativa, assim como se houve uma evolução nos conceitos mediante as respostas providas pelos alunos.
- Destinar tempo para que os alunos reflitam e respondam o questionário.

APÊNDICE B – TESTE DE CONCEPÇÕES SOBRE ENERGIA

O que eu entendo sobre ENERGIA?

1. Quais das situações abaixo você pode identificar a presença de algum tipo de energia? Para cada opção que identificar, justifique que tipo de energia.



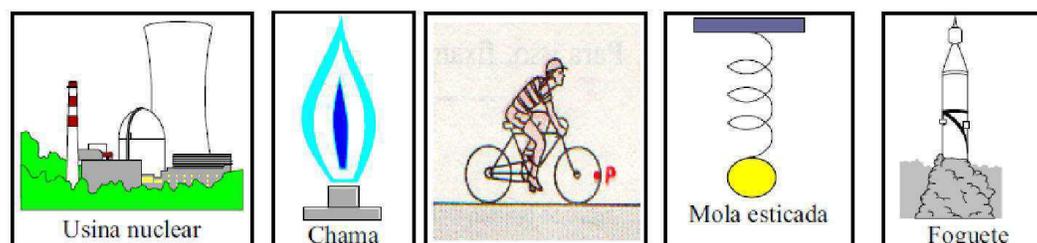
[] 1

[] 2

[] 3

[] 4

[] 5



[] 6

[] 7

[] 8

[] 9

[] 10



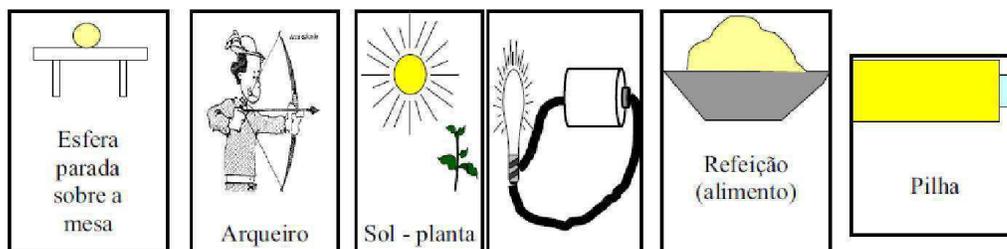
[] 11

[] 12

[] 13

[] 14

[] 15



[] 16

[] 17

[] 18

[] 19

[] 20

[] 21

2. Um juiz de futebol lança uma moeda para cima, imprimindo certa velocidade inicial. Considere desprezível a força de resistência do ar. À medida que a moeda sobe, sua energia mecânica

- aumenta.
- diminui.
- não possui energia.
- não se altera.

3. Por quê?

- (a) A mão do juiz transfere energia para a moeda, para o movimento dela.
- (b) No decorrer da sua subida e descida, a energia se conserva no movimento, havendo apenas transformações das mesmas.
- (c) Ao ser disparada a moeda pelo juiz, ativa-se a energia para subir.
- (d) A energia se conserva, pois a moeda está em movimento.

4. Quando a moeda do exercício anterior chega ao ponto mais alto da trajetória, o que ocorre com sua energia?

- (a) A energia terá diminuído pela metade.
- (b) Será igual a zero.
- (c) Terá o dobro da energia do início do movimento.
- (d) A energia será a mesma.

5. Por quê?

- (a) A força contida na moeda para subir é dissipada para o ar quando alcança o ponto mais alto da trajetória, retornando para a mão do juiz em queda livre.
- (b) Quanto mais força for aplicada pela mão do juiz na moeda, maior será a sua projeção do movimento, sendo assim, aumentando a energia.
- (c) A energia é mantida a mesma durante todo o percurso, subida e descida.
- (d) A energia diminui, pois a moeda se encontra longe do juiz.
- (e) A energia contida na moeda é somada com a energia do movimento, assim aumentando a energia no topo.

6. Indique o que ocorre com a energia elétrica em um ferro elétrico de passar roupa:

- (a) energia → aquecimento
- (b) energia → temperatura
- (c) energia → utilidade
- (d) energia → calor
- (e) energia → vapor

7. Por quê?

- (a) ele consome a energia e produz calor.
- (b) a energia flui através do ferro e, assim, o esquenta.
- (c) a energia do ferro de passar é transformada em calor.
- (d) a energia do ferro de passar roupa aumenta a temperatura.
- (e) o ferro foi feito para nos auxiliar em trabalhos diários.

8. Suponha que uma pessoa agite vigorosamente, durante algum tempo, uma garrafa térmica contendo água. A temperatura da água:

- (a) aumenta.
- (b) diminui.
- (c) não se altera.

9. Houve transferência de calor para a água da garrafa?

- (a) sim.
- (b) não.

10. Por quê?

- (a) A energia que a pessoa transfere para a garrafa térmica não influencia na temperatura da água, sem transferência de calor para a mesma.
- (b) Com a agitação da garrafa térmica, a temperatura da água se eleva, pois a energia que estava armazenada na água foi acionada e se transformou em aumento de temperatura.
- (c) A agitação dentro da garrafa térmica aumenta a temperatura da água, não ocorrendo transferência de calor, e sim transferindo energia para a água.
- (d) A energia de movimento produzida durante a agitação aumenta a temperatura da água conforme aumenta a transferência de calor para a mesma.

11. Você está empurrando uma caixa com a força necessária para mantê-la com velocidade constante sobre uma superfície com atrito. O trabalho realizado pela força que você aplica é:

- (a) Nulo.
- (b) Independe da massa da caixa.
- (c) Igual em módulo à energia dissipada pela força de atrito.
- (d) Igual ao trabalho da força resultante.

12. Por quê?

- (a) Tendo força para o movimento, não se necessita de energia para que o mesmo ocorra.
- (b) A energia utilizada pela força equivale à energia dissipada pelo atrito, devido à velocidade constante.
- (c) Precisa-se de uma energia para a caixa se deslocar.
- (d) Depende apenas da energia (trabalho) gasta pela pessoa.

13. Um objeto pode possuir energia?

- (a) Sim.
- (b) Não.
- (c) Depende.

14. Justifique:

- (a) Porém, em um sentido relativo, cuidando o sistema de referência do objeto.
- (b) Porque todo objeto possui uma energia contida nele.
- (c) Porém, depende do que o objeto estiver fazendo no momento analisado.
- (d) Porque se um objeto já a tivesse, estaria em movimento constante.

15. Um prédio de 20 m tem dois elevadores. O de serviço transporta 1000 kg em 10 minutos e o elevador social transporta 200 kg em 2 minutos. Podemos afirmar que:

- (a) O elevador de serviço é mais potente que o elevador social.
- (b) O elevador de serviço e o elevador social realizam o mesmo trabalho.
- (c) O elevador de serviço realiza maior trabalho que o elevador social e ambos são igualmente potentes.
- (d) O elevador de serviço, por transportar maior massa que o elevador social, é menos potente que o elevador social.

16. Por quê?

- (a) O elevador de serviço é mais ativo que o elevador social.
- (b) Quanto maior a massa do objeto a ser transportado, maior o desgaste para o movimento.
- (c) Os dois elevadores gastam a mesma força para percorrer a mesma altura.
- (d) Para uma mesma altura, quanto maior a carga, maior o trabalho.

17. A respeito de uma bola de futebol parada sobre um gramado na superfície da Terra, é possível afirmar que:

- (a) não possui nenhuma energia.
- (b) possui mais energia do que se estivesse em movimento.
- (c) possui energia.
- (d) teria mais energia se estivesse na superfície de outro planeta.

18. Por quê?

- (a) Mesmo parada na superfície, possui a energia dos átomos que a compõem.
- (b) Corpos parados não possuem energia.
- (c) Se estivesse em movimento, perderia energia para o meio.
- (d) Pois em outro planeta a atração gravitacional seria maior.

19. Uma lâmpada elétrica produz luz devido à:

- (a) energia armazenada dentro dela.
- (b) transformação da energia.
- (c) simplesmente por ser uma lâmpada.
- (d) passagem de energia.
- (e) energia elétrica que ela consome

20. Por quê?

- (a) A lâmpada consome energia elétrica e produz luz e calor.
- (b) Ocorre a transformação de energia em luz e calor.
- (c) A lâmpada possui uma energia interna que é transformada em luz; quando esta energia acaba a lâmpada queima.
- (d) A energia passa pela lâmpada, gera luz e continua o seu "caminho".
- (e) Uma lâmpada é fabricada para iluminar e, por isso, produz luz.

21. O princípio que trabalhamos e analisamos nas descidas de carrinhos de "lomba" foi o princípio de Conservação de Energia Mecânica. Você acha que a atividade contribuiu para o seu entendimento do conteúdo?

- (a) Sim.
- (b) Não.

22. O que você faria diferente nesta atividade para melhorar o seu aprendizado sobre o conceito de Energia Mecânica e sua Conservação?

Gabarito: 2) d. 3) b. 4) d. 5) c. 6) d. 7) c. 8) a. 9) b. 10) c. 11) c. 12) b. 13) a. 14) b. 15) c. 16) d. 17) c. 18) a. 19) b. 20) b.

APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO À BANCA



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL



SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

*O Ensino da Conservação de Energia Mecânica
Mediada pelo Uso de Metodologias Ativas de
Aprendizagem*

Cláudia Fraga Germano

Professores Orientadores
Liane Ludwig Loder
Ederson Staudt

1

Introdução

- Desafios do ensino de física
 - Desvalorização da carreira docente
 - Falta de profissionais e de recursos financeiros
 - Modelo de organização tradicional
 - Aprendizagem mecânica e descontextualizada
- Parâmetros e Diretrizes Nacionais Educacionais – Autonomia e Pensamento Crítico
- Proposta de Ensino da Conservação de Energia baseada na experimentação ativa e no uso de tecnologias como estratégia para uma aprendizagem significativa
- Construção de carrinhos de “lomba” e análise do movimento de descida dos mesmos

2

Escola SESI de Ensino Médio Albino Marques Gomes

- Boa Localização
- Grande Infraestrutura
- Centro de Atividades Sesi
- Educação Infantil e Ensino Médio (1º e 2º ano)
- Maioria dos alunos provenientes de escolas públicas (bolsistas)



Captura de tela Google Maps (2017)

3

Escola Sesi de Ensino Médio Albino Marques Gomes

- Metodologia baseada em projetos
- Valorização da interação entre os alunos
- Turmas de, no máximo, 30 alunos
- Turno integral
- Quatro horas-aula de Física por semana
- Sala de Aula ambiente e Laboratórios de Ensino

4

Referencial Teórico

Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Assimila, explica e aplica

- Conhecimento Prévio do Aluno
 - Subsunçores
- Material e Recursos Potencialmente Significativos
 - Atividade deve ter conexão com a estrutura cognitiva existente
- Pré-disposição do Aluno para Aprender

5

Referencial Metodológico

- Experimentação
 - Desenvolve capacidades científicas, de metrologia, criticidade e tomada de decisões
 - Eficácia comprovada em muitas investigações
 - Material potencialmente significativo
 - Motivação
- Metodologias ativas
 - Centrada nos alunos
 - Autonomia
- Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação - TIC
 - Indispensável na realidade atual
 - Motivação
 - Formulários da Google – Google Forms
 - Software Tracker

6

Aplicação do Produto

Construção de carrinhos de rolimã para análise da Conservação de Energia Mecânica

7

Aula 1

- Questionamentos
- Reflexão
- Sugestão da Atividade

Aula 2

- Teste de conhecimentos prévios
- Google Forms



8

1. Quais das situações abaixo você pode identificar a presença de algum tipo de energia? Para cada opção que identificar, justifique que tipo de energia.

I.11	I.12	I.13	I.14	I.15
I.16	I.17	I.18	I.19	I.20
I.21	I.22	I.23	I.24	I.25
I.26	I.27	I.28	I.29	I.30

2. Um juiz de futebol lança uma moeda para cima, imprimindo certa velocidade inicial. Considere desprezível a força de resistência do ar. À medida que a moeda sobe, sua energia mecânica

- aumenta.
- diminui.
- não possui energia.
- não se altera.

3. Por quê?

- A mão do juiz transfere energia para a moeda, para o movimento dela.
- No decorrer da sua subida e descida, a energia se conserva no movimento, havendo apenas transformações das mesmas.
- Ao ser disparada a moeda pelo juiz, ativa-se a energia para subir.
- A energia se conserva, pois a moeda está em movimento.

4. Quando a moeda do exercício anterior chega ao ponto mais alto da trajetória, o que ocorre com sua energia?

- A energia terá diminuído pela metade.
- Será igual a zero.
- Terá o dobro da energia do início do movimento.
- A energia será a mesma.

5. Por quê?

- A força contida na moeda para subir é dissipada para o ar quando atinge o ponto mais alto da trajetória, retornando para a mão do juiz em queda livre.
- Quanto mais força for aplicada pela mão do juiz na moeda, maior será a sua projeção do movimento, sendo assim, aumentando a energia.
- A energia é mantida a mesma durante todo o percurso, subida e descida.
- A energia diminui, pois a moeda se encontra longe do juiz.
- A energia contida na moeda é somada com a energia do movimento, assim aumentando a energia no topo.

9

Aulas 3 e 4

- Energia e suas formas – abordagem qualitativa e quantitativa
 - Discussão a partir das respostas fornecidas
 - Energia mecânica, química, elétrica

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad U(y) = mgy$$

$$E_{mec} = K + U$$

10

Aula 5

- Conservação de Energia Mecânica e Sistemas Conservativos
 - Contextualização

$$E_{mec} = K + U$$

$$E_{mec_i} = E_{mec_f}$$

- Questionamento “O movimento de descida de um carrinho de lomba pode ser caracterizado como um sistema conservativo?”
- Hipóteses
- Organização

11

Aulas 6, 7, 8 e 9

- Oficina para construção dos carrinhos
- Autonomia e responsabilidade
- Interação e cooperação



12

Aulas 10 e 11

- Experimento: Filmagens das descidas dos carrinhos
- Medição de comprimento e massa dos carrinhos
- Orientações para coleta de dados



13

Aulas 10 e 11

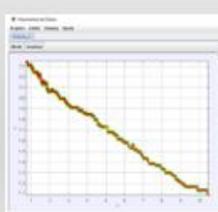
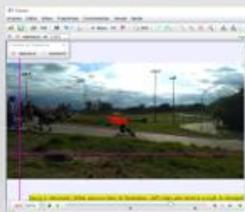
- Descidas feitas em dois lugares
- Filmagens captadas pelos alunos



14

Aulas 12 e 13

- Análise de dados no software *Tracker*
 - Cálculo das energias



15

Aulas 14 e 15

- Elaboração das apresentações
- Hipóteses x Conclusões



16

Aula 16

- Apresentação dos alunos sobre suas análises e conclusões
- Movimento de descida dos carrinhos não foi um Sistema Conservativo
- Apontamento das causas para a diminuição do valor da Energia Mecânica
 - Forças Dissipativas

17

Experiência descendo o morro do SESI

Nome: Júlia Nóbis e Luiza Zanichetti

Energia Cinética:

- O que é?
- Como acontece?
- Lei da conservação de energia
- Qual a relação com a nossa experiência?



Cálculos realizados:

Inicial:
 $E_m = 0,04\text{kg} \cdot 10\text{m/s}^2 \cdot 1,30\text{m} = 0,52\text{J}$
 $E_c = 1815,30\text{J}$

Final:
 $E_m = 0,04\text{kg} \cdot 10\text{m/s}^2 \cdot 0,250\text{m} = 0,10\text{J}$
 $E_c = 1566,20\text{J}$

Conclusões:

- Não é um sistema conservativo

↓
Atrito
Irregularidades do solo
Resistência do ar



18

Aula 17

- Reaplicação do teste – avaliação da assimilação
 - *Google Forms*
 - *Tablets e celulares*
- Alunos mais seguros e confiantes para responder
- Perguntas de número 21 e 22

21. O princípio que trabalhamos e analisamos nas descidas de carrinhos de "lomba" foi o princípio de Conservação de Energia Mecânica. Você acha que a atividade contribuiu para o seu entendimento do conteúdo?

- (a) Sim.
(b) Não.

22. O que você faria diferente nesta atividade para melhorar o seu aprendizado sobre o conceito de Energia Mecânica e sua Conservação?

19

Resultados Obtidos

- Apropriação dos conceitos
- Conclusões corretas sobre a não conservação de energia mecânica
- Sugestões coerentes para a perda de energia mecânica
- Aumento no número de acertos



Questões 2, 3 e 4 falam sobre a conservação de energia

Questões 13 e 14 estão relacionadas à ideia de possuir energia

20

Considerações Finais

- Consolidação da aprendizagem significativa
- Novas possibilidades na aplicação do produto
 - Interpretação de Gráficos
 - Tema gerador para todo Estudo de Mecânica
- Interdisciplinaridade
 - Funções matemáticas
 - Sustentabilidade

21

Muito obrigada!

Cláudia Germano