

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

TUNÍSIA EUFRAUSINO SCHULER

**OFICINA DE FOGUETE DE GARRAFA PET:  
ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DE CINEMÁTICA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2018

TUNISIA EUFRAUSINO SCHULER



**OFICINA DE FOGUETE DE GARRAFA PET:  
ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DE CINEMÁTICA**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Ensino de Ciências – Polo UAB do Município de Goioerê, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Rodrigues Blanco

MEDIANEIRA

2018



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

OFICINA DE FOGUETE DE GARRAFA PET:  
ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DE CINEMÁTICA

Por

**Tunísia Eufrausino Schuler**

Esta monografia foi apresentada às 10h30 do dia **1º de setembro de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Ensino de Ciências – Polo de Goioerê, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

.....

---

Prof. Dr. Daniel Rodrigues Blanco  
UTFPR – Câmpus Santa Helena  
(orientador)

---

Prof Dr. Adelmo Lowe Pletsch  
UTFPR – Câmpus Medianeira

---

Profa. Ma. Josiane Araujo de Souza  
UTFPR – Câmpus Medianeira

Dedico esse texto ao meu amado esposo  
Oswaldo Loureda, meu amigo e  
companheiro de aventuras. Essa foi mais  
uma das tantas outras que ainda virão!

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Ao meu esposo, sempre incentivando meus sonhos e projetos, por sua compreensão nas horas de ausência e pela força nos momentos de desânimo.

Aos meus pais, pela orientação, dedicação e incentivo durante toda minha vida.

Ao meu orientador professor Dr. Daniel Rodrigues Blanco pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Ensino de Ciências, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

*“Ensinar exige compreender que a educação é uma forma de intervenção no mundo. Ensinar exige a convicção de que a mudança é possível. Ensinar exige liberdade e autoridade. Ensinar exige alegria e esperança”.* (PAULO FREIRE)

## RESUMO

SCHULER, Tunísia Eufrausino. **Oficina de foguete de garrafa PET: Atividades práticas no ensino de cinemática**, 2018, 41p, Monografia (Especialização em Ensino de Ciências), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Os professores comumente utilizam a experimentação como uma metodologia para despertar o interesse dos alunos pelo conteúdo, demonstrar conceitos físicos, aplicar o conhecimento aprendido, suscitar a discussão entre os alunos para compreensão de um fenômeno e ensinar o método científico. Muitos pesquisadores citam o uso de experimentos lúdicos como uma metodologia eficaz nos processos de ensino e aprendizagem, pois através de jogos, brinquedos e brincadeiras é possível despertar o interesse para a resolução de um problema, desenvolver a imaginação e o raciocínio e levar à troca de ideias. Alguns artigos científicos da área de Ensino de Ciências propõem diferentes atividades lúdicas como ferramenta para despertar a curiosidade dos estudantes e facilitar a aprendizagem de conceitos das disciplinas de Ciências e Física. Este trabalho relata uma experiência de ensino de Física através do lúdico em que, a partir da construção e lançamento de um foguete de garrafa PET, estudou-se o movimento oblíquo e os conceitos de Cinemática. Comparando-se as respostas das atividades avaliativas anteriores e posteriores à oficina de foguete, percebeu-se que houve uma maior apropriação dos conceitos científicos. A oficina mostrou-se eficiente para despertar o interesse dos estudantes para o aprendizado de física, e a atividade final mostrou-se também eficaz para ajudar na construção conjunta do conhecimento, pela troca de ideias, discussão e interação entre os alunos e destes com o professor.

**Palavras-chave:** ensino de física, cinemática, experimento lúdico, dialógico.

## ABSTRACT

SCHULER, Tunísia Eufrausino. **Workshop of PET bottle rocket: Practical activities in teaching kinematics**, 2018, 41p, Monografia (Especialização em Ensino de Ciências), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Teachers commonly use experimentation as a methodology to arouse students' interest in content, demonstrate physical concepts, apply learned knowledge, elicit discussion among students to understand a phenomenon and teach the scientific method. Many researchers cite the use of play experiments as an effective methodology in teaching and learning processes, since through games, toys and games it is possible to arouse interest in solving a problem, to develop imagination and reasoning, and to lead to the exchange of ideas. Some scientific articles in the area of Science Teaching propose different ludic activities as a tool to arouse students curiosity and facilitate the learning of concepts from the disciplines of Science and Physics. This work reports an experience of Physics teaching through the ludic in which, from the construction and launching of a PET bottle rocket, the oblique movement and the concepts of kinematics were studied. Comparing the responses of the evaluation activities before and after the rocket workshop, it was noticed that there was a greater appropriation of scientific concepts. The workshop proved to be effective in arousing students' interest in physics learning, and the final activity was also effective in assisting the joint construction of knowledge by exchanging ideas, discussing and interacting among students and with the students. teacher.

**Keywords:** teaching physics, kinematics, playfulness, dialogic.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Construção dos Foguetes de Garrafa PET .....	25
Figura 2 – Preparação do Lançamento do Foguete .....	26
Figura 3 – Lançamento do Foguete FOG I .....	27
Figura 4 - Lançamento do Foguete FOG II .....	27
Figura 5 – Porcentagem de Acertos da Atividade Final.....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados dos Foguetes Construídos pelos Alunos.....	26
Tabela 2 – Dados Medidos Durante a Preparação e Lançamento do Foguete.....	28
Tabela 3 – Resultados Obtidos na Análise do Lançamento do Foguete. ....	28

## SUMÁRIO

<b>TERMO DE APROVAÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 O USO DO LÚDICO NA EDUCAÇÃO.....	16
2.2 O BRINQUEDO E O ENSINO DE FÍSICA.....	17
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>20</b>
3.1 LOCAL DA PESQUISA.....	20
3.2 TIPO DE PESQUISA .....	20
3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	21
3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS .....	21
3.5 ANÁLISES DOS DADOS.....	22
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>
<b>APÊNDICE(S).....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O uso do laboratório e experimentos no ensino de Física e Ciências é bastante evidenciado pelas pesquisas em educação por sua capacidade de melhorar a aprendizagem dos alunos. Porém, são necessários experimentos que não se concentrem apenas em replicar um fenômeno ou demonstrar conceitos, mas que sejam cativantes, que despertem o interesse e a curiosidade dos alunos, tirando-os da apatia e instigando-os na busca do conhecimento.

Uma das metodologias de ensino de Física que relaciona a prática com a teoria e tem sido bastante utilizada e pesquisada é o uso da ludicidade. O lúdico desperta o interesse da criança, pois está em sua natureza a busca do prazer, da alegria, do desafio, da relação com o outro, sendo o brincar agradável por si mesmo.

Quando a criança brinca está desenvolvendo sua saúde física, emocional e intelectual, o que irá contribuir, no futuro, para a eficiência e o equilíbrio do adulto. Através do jogo desenvolve-se uma maior concentração e a imaginação na medida em que desafia as pessoas nele envolvidas a trabalhar em grupo, buscando soluções a uma dada situação problema (SOUSA, 2000). O lúdico tem a capacidade de trazer felicidade e relaxamento aos participantes, e, quando usado na escola para o ensino, pode acrescentar leveza à rotina escolar, conseguindo os alunos registrar os conceitos e ensinamentos de maneira mais significativa (SANTOS et al, 2015).

Santanna e Nascimento (2012) mencionam que os grandes pensadores da educação, Piaget, Wallon, Dewey, Leif, Vygotsky, defendem que o uso do lúdico, por estar presente no cotidiano da criança, é um importante instrumento para a prática educacional, no sentido da busca do desenvolvimento cognitivo, intelectual e social dos alunos.

Diante dos argumentos a favor do uso do lúdico como metodologia efetiva para o processo de aprendizagem, propõe-se uma oficina de construção e lançamento de foguetes de garrafa PET para despertar o interesse, promover a interação e a troca de ideias entre os alunos e facilitar a compreensão dos conceitos de cinemática, através do estudo do movimento parabólico do brinquedo. Por meio deste trabalho mostra-se que o uso das atividades lúdicas para o ensino de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e Movimento Uniformemente Variado (MUV) favorece a aprendizagem dos adolescentes, devido ao sentimento de desafio, ao

trabalho em grupo e à relação afetiva com o brincar. Além disso, mostra-se a importância do professor como mediador na construção do conhecimento pelos alunos, ao utilizar um ensino dialógico.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A partir da década de 30, pós Revolução de 1930 que pôs fim à Primeira República, o Brasil começa a preocupar-se mais com a educação, sendo criado o Ministério da Educação e Saúde Pública (SANTANNA; NASCIMENTO, 2012). Em 1932, foi lançado o Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova por um grupo de educadores que propunha um programa de reconstrução educacional em âmbito nacional e o princípio da escola pública, leiga e obrigatória. A educação passa a ser direito de todos, com a promulgação da nova Constituição em 1934, devendo ser ministrada pela família e pelos Poderes Públicos.

Na primeira metade do século XX, utilizavam-se atividades práticas investigativas, conhecidas como *inquiry*, para desenvolver nos alunos habilidades de solucionar problemas de relevância social, não só apenas habilidades de raciocínio (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Após a 2ª Guerra Mundial e o lançamento do Sputnik, surgiram os grandes projetos de ensino de ciências, tais como o PSSC (Physical Science Study Committee, EUA, 1956), Projeto Harvard (EUA, 1970), Projeto para o Ensino de Ciências da Fundação Nuffield (Inglaterra), Projeto de Ensino de Física (PEF, Brasil). Nesses projetos, o aluno deveria aprender física de modo ativo, realizando as práticas de maneira que, ao observar o fenômeno, teria a compreensão dos conceitos nele presente, tornando-se um pequeno cientista. Baseando-se em teorias de aprendizagem comportamentalista e/ou cognitivista, essas iniciativas superestimavam a capacidade individual de aprendizagem a partir da experimentação e, principalmente, desprezavam o papel do professor no processo de ensino e aprendizagem (GASPAR; 1997).

Houve um avanço significativo na educação do Brasil, no final do século XX, com a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), propondo quais objetivos deveriam ser alcançados ao final de cada ciclo escolar, quais conteúdos deveriam ser desenvolvidos, os mecanismos de avaliação, e orientações didáticas para os professores (SANTANNA; NASCIMENTO; 2012).

Também em 1996 foi promulgada a Lei de Diretrizes e Bases para Educação Nacional (LDB – 1996). Segundo o parágrafo IV do artigo 35 da LDB, uma das finalidades do ensino médio é a compreensão dos fundamentos científico-

tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Segundo pesquisa feita por Araújo e Abib (2003) os autores de artigos em ensino de Física publicados na última década do século XX, defendem o uso das atividades experimentais devido à capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertar sua curiosidade, motivar através de situações novas e desafiadoras, e quando essas atividades são utilizadas de maneira correta aumentam a probabilidade de que conhecimentos novos sejam construídos, e que habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência, sejam desenvolvidas.

Higa e Oliveira (2012) pesquisaram artigos em ensino de física, publicados na primeira década do século XXI, que utilizavam a experimentação concomitantemente ao ensino da teoria, tendo como justificativa do uso dessa estratégia a dificuldade de aprendizagem de conceitos teóricos pelos educandos. Segundo os pesquisadores, a experimentação demonstra fenômenos físicos aos alunos, ilustra conteúdos, ajuda na compreensão dos conceitos teóricos, tornando-os mais interessantes, ajuda a desenvolver habilidades de observação e reflexão pelos alunos.

Outra justificativa apresentada pelos pesquisadores para o uso de atividades experimentais no ensino é levar os alunos a compreenderem como se dá a atividade científica, qual o papel da teoria e da imaginação na produção do conhecimento (HIGA; OLIVEIRA, 2012).

Na mesma pesquisa, outros autores pesquisaram o uso da experimentação para o ensino de Física focando na importância delas em oferecerem diferentes possibilidades de interação do aluno com o objeto do conhecimento, desde a montagem até a análise dos dados e resultados. Outro enfoque dado é a importância dessas atividades experimentais para desencadear interações sociais, onde o professor faz o papel do parceiro mais capaz, agindo como mediador, questionando e incentivando a interação entre os alunos (HIGA; OLIVEIRA, 2012)

Focando-se em abordagens que usam a experimentação no ensino de Física valorizando a aprendizagem que promove a articulação dos conhecimentos teóricos aos práticos, bem como aquelas que visam à interação, promovendo a participação do aluno na execução da atividade e a relação entre os participantes, realizou-se pesquisa em artigos que usavam como metodologia experimental o lúdico, principalmente o uso de brinquedos.

## 2.1 O USO DO LÚDICO NA EDUCAÇÃO

O ato de brincar ocorre desde os primórdios da civilização, quando as crianças imitavam o comportamento dos mais velhos em suas tarefas diárias. Platão (367 a.C.) já apontava a importância dos jogos no desenvolvimento cognitivo das crianças, afirmando a importância dessas práticas educativas conjuntas por elas (SANTANNA; NASCIMENTO, 2012).

Durante o Renascimento, jogos e brincadeiras foram consideravelmente utilizados como recurso pedagógico, em substituição aos métodos coercivos da época, para divulgar princípios de moral, ética e conteúdos de história, geografia e outros (KISHIMOTO, 1999 *apud* PIMENTEL, 2007).

No Brasil, a cultura foi formada pela miscigenação de povos indígenas, negro e europeu, originando-se uma cultura lúdica muito rica e plural (PIMENTEL, 2007). Entre os povos indígenas e africanos observa-se a presença de brinquedos e brincadeiras que representam sua cultura e tradição, tais como o modo de plantar, caçar, pescar, etc (SANTANNA; NASCIMENTO, 2012). Já os filhos dos portugueses, ao virem para o Brasil, trouxeram o lúdico como forma de lazer e enriquecimento intelectual, diferentemente dos índios e negros, em que o lúdico está relacionado às suas práticas de sobrevivência (SANTANNA; NASCIMENTO, 2012).

Para Vigotski, através das atividades lúdicas a imaginação da criança é nutrida, sendo o brincar um fator determinante em seu desenvolvimento, pois ela procura ir além do seu comportamento cotidiano, acima da média da sua idade, criando uma zona de desenvolvimento iminente na criança (VIGOTSKI, 2008 *apud* EIRAS, MENEZES E FLOR, 2018).

Nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica os educadores brasileiros são orientados a explorar as atividades lúdicas desde os anos iniciais de escolarização, visando o desenvolvimento da criança, pois a brincadeira oportuniza à criança a imitação do que já conhece e a possibilidade de reconstruir o conhecido, montando cenários, assumindo personagens e transformando o uso dos objetos que fazem parte do seu cotidiano, aproximando ou distanciando a criança de sua realidade (MEC, 2013, p. 87).

A criança é livre para aprender com/na brincadeira, aprender hábitos, virtudes, conceitos, propriedades e leis da ciência através do lúdico, e isso é válido também no Ensino Médio, pois o ato de brincar não se perde com o amadurecimento



da pessoa. Quando o professor apresenta atividades experimentais com brinquedos aos seus alunos, estes (re)descobrem, têm novas percepções sobre o objeto, o que os leva a refletirem sobre os conceitos científicos que explicam o seu funcionamento. O uso de experimentos lúdicos auxilia na aprendizagem dos conteúdos, sendo um contraponto a um ensino verbalista (PIMETEL, 2007).

Einstein destacava sempre a importância da alegria no ato de ensinar, vendo-a como um verdadeiro motor da criatividade humana. Para ele, o professor tem como tarefa essencial despertar a alegria do conhecer (MEDEIROS; MEDEIROS, 2005)

O uso do brinquedo no ensino, desperta o interesse da criança e do adolescente pelo aprendizado, pois estabelecem com ele uma relação afetiva, que propicia prazer e alegria, além disso, a atividade lúdica permite a troca de ideias, sendo o aluno participante ativo na construção do conhecimento.

## 2.2 O BRINQUEDO E O ENSINO DE FÍSICA

Muitos pesquisadores tem se dedicado ao tema do uso do lúdico como metodologia para despertar o interesse e produzir aprendizagens significativas na área de ensino de Física (MEDEIROS E MEDEIROS, 2005; PIMENTEL, 2007; SILVA E VERARDI; GERMANO E FREIRE; SANTOS, SILVA E ROCHA, 2015; BRANCO E MOUTINHO, 2015; EIRAS, MENEZES E FLOR, 2018).

Eiras et al (2018) fez um levantamento dos trabalhos publicados no ENPEC entre 1997 e 2017 e na RBPEC no período de 2001 e 2017, que tinham como enfoque o lúdico, o jogo e o brinquedo. Observou-se um aumento significativo no número de trabalhos relacionados ao tema, contudo o percentual (2,05% e 2,06%, respectivamente) de publicações relacionadas ao tema mostra-se ainda muito baixo em relação ao total de publicações dos Encontros e da Revista, mostrando que as atividades lúdicas, apesar do seu potencial, não pouco exploradas na área de pesquisa em Educação em Ciências.

Com o foco no uso de brinquedos no ensino de Física destacamos os trabalhos realizados por alguns pesquisadores.

Medeiros e Medeiros (2005) mostram como Einstein utilizava os brinquedos para explicar fenômenos físicos e os modelos mentais que o cientista fazia para explicar o Princípio da Equivalência da Relatividade Geral, como por exemplo, “o

*elevador de Einstein*". Os autores citam a história em que Einstein foi presenteado pelo físico Eric Rogers com um brinquedo em seu aniversário de 76 anos. Einstein ficou encantado com o presente e interagindo com ele mostrou que o brinquedo ilustrava o Princípio de Equivalência. Os autores propõem outros brinquedos que possam servir como o "*elevador de Einstein*" para demonstrar de maneira ainda mais fácil o Princípio de Equivalência da Relatividade Geral.

Silva e Verardi (2014) propuseram o uso de um helicóptero de brinquedo para o estudo de momento angular e conservação do momento angular. Pimentel (2007) utilizou o estudo das colisões de carrinhos, o pintinho de corda, o boneco nadador e o skate para explicar a terceira lei de Newton.

Silva et al (2014) citam em seu artigo proposta de telefone sem fio para o ensino de conceitos de som, ondas, propagação da onda sonora, etc. Através das atividades lúdicas o ensino torna-se mais dinâmico, desperta o interesse dos alunos, pois eles podem visualizar os conceitos, não somente imaginar, alcançando um aprendizado efetivo. O uso do brinquedo estimula novos olhares, gerando uma melhor interação e participação dos alunos.

Santos *et al* (2015) publicou um artigo apresentando uma atividade com skate para explicar as leis de Newton para o 1º ano do ensino médio. Primeiramente, as leis foram apresentadas aos alunos em 5 aulas teóricas. Alguns alunos não conseguiram compreender os conceitos, segundo o teste avaliativo posterior, aplicando-se, então, a atividade lúdica com o skate para parte da turma, e um novo teste. Comparando-se posteriormente os resultados dos testes avaliativos aplicados à turma que participou da atividade com os resultados da turma controle, a qual teve apenas as aulas tradicionais, observou-se que houve uma melhor compreensão sobre as leis de Newton com a utilização do brinquedo como recurso metodológico. Em determinadas perguntas dos testes houve um aumento de número de respostas corretas de 50% para 90%, após a aplicação do recurso lúdico. Alguns comentários dos alunos sobre a atividade demonstraram satisfação com a metodologia, por exemplo: "*...com a aula prática aprendemos melhor o conteúdo da matéria, com os exemplos aprendemos com mais facilidade a Física e nos interessamos mais.*"

O trabalho de Santos *et al* (2015) mostra como os brinquedos agem como facilitadores de diálogos, colaborando para uma maior participação e aprendizagem, comparando-se às aulas tradicionais.

Para Vygotsky o aprendizado da criança envolve a interação direta ou indireta com outros seres humanos, fazendo com que suas funções psicológicas superiores se desenvolvam através da mediação.

O professor deve buscar um ensino que vá além da lousa e do giz, que não seja concentrado em sua na fala, no qual os alunos apenas recebem o conteúdo de maneira passiva, e aplicam fórmulas em exercícios repetitivos, levando ao desinteresse dos alunos pelo conhecimento.

São atribuições do professor que se dispõe a ensinar com brinquedos num posicionamento dialógico: refletir acerca da tecnologia presente nos brinquedos, sejam industrializados ou manufaturados; identificar os princípios físicos que expliquem seu funcionamento; formular as perguntas a serem apresentadas aos alunos; permitir que os alunos o questionem; estimular seus educandos a re-criação dos brinquedos estudados e a se apropriarem do funcionamento; possibilitar que seus alunos construam brinquedos utilizando sucatas (PIMENTEL, 2007).

Com uma visão sócio-interacionista de Vygotsky, propõe-se o uso da construção e lançamento de foguetes de garrafa PET para despertar o interesse e facilitar a compreensão dos conceitos de cinemática, presentes no movimento parabólico do brinquedo. Por meio de uma atividade final dialógica, pretende-se verificar o potencial da oficina lúdica para a aprendizagem dos conteúdos físicos de movimento.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 LOCAL DA PESQUISA**

Utilizou-se uma sala de laboratório para as aulas teóricas, para a montagem dos foguetes e a análise dos resultados. O lançamento dos foguetes foi realizado no campo de futebol do Instituto Federal de São Paulo.

#### **3.2 TIPO DE PESQUISA**

A presente pesquisa pertence à área de conhecimento de Ciências Exatas e da Terra, porquanto estava focada em experimentos e fenômenos da Física.

Pode-se considerar essa pesquisa como sendo de desenvolvimento experimental com objetivo exploratório, pois utilizou uma ferramenta já criada, o foguete de garrafa PET, para desenvolver experimento, visando a melhoria do ensino de Física, tornando seus conceitos mais familiares aos alunos do ensino médio.

Como metodologias de pesquisa foram empregadas: a pesquisa bibliográfica, com revisão de artigos referentes ao uso de brinquedos como metodologia experimental no ensino de Física; a pesquisa intervencionista, pois propõe a aplicação da problematização, visando-se a melhoria da prática educativa; e o levantamento de dados, pois se realizou uma análise de questionários para obter os resultados e avaliar como a proposta auxiliou na aprendizagem de Física.

Essa pesquisa é considerada qualitativa, pois enfatiza não somente a proposta de construção e lançamento de um brinquedo como metodologia de ensino de Física, mas também o processo de ensino durante o uso dessa metodologia, preocupando-se também com a perspectiva dos alunos durante as atividades ministradas.

### 3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A pesquisa foi realizada com 11 alunos do segundo ano dos cursos médios técnicos de informática, mecânica e eletrônica do IFSP. O segundo ano foi escolhido pelo fato de estar terminando o conteúdo de mecânica, já possuindo alguma fundamentação teórica sobre cinemática. Os alunos foram divididos em 3 grupos.

### 3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

I – Revisão bibliográfica: A revisão bibliográfica foi realizada em artigos de revistas de ensino de física nacionais, especificamente propondo experimentos didáticos a partir da construção e manipulação de brinquedos para facilitar aprendizagem de conceitos de física.

II – Construção do foguete e da plataforma de lançamento: foram apresentados diferentes modelos de foguetes para os alunos. O anexo IV mostra os modelos que foram utilizados, além da plataforma para lançamento.

III – Aulas: foram realizadas apresentações em power point, utilizando o data show ou televisão.

1º encontro: aplicou-se aos alunos, primeiramente, uma atividade avaliativa para verificar os conhecimentos prévios sobre cinemática (APÊNDICE A).

Para despertar a curiosidade, os alunos tiveram uma introdução sobre a história dos foguetes e sobre a estrutura e as partes componentes do foguete.

2º encontro: Montagem dos foguetes de garrafa PET

3º encontro: Lançamento dos foguetes.

4º encontro: Estudo da dinâmica e cinemática dos foguetes. Análise dos dados de lançamento por meio de tabelas e gráficos no Excel. (ANEXO)

5º encontro: Atividade avaliativa em grupo (APÊNDICE B): aplicada ao final do projeto para avaliação da construção de conceitos de cinemática do movimento oblíquo, MRU e MUV.

### 3.5 ANÁLISES DOS DADOS

A aprendizagem do conteúdo pelos alunos foi verificada pela análise dos diálogos entre os alunos e o professor durante a atividade final e pelas respostas dadas nessa avaliação, utilizando-se um gráfico de porcentagem de acertos das questões pela turma. Também os alunos receberam um questionário no final em que avaliaram a Oficina de Garrafa PET.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS

No primeiro encontro os alunos fizeram uma atividade (APÊNDICE A) para verificação dos conhecimentos prévios em cinemática. A primeira questão avaliou os conhecimentos de MRU.

*1) Uma partícula desloca-se com velocidade constante de 10 m/s em uma superfície sem atrito. Qual o tipo de movimento da partícula? Qual a função horária do seu movimento? Quanto tempo a partícula leva para deslocar-se 10 m?*

A maioria indicou o símbolo MRU, mas não descreveu o nome do movimento. Metade sabia citar a equação do movimento, mas apenas três citaram a função horária da partícula. A maioria fez o cálculo do tempo de deslocamento da partícula usando a função, porém dois outros alunos fizeram o cálculo do tempo do movimento sem o uso de fórmulas, apenas raciocinando.

Na segunda questão foram avaliados os conhecimentos de MUV.

*2) Uma partícula é lançada do chão para cima com uma velocidade de 10 m/s. Qual o tipo de movimento da partícula? Qual a função horária do movimento? Qual a equação horária da velocidade da partícula? Quanto tempo ela leva para chegar ao seu ponto mais alto? Qual a altura máxima que ela alcança? Qual a velocidade da partícula ao retornar ao chão?*

Observou-se que 35% dos alunos não souberam o tipo de movimento da partícula, 35% citaram apenas o símbolo MUV e o restante descreveu o nome do movimento. Nenhum dos alunos soube dar a equação horária do movimento, sendo que quatro citaram a fórmula do MUV. Desses quatro, apenas dois souberam resolver os demais itens do exercício, os mesmos que acertaram o primeiro exercício.

Para verificar se havia algum conhecimento de movimento oblíquo, as seguintes questões foram colocadas:

*3) Desenhe como ficaria a trajetória da partícula caso você juntasse os movimentos de 1 e 2. Que tipo de movimento é esse?*

4) *Analisando o movimento acima, qual será a velocidade inicial da partícula em termos dos vetores unitários  $i$  e  $j$ ?*

5) *Qual será a velocidade inicial resultante da partícula? Qual o ângulo que a velocidade inicial resultante faz com a horizontal?*

A maioria desenhou a trajetória oblíqua de um projétil na questão 3. Sete alunos citaram lançamento oblíquo e um, trajetória curvilínea. Desses, metade indicou a velocidade em termos dos vetores unitários, calculou a velocidade resultante e o ângulo da velocidade com a horizontal.

Abaixo algumas respostas à última questão:

6) *Descreva com suas palavras o movimento oblíquo e dê exemplos do seu cotidiano.*

*“É um movimento de velocidade constante e trajetória curvilínea. Um exemplo prático é o lançamento de uma bola de basquete.”*

*“Seria a força de gravidade agindo nos objetos lançados em pelo menos duas direções ao mesmo tempo. Ex: jogo de tênis, basquete, jogar uma bolinha no lixo, malabarismo, etc.”*

*“O movimento oblíquo se dá quando um objeto é lançado em uma direção que não seja a vertical. Ex: lançamento de aviãozinho de papel.”*

Analisando-se as respostas às perguntas do Questionário 1 nota-se que os alunos têm uma dificuldade maior com os conceitos do movimento uniformemente variado, além disso, apesar deles conhecerem as equações dos movimentos MRU e MUV e alguns usarem-nas para calcular tempo, deslocamento, velocidade ou aceleração, não conseguem construir a equação horária de um determinado movimento. Percebe-se, então, uma dificuldade na apropriação do vocábulo científico. Eles já usam a simbologia matemática, mas não associam com o termo “função horária”.

Em relação ao movimento oblíquo, eles conseguem fazer o modelo mental da junção dos dois movimentos, mas como ainda não compreenderam totalmente os movimentos isolados, não conseguem expressar com clareza as características do oblíquo.



## 4.2 CONSTRUÇÃO DE FOGUETES DE GARRAFA PET

A construção do foguete foi feita no segundo encontro. Cada grupo construiu dois foguetes com objetivo de estudar o seu movimento após o lançamento. Os modelos dos foguetes foram escolhidos pelos grupos.

A Figura 1 mostra a montagem dos foguetes.

**Figura 1- Construção dos foguetes de garrafa PET.**



Os alunos foram orientados quanto à necessidade de garantir a estabilidade do foguete durante o voo, mantando-se o centro de gravidade do foguete acima do centro de pressão. Para isso os grupos inseriram na ogiva dos foguetes, uma bexiga contendo água ou alguma pedra.

## 4.3 LANÇAMENTO DOS FOGUETES DE GARRAFA PET

No terceiro encontro foi realizado o lançamento dos foguetes. Primeiramente, os alunos verificaram as massas dos foguetes em uma balança, colocaram água e pesaram-no novamente, obtendo a massa de água. Com uma régua os alunos verificaram a altura da coluna de água dentro do foguete (Tabela 1).

Foi entregue aos alunos um roteiro de atividades (OLIVEIRA) (ANEXO), mostrando quais dados e como eles deveriam verificá-los durante o lançamento dos foguetes.

1. Altura máxima do foguete: os alunos foram orientados a obter a altura máxima através do uso do astrolábio. Para isso, um aluno deveria medir com um

metro a distância da plataforma de lançamento até o observador com o astrolábio. Também deveria ser medida a distância do chão até a altura do astrolábio e o observador deveria medir o ângulo no astrolábio quando o foguete atingisse a altura máxima (orientação no ANEXO )

2. Ângulo de lançamento do foguete: medido através de transferidor

3. Altura de lançamento do foguete: medida do chão até o foguete já conectado na plataforma.

3. Tempo para descarga toda a água, tempo para alcançar o apogeu do voo e tempo total de voo: o lançamento foi filmado e posteriormente os adolescentes, com auxílio do Movie Maker, obtiveram esses tempos.

**Tabela 1 – Dados dos foguetes construídos pelos alunos**

<b>DADOS DOS FOGUETES</b>		
	<b>FOG I</b>	<b>FOG II</b>
<b>Massa do foguete sem água</b>	198,14 g	175,7 g
<b>Massa do foguete com água</b>	1481,87 g	1455,36 g
<b>Massa da água</b>	1283,73 g	1279,66 g
<b>Altura <math>h</math> do volume de água no foguete</b>	22 cm	-

O momento de preparação do lançamento de um dos foguetes é mostrado nas imagens da Figura 2.

**Figura 2 - Preparação do lançamento do foguete**



Observa-se à esquerda da Figura 2, ao fundo da imagem, um aluno a certa distância da base de lançamento e preparando-se para medida do ângulo da altura máxima alcançada pelo foguete com o astrolábio.

A Figura 3 e 4 mostram dois momentos do lançamento dos foguetes.

**Figura 3 – Lançamento do foguete FOG I**



**Figura 4 – Lançamento do foguete FOG II**



#### 4.4 ANÁLISE DOS DADOS DE VOO DO FOGUETE

No quarto encontro, primeiramente, o professor fez uma revisão de conceitos de dinâmica e cinemática (Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado), e então, os alunos aprenderam como analisar a dinâmica e a cinemática do foguete. Com os dados obtidos no lançamento (Tabela 2) os grupos fizeram o estudo da física do foguete.

O Apêndice C mostra os cálculos realizados pelos grupos com os dados do foguete e do lançamento.

**Tabela 2 - Dados medidos durante a preparação e lançamento do foguete.**

<b>DADOS DO LANÇAMENTO DO FOGUETE</b>	
<b>Distância entre foguete e observador</b>	24,7 m
<b>Distância entre chão e astrolábio</b>	0,94 m
<b>Ângulo de altura máxima (astrolábio)</b>	15°
<b>Ângulo da plataforma de lançamento</b>	45°
<b>Altura da plataforma de lançamento</b>	0,73 m
<b>Pressão de ar (P1) na garrafa</b>	3 bar
<b>Tempo para toda a água escapar</b>	0,7 s
<b>Tempo para chegar ao apogeu</b>	1,2 s
<b>Tempo para completar o voo</b>	2,6 s
<b>Alcance do foguete</b>	52,4 m

A Tabela 3 mostra os resultados finais obtidos. Analisando a tabela percebemos que a aceleração calculada é o dobro da aceleração da gravidade. Isso se deve ao desprezo da força de arrasto do ar.

Podemos observar que o foguete subiu cerca cinco metros e meio enquanto a água escapava, e depois mais 2 m até o apogeu.

**Tabela 3 – Resultados obtidos na análise do lançamento do foguete**

<b>RESULTADOS DA ANÁLISE DO VOO DO FOGUETE</b>	
<b>Velocidade de escape da água</b>	19,9 m/s
<b>Taxa de vazão de água</b>	1,8 kg/s
<b>Força de empuxo</b>	36,5 N
<b>Velocidade do foguete ao término de água</b>	10,6 m/s
<b>Altura máxima atingida pelo foguete</b>	7,56 m
<b>Aceleração do foguete</b>	16,2 m/s <sup>2</sup>
<b>Deslocamento do foguete do término da água até o apogeu</b>	2 m
<b>Alcance horizontal após o término da água</b>	15,4 m

#### 4.5 ATIVIDADE AVALIATIVA

No último encontro os alunos foram avaliados novamente através de uma atividade (Apêndice B) para a verificação da aprendizagem.

Durante a realização da atividade o professor fez várias interrogativas aos alunos, estimulando o raciocínio dos mesmos, e auxiliando-os a construir e reforçar os conceitos aprendidos.

*Professor: Como é a velocidade na horizontal?*

*Aluno 1: A velocidade é constante, porque não tem atrito.*

*Professor: Que tipo de movimento é esse?*

*Aluno 2: Movimento uniforme*

*Professor: E na vertical, como é a velocidade?*

*Aluno 2: Velocidade cai por causa da gravidade.*

*Professor: E depois?*

*Silêncio ...*

*Professor 2: E depois que o objeto alcança a altura máxima, o que acontece com a velocidade?*

*Aluno: Velocidade aumenta.*

Pode-se notar que os alunos compreenderam melhor as características dos movimentos.

Durante o cálculo da aceleração (letra d da atividade) um dos alunos perguntou:

*Aluno 3: Professora, eu tenho essa equação (mostra a equação de Torricelli), tenho a velocidade inicial na vertical, mas não tenho mais nada. Não sei como fazer para calcular a aceleração.*

*Professora: Olhem o gráfico, que informações ele me dá? Vocês sabem a velocidade inicial do objeto, no tempo zero. É possível retirar outra informação da trajetória do objeto?*

*Aluno 4: No ápice da trajetória, velocidade igual a zero.*

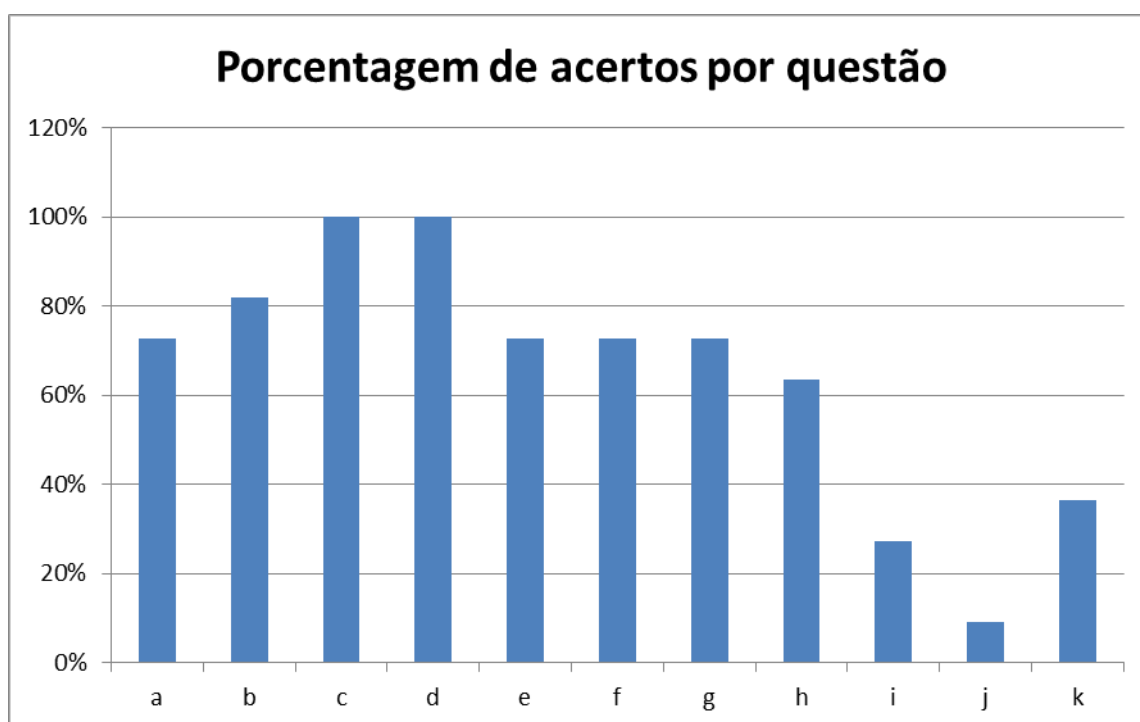
*Aluno 5: A altura, a altura que ele (o objeto) chegou.*

*Aluno 3: Ah é, é mesmo.*

A atividade em grupo auxiliou a retirada das dúvidas entre eles, através da discussão do problema apresentado. Os alunos precisaram avaliar as informações que possuíam, e pensar em como seria o movimento caso, além da velocidade na vertical, também possuísse uma velocidade na horizontal, isto é, estivesse em movimento oblíquo. Partindo dos dados, eles equacionaram os movimentos MUV e MRU e ainda esboçaram os gráficos de  $y$  em função de  $x$  e de velocidade e aceleração em função do tempo.

O gráfico abaixo mostra a porcentagem de alunos que acertaram as questões da atividade proposta.

Figura 5 - Porcentagem de acertos da atividade final.



Observa-se que cerca de 70% da turma acertou em média 75% das questões.

No cálculo da velocidade inicial do foguete (*questão a*), os alunos deveriam usar o valor de 49 m/s para o  $v_{y0}$  (dado no gráfico da atividade) e então achar  $v_0$  e  $v_{x0}$ . Alguns confundiram e usaram 49 m/s para o valor da velocidade inicial ( $v_0$ ) e então achar as suas componentes. Foram considerados certos os dois casos, pois não impediam a compreensão dos conceitos de cinemática.

As equações horárias dos movimentos horizontal (MRU – *questão b*) e vertical (MUV – *questão e*) do foguete foram escritas corretamente por cerca de 80%

e 70% dos alunos, respectivamente, sendo essas equações utilizadas para o cálculo de alcance (*questão c*) e altura máxima (*questão f*). Observa-se uma maior compreensão dos movimentos pelos alunos.

Todos os alunos conseguiram calcular a aceleração vertical do foguete (*questão d*) e 60% deles escreveram corretamente a equação horária da velocidade (*questão h*).

A maior dificuldade dos alunos foi na construção dos gráficos (*questões, i, j, k*), com menos de 50% de acertos. O pior resultado foi na construção do gráfico de  $v_y = f(t)$  no movimento vertical (MUV). Apenas um identificou que o gráfico era uma linha reta com inclinação decrescente, durante todo o tempo do voo. Os demais inverteram a reta, que passava a ser crescente após o ápice do voo, quando  $v_y = 0$ .

Aqueles que construíram corretamente os gráficos de  $y = f(x)$ , acertaram também os gráficos de  $y = f(t)$ ,  $x = f(t)$ ,  $v_x = f(t)$  e de  $a = f(t)$ , ou seja, cerca de 30% da turma. Apesar da baixa porcentagem de acerto nessas questões, ainda assim podemos afirmar que houve uma compreensão maior das características específicas das curvas que representam cada tipo de movimento, comparando-se com a atividade que avaliou os conceitos prévios dos estudantes.

Comparando com o a atividade inicial, anterior à oficina, percebe-se que houve uma melhor apropriação dos conceitos de cinemática, e, pelos resultados e discursos dos alunos, que a oficina de foguete despertou a sua atenção e os estimulou ao aprendizado de conceitos de física.

A atividade final levou-os a raciocinar e criar hipóteses sobre o problema e, além disso, favoreceu a troca de ideias entre os pares e destes com o professor, proporcionando um ambiente de construção conjunta do conhecimento.

Ao final da atividade os alunos fizeram uma avaliação individual da oficina (APÊNDICE D). A maioria disse que a carga horária da oficina foi inadequada, pois sendo *“um assunto complexo, exigia mais tempo”*. Outros comentários são descritos abaixo:

*“Poderia haver mais encontros, mas achei o curso muito divertido e útil, aprendi boa parte do que foi explicado. Gostei muito.”*

*“Achei a experiência de construir foguetes muito interessante. Acho que deveríamos ter feito foguetes mais resistentes e que tivessem maior altitude máxima.”*

*“Acho que deveria ter mais tempo.”*

*“Por possuir uma certa deficiência em física, o experimento do foguete foi de grande ajuda para mim.”*

*“Adquiri uma boa base sobre o assunto.”*

Os comentários dos alunos mostraram que a oficina foi eficaz para despertar o interesse deles e ajudou-os na aprendizagem dos conceitos de cinemática, confirmando o que os resultados da atividade em grupo e os diálogos entre os estudantes e professor mostraram.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparando-se os resultados da última atividade com o questionário inicial, em que os conceitos prévios foram avaliados, é possível notar que houve uma maior apropriação dos conceitos científicos após a Oficina de Foguete de Garrafa PET, pois cerca de 70% dos alunos passaram a compreender o termo “função horária”, bem como aprenderam a identificar essas funções para os movimentos MRU e MUV, além de utilizarem as mesmas para o cálculo das grandezas posição, velocidade e aceleração.

Apesar das dificuldades que os alunos tiveram na construção dos gráficos, observou-se uma maior identificação das curvas correspondentes a cada tipo de movimento. Seriam necessárias atividades que os auxiliasse no aprendizado de habilidades na construção das curvas das funções.

Através dos diálogos durante a atividade final os alunos compartilharam seu conhecimento, auxiliando uns aos outros na construção dos conceitos de cinemática, e o professor pode orientar nessa construção interagindo por meio de perguntas, agindo como o parceiro mais capaz da teoria sócio-interacionista de Vigotsky. Observou-se que as intervenções do professor por meio de perguntas, fazendo-os refletir sobre a atividade ao invés de lhes dar respostas prontas, foram fundamentais para auxiliá-los na construção dos conceitos.

Segundo os alunos, apenas cinco encontros não foram suficientes para abranger todo o assunto necessário. Para eles, seria importante que um número maior de foguetes fossem lançados e os dados dos voos comparados, obtendo-se assim, resultados mais precisos, o que demonstra um interesse dos alunos pela continuidade das atividades e motivação para vencer o desafio proposto. Outros comentários dos estudantes, tais como: “divertido”, “muito interessante”, “deveria ter mais tempo”, mostram que a montagem e o lançamento dos foguetes de garrafa PET foram eficientes em despertar prazer e afetividade nas atividades práticas de ensino de ciências, devido ao seu caráter lúdico, e em motivar as crianças na busca do conhecimento científico. A atividade final mostrou-se também eficaz para ajudar na construção conjunta do conhecimento, pela troca de ideias, discussão e interação entre os alunos e destes com o professor.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T. De; ABIB, M. L. V. Dos S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 2, jun. 2003.

BARBOSA, A. R.; CAVALCANTI, E. L. D. **Um estado da arte do lúdico no ensino de Física.** IV Congresso Nacional da Educação – CONEDU.

CASTELO BRANCO, A. R.; MOUTINHO, P. E. C. **O lúdico no ensino de Física: o uso de gincana envolvendo experimentos físicos como método de ensino.** Caderno de Física da UEFS, v. 13, n. 02, p. 1-8, 2015.

EIRAS, W. C. S.; MENEZES, P. H. D.; FLÔR, C. C. C. **Brinquedos e brincadeiras na Educação em Ciências: Um olhar para a literatura da área no período de 1997 a 2017.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v. 18, n. 1, p. 179-203, abr. 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 43ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GASPAR, A. **Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor.** Artigo apresentado no XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, Guaratinguetá – SP, 1997.

GERMANO, M. G; FREIRE, M. L. F. **Brinquedos populares numa aproximação com o ensino de Ciências (Física).** II CONEDU – Congresso Nacional de Educação.

HIGA, I; OLIVEIRA, O. B. de. **A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física.** Educar em Revista, n.44, p. 75-92, abr./jun. 2012. Editora UFPR.

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

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. de. **Einstein, a Física dos brinquedos e o Princípio da Equivalência.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 22, n. 3, p. 299-315, dez. 2005.

OLIVEIRA, M. A. S. **Os aspectos físicos e matemáticos do lançamento do foguete de garrafa PET.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Católica de Brasília.

PIMETEL, E. C. B. **O brinquedo como recurso instrucional no ensino da terceira lei de Newton.** Brasília, 2007, p. Dissertação de Mestrado – Mestrado em Ensino de Física – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SANTANNA, A.; NASCIMENTO, P. R. **A história do lúdico na educação.** REVEMAT, eISSN 1981-1322, Florianópolis (SC), v. 06, n. 2, p. 19-36, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.5007/1981-1322.2011v6n2p19>

SANTOS, A. S., SILVA, V. A., ROCHA, M. S. **Utilização de brinquedos para explicar as Leis de Newton para o primeiro ano do Ensino médio.** Artigo apresentando no X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC – Águas de Lindóia, SP, 2015.

SILVA, F. R.; VERARDI, D. **O uso de brinquedos no ensino não-formal de Física.** Congresso Iberoamericano de Ciência, Tecnologia, Innovación y Educación. Buenos Aires, Argentina, 2014.

SILVA, E. G.; SANTOS, R. S.; SILVA, J. G.; LIMA, M. C. C. **O uso de brinquedos como recurso para se ensinar no ensino fundamental.** Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens.** Revista Ensaio. Belo Horizonte. v. 13, n. 03, p. 67-80, 2011.

**APÊNDICE A****QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS**

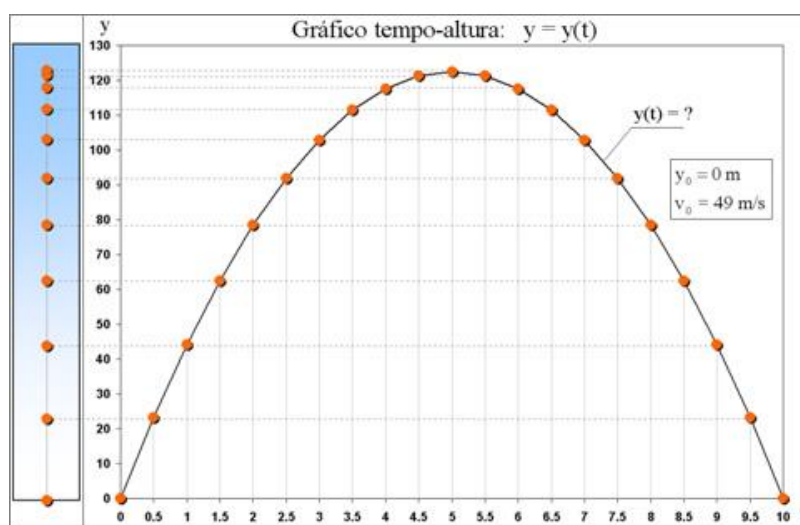
- 1) Uma partícula desloca-se com velocidade constante de 10 m/s em uma superfície sem atrito. Qual o tipo de movimento da partícula? Qual a equação horária do seu movimento? Quanto tempo a partícula leva para deslocar-se 10 m?
- 2) Uma partícula é lançada do chão para cima com uma velocidade de 10 m/s. Qual o tipo de movimento da partícula? Qual a equação horária do movimento? Qual a equação horária da velocidade da partícula? Quanto tempo ela leva para chegar ao seu ponto mais alto? Qual a altura máxima que ela alcança? Qual a velocidade da partícula ao retornar ao chão?
- 3) Desenhe como ficaria a trajetória da partícula caso você juntasse os movimentos de 1 e 2. Que tipo de movimento é esse?
- 4) Analisando o movimento acima, qual será a velocidade inicial da partícula em termos dos vetores unitários  $i$  e  $j$ ?
- 5) Qual será a velocidade inicial resultante da partícula? Qual o ângulo que a velocidade inicial resultante faz com a horizontal?
- 6) Descreva com suas palavras o movimento oblíquo e dê exemplos do seu cotidiano.

Curso: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B

### ATIVIDADE EM GRUPO

A figura abaixo mostra o movimento vertical de um corpo e o gráfico do deslocamento  $y$  em função do tempo  $t$ . Imagine este mesmo corpo em um movimento oblíquo, sabendo que a componente vertical da velocidade inicial  $v_{y0}$  é 49 m/s e o ângulo de lançamento  $75^\circ$ :



- Obtenha a velocidade inicial resultante  $v_0$  e sua componente  $x$ ,  $v_{x0}$ .
- Escreva a equação horária do movimento horizontal, sabendo que o corpo sai da origem dos espaços.
- Sabendo o tempo total de vôo pelo gráfico, calcule o alcance do corpo.
- Utilizando os dados do movimento vertical do corpo, encontre o valor da sua aceleração.
- Escreva a equação horária do movimento vertical.
- Qual a altura máxima alcançada pelo foguete, calculada pela equação horária? Compare com o dado do gráfico.
- Qual a velocidade do corpo no ápice de sua trajetória?
- Qual a equação da velocidade do corpo?
- Construa o gráfico de  $y$  em função de  $x$  da trajetória do corpo.
- Construa o gráfico de  $v$  em função do  $t$ .
- Construa o gráfico de  $a$  em função do  $t$ .

## APÊNDICE C

### CINEMÁTICA DE UM DOS FOGUETES

#### 1. Calculando o $V_{0x}$ e $V_{0y}$

Sendo a velocidade inicial do foguete  $v_0 = 11,5$  m/s e o ângulo de lançamento do foguete:  $45^\circ$

$$V_{0y} / 11,5 = \sqrt{2} / 2 \Rightarrow V_{0x} = 8,1 \text{ m/s}$$

$$V_{0x} / 11,5 = \sqrt{2} / 2 \Rightarrow V_{0y} = 8,1 \text{ m/s}$$

#### 2. Descobrir a aceleração do sistema (movimento vertical de subida)

Sabendo-se o tempo de subida até o apogeu do foguete, podemos utilizar a equação  $V = V_{0y} + at$

$$0 = 8,1 + a \cdot 0,5$$

$$a = -16,2 \text{ m/s}^2$$

Podemos notar que o valor descoberto na aceleração pode estar errado devido ao atrito do foguete com o ar, utilização de medidas aproximadas ou erro na medida do ângulo inicial.

#### 3. Por meio da equação $h = V_{0y}t + at^2 / 2$ podemos descobrir a altura que o foguete alcançou

$$h = 8,1 \cdot t + (-16,2) \cdot t^2 / 2$$

$$h = 8,1 \cdot 0,5 + (-16,2) \cdot 0,5^2 / 2$$

$$h = 2,02 \text{ m}$$

#### 4. Por fim, no Movimento Horizontal tomamos a Força de Arrasto do ar como zero e, portanto, aceleração também

$$a_x = 0$$

$$F_{arr} = 0$$

Logo, utilizando M.U.

$$S = S_0 + v \cdot t$$

$$S = 0 + 8,1 \cdot 1,9$$

$$S = 15,39 \text{ m}$$

## APÊNDICE D

### AVALIAÇÃO DA OFICINA DE FOGUETES

*Preencha a avaliação, por favor. Não é necessário se identificar.*

Para cada aspecto mencionado, faça uma indicação, marcando um X na categoria escolhida para qualificá-lo. Caso queira, justifique sua indicação.

1. **NÃO ATENDE**
2. **INSUFICIENTE**
3. **SUFICIENTE**
4. **BOM**
5. **MUITO BOM**

N.	ASPECTOS DO CURSO	INDICADORES				
		1	2	3	4	5
1.	Os objetivos do curso foram bem definidos					
2.	Os objetivos do curso foram alcançados					
3.	O curso proporcionou novos conhecimentos sobre o tema					
4.	O curso permitiu reformular conceitos e pontos de vista que você tinha sobre o tema					
5.	O curso permitiu troca de conhecimentos e experiências					
6.	Os conteúdos foram apresentados, pelo professor, de forma clara e objetiva					
7.	As técnicas e métodos utilizados no curso foram adequados					
8.	AULAS TEÓRICAS					
9.	CONSTRUÇÃO E LANÇAMENTO DE FOGUETE					
10.	ANÁLISE DO VOO DO FOGUETE					
11.	AVALIAÇÃO EM GRUPO					
12.	A carga horária do curso foi adequada para o desenvolvimento do tema					
13.	Indique um valor que expresse o nível de interação dos alunos com o professor do curso					
14.	Assinale o valor que indique o grau de correspondência entre suas expectativas e a realidade do curso					
15.	Qual é o valor que melhor expressa a sua avaliação de forma global					

Utilize o espaço abaixo para apresentar seus comentários, críticas construtivas, sugestões e/ou elogios.  
[Se necessário, utilize o verso da folha para escrever]

---



---



---



---

## ANEXO

### FÍSICA DO VÔO DO FOGUETE

#### Introdução

O movimento do foguete durante o lançamento pode ser entendido pela aplicação da segunda lei de Newton:  $Impulso = \Delta Q = F \cdot \Delta t$

Para sua descrição, consideremos que a única força atuante sobre o foguete é a força gravitacional (desprezemos o atrito do ar). Inicialmente o foguete está parado na sua base de lançamento.

A quantidade de movimento do sistema inicial será zero. A massa total do sistema é  $M$  que é dada por:  $M = m_F + m_{H_2O}$ , sendo:  $M$  = a massa do foguete vazio ( $m_F$ ) mais a massa de água contida em seu interior ( $m_{H_2O}$ ).

No momento em que ocorre a ejeção de uma pequena quantidade de água  $\Delta m_{H_2O}$  a uma velocidade  $v_e$ , a velocidade do foguete é alterada de  $\Delta v$ . Logo, o sistema terá uma Quantidade de movimento final igual a  $(M - \Delta m_{H_2O}) \cdot \Delta v - \Delta m_{H_2O} \cdot v_e$

Não temos condições, utilizando a LEI DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO de calcular a velocidade de partida do foguete ( $\Delta v$ ) pois não conhecemos os demais termos da equação ( $\Delta m_{H_2O}$  e  $v_e$ ).

#### Objetivos

1. Determinar a velocidade da água que foi expulsa do foguete ( $v_e$ )
2. Determinar a taxa de vazão da água ( $R$ )
3. Determinar a Força empuxo exercida pela água expulsa do foguete.
4. Determinar a velocidade máxima do foguete ( $\Delta v$ )
5. Determinar a altura Máxima que o foguete irá atingir.

#### 1. Determinar a velocidade da água que foi expulsa do foguete ( $v_e$ ).

A vazão da água obedece a uma Lei física estabelecida no século XVII pelos irmãos Bernoulli. Não entraremos em detalhes sobre os aspectos teóricos da lei.

Adaptando para a nossa situação teremos :

$$v_e = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\mu} - 2gh}$$

Sendo:

$p_1$  - a Pressão imposta no ponto mais alto da coluna de água do interior da garrafa devido ao ar comprimido. Esta pressão será medida pelo manômetro da bomba. Fator de conversão: 1 Barr =  $10^5$  Pa.

$p_2$  - a Pressão na saída do foguete. Esta pressão corresponde á pressão atmosférica (1 atm) e vale  $1,0 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup>

$\mu$  - Massa específica ou densidade da água  $-1,0 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>

$h$  - Altura da coluna de água dentro do foguete. Este valor deve ser obtido durante o experimento.



## 2. Determinar a taxa de vazão da água (R)

A taxa de vazão da água (R) é a razão entre a massa da água ( $m_{H_2O}$ ) que escapa do foguete e o Intervalo de tempo ( $\Delta t$ ). A massa de água será medida no momento do experimento e o intervalo de tempo será obtido a partir do uso do Windows Live Movie Maker. Um aluno do grupo deverá fazer a filmagem do movimento do foguete com seu Iphone ou Android. Em seguida, utilizando o programa citado editar o vídeo, obtendo o tempo exato para o escoamento da água. A medida através de cronometro fica inviável devido a rapidez do processo.

## 3. A Força Empuxo aplicada pela água sobre o foguete (princípio da ação e reação) é dada pela expressão $R \cdot v_e$

## 4. A velocidade ( $\Delta v$ ) máxima adquirida pelo foguete.

Considerando o tempo necessário para a água ser totalmente escoada (ver item 2) e utilizando a equação abaixo, determine a velocidade máxima que o foguete adquiriu.

$$\Delta v = -g\Delta t + \frac{\Delta m_{H_2O}}{M} \cdot v_e$$

## 5. Determinação da altura máxima atingida pelo foguete

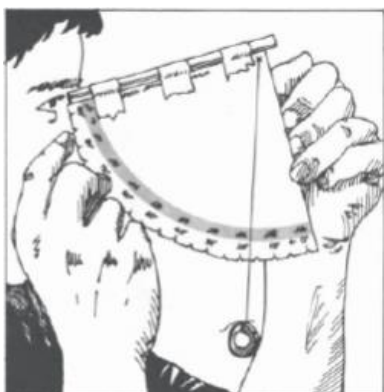
Determinaremos a altura máxima atingida pelo foguete utilizando um astrolábio artesanal (fornecido pelo professor). Sua utilização é simples. Basta apontar o bastão fixado no astrolábio para o objeto e verificar a medida do ângulo que a linha irá indicar na graduação do transferidor.

A construção de um astrolábio é simples. Basta fazer um pequeno furo na região central do transferidor e colocar um fio com uma massa.

Com o ângulo medido e a distância que se deu o ângulo de visão, basta utilizar as relações trigonométricas num triângulo retângulo para o cálculo da altura parcial, pois esta altura parcial  $h_1$  deverá ser somada a altura  $h_{aluno}$  do ângulo de visão do observador, para se obter a altura final H do objeto.

A altura atingida pelo foguete (H) será:

$$H = h_{aluno} + h_1, \text{ sendo } h_1 = D \cdot \text{tg } \theta$$



OLIVEIRA, M. A. S. **Os aspectos físicos e matemáticos do lançamento do foguete de garrafa PET.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Católica de Brasília.