



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E  
TECNOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**Olimpíada Brasileira de Astronomia e o uso dos Foguetes no  
Ensino da Física**

KEYLLA CRISTIANE BARBOSA DE AGUIAR

Recife  
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E  
TECNOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**Olimpíada Brasileira de Astronomia e o uso dos Foguetes no  
Ensino da Física**

KEYLLA CRISTIANE BARBOSA DE AGUIAR

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Licenciatura em  
Física da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Unidade Acadêmica de  
Educação a Distância e Tecnologia, como  
requisito para obtenção do grau de  
Licenciada em Física.

Orientador: Dr. Francisco Luiz dos Santos

Recife

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me dado a vida, a inteligência e a paciência.

A minha mãe Mauriceia Barbosa de Aguiar e pai Marciano Galdino de Aguiar, por ter sempre apoiado meus sonhos, e estarem sempre comigo nos dias e noites difíceis.

Ao meu irmão Kleiton Cristiano Barbosa de Aguiar, por ser paciente, amigo e sempre enxugar as minhas lágrimas com brincadeiras e palavras acolhedoras, por mais que Física não seja seu ponto forte, mas sempre estar me ajudando.

A minha irmã gêmea Kelly Cristiane Barbosa de Aguiar que desde o útero ter me acompanhado com paciência, compaixão, me fortalecendo, apoiando meus sonhos e principalmente acreditando em todos os meus aspectos, e nunca ter deixado cair, te amo muito.

A minha amiga Jeciane Pereira que conheci na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, mesmo a distância está enxugando minhas lágrimas e me fortalecendo, com toda certeza levarei para o resto da minha vida.

Aos meus amigos Ana Aurora, Erivaldo G., Ivana O., Laryssa Beatrys, Leandro L., Lucas M., Luiz Neto, Karen T., Marcelo E., M<sup>a</sup> Marielle, Michelly M., Ritha de Cassya, Thalyta A., Samara B., Vinicius G., Victor S. e Yara K. pelos “carões”, as palavras de motivações e paciência para escutar as minhas lamentações.

Aos meus primos Aysla G., Bruno A., Diego A., David B. e outros, por estarem sempre apoiando, ajudando e me alegrando em todos os momentos da minha vida, amo vocês.

Ao meu melhor amigo de infância Anderson Mendes e Nataly Souza por estar novamente me ajudando lendo e relendo meus trabalhos acadêmicos, e nunca ter soltado minha mão, com paciência e amor.

Meu imenso agradecimento a minha avó/madrinha Berenice (in memorian) por sempre acreditar nos meus sonhos, sempre irei lhe agradecer. E a Andressa Skarlet (in memorian) que nos momentos mais difíceis estava lá para me tirar um sorriso do rosto, apoiando todos meus sonhos e nunca ter perdido a fé nos meus objetivos, saudades eternas.

Ao meu orientador Francisco Luiz dos Santos pela sua imensa responsabilidade, dedicação e carinho, pela paciência, e sempre acreditou no meu conhecimento.

# Olimpíada Brasileira de Astronomia e o uso dos Foguetes no Ensino da Física

---

*Keylla Cristiane Barbosa De Aguiar*  
Autora do Trabalho de Conclusão de Curso  
Licenciatura em Física UAEADTec  
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE  
kelly-keylla@hotmail.com

*Francisco Luiz dos Santos*  
Orientador do Trabalho de Conclusão de Curso  
Licenciatura em Física UAEADTec  
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE  
francisco.luiz@ufrpe.br

## RESUMO

Esta pesquisa objetiva analisar os lançamentos e contribuições da experimentação com foguete de garrafa PET para abordar conteúdos de mecânica no ensino de Física com os alunos da Escola Municipal Professora Terezinha Barbosa da Costa e Silva, de Bom Jardim-PE. A Física por sua vez se faz presente em toda parte do nosso cotidiano e os movimentos e técnicas bem trabalhadas pelos autores deixam os assuntos mais compreensíveis para os alunos. O referencial teórico está dirigido para o ensino da Física Base Nacional Comum Curricular e na construção do foguete de garrafa PET na orientação da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG). Este trabalho de pesquisa é de cunho qualitativo com metodologia do tipo exploratória, descritiva e experimental. Foi realizada em três etapas: a construção do foguete com garrafas PET, as técnicas de lançamento e análise dos movimentos com assuntos de Física. O lançamento do foguete foi o ponto principal para compreender os conteúdos de Física.

Palavras-chave: Ensino da Física; Foguete; Garrafa PET.

## INTRODUÇÃO

O lançamento de foguetes de garrafas PET compreende a prática experimental que pode fortalecer contextos de ensino e aprendizagem. Os lançamentos de foguetes foram realizados pela primeira vez pelo russo Konstantin Eduardovich e o norte-americano Robert Hutchings que, em 1926, lançaram o primeiro foguete movido a gasolina e oxigênio líquido. (DW Brasil, 2017).

O processo de ensino da construção do foguete muitas vezes apresenta desafios para professores e alunos que nem sempre possuem práticas necessárias em sala de aula. Entre outros motivos, o Ensino da Física em qualquer nível, dos anos finais do ensino básico, é afetado pelas dificuldades dos alunos em interpretar matematicamente as leis e equações propostas, bem como no entendimento teórico e nos diversos formalismos utilizados. O trabalho vivenciado traz concepções de sistemas de massa variável sob resistência do ar, assim como conceitos físicos, como trajetória, movimento, força, momento e energia, assuntos vistos no dia a dia.

Nessa circunstância, vários autores (Araújo; Abib, 2003; Marineli; Pacca, 2006; Heidemann; Araujo; Veit, 2016) sugerem o uso de estratégias de métodos experimentais nas aulas de física, antes de mais nada, para potencializar o engajamento do aluno no processo de reconstrução do conteúdo na prática, fundamental em uma aprendizagem mais significativa.

A construção de foguetes de garrafa PET é uma atividade educativa e empolgante que combina ciência e diversão. Esses projetos costumam ser populares em escolas e eventos de ciências, pois permitem que estudantes e entusiastas experimentem os princípios básicos da física e da aerodinâmica de forma prática.

Geralmente, um foguete de garrafa PET é criado preenchendo a garrafa com água e ar comprimido, criando pressão interna, e então liberando essa pressão através de uma válvula de liberação, impulsionando o foguete para o alto. A construção e lançamento de foguetes de garrafa PET não apenas ensinam conceitos científicos, mas também promovem habilidades de trabalho em equipe e resolução de problemas, tornando-os uma ótima atividade de aprendizado.

De acordo com Costa (2009), isso consiste em um processo que se assemelha ao de abrir uma garrafa de champanhe, onde o fato de agitar a garrafa provoca a liberação do gás que conseqüentemente aumenta a pressão dentro, até o estado em que a rolha escapa e abre a garrafa.

O lançamento de foguetes de garrafa PET desempenha um papel significativo na educação e no aprendizado prático, especialmente para estudantes e entusiastas de ciências. Essa atividade lúdica permite que as pessoas explorem conceitos fundamentais de física, como pressão, propulsão, energia cinética e aerodinâmica, de uma maneira acessível e envolvente.

Além disso, o processo de planejamento, construção e lançamento de um foguete de garrafa PET promove habilidades valiosas, como trabalho em equipe, resolução de problemas e pensamento crítico. É uma oportunidade para inspirar o interesse pela ciência e tecnologia, estimulando jovens mentes a considerar carreiras nas áreas STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática). Além disso, a diversão associada ao lançamento de foguetes de 2 garrafas PET torna essa atividade uma experiência memorável que pode gerar paixão duradoura pela exploração científica e espacial.

Foram observadas a trajetória, movimento, força, momento e energia, do foguete de garrafa PET relacionado à física, assim a trajetória do foguete poderá ser explicitada como um movimento balístico, desprezando a resistência do ar, embora na prática a resistência do ar e outros fatores modifique um pouco em relação aos cálculos realizados.

A análise da trajetória de um foguete de garrafa PET, do ponto de vista da física, envolve a aplicação de diversos princípios fundamentais. Inicialmente, a Terceira Lei de Newton, que trata da ação e reação, explica como a expulsão do ar comprimido na garrafa gera uma força de propulsão que impulsiona o foguete para cima.

A lei da conservação da energia é crucial para entender como a energia potencial da água e do ar comprimido se converte em energia cinética à medida que o foguete sobe. Além disso, a análise aerodinâmica desempenha um papel

importante na compreensão da trajetória, considerando como a resistência do ar afeta o voo. No geral, a física oferece insights valiosos para entender como os foguetes de garrafa PET se comportam durante seu lançamento e ascensão aos céus.

É com base nesses fatores que a pesquisa tem como objetivo analisar os lançamentos e contribuições da experimentação com foguete de garrafa PET para abordar conteúdos de mecânica no ensino de Física, com estudantes da Escola Municipal Professora Terezinha Barbosa da Costa e Silva, do município de Bom Jardim no estado de Pernambuco.

## **1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo, a fundamentação teórica foi dividida em 3 subtítulos no qual o primeiro traz um breve estudo sobre o ensino da Física e Base Nacional Comum Curricular, no segundo um pouco do estudo sobre as leis de Newton e no último, um pouco da história dos foguetes, que relata foguetes de garrafas PET com referências ao embasamento teórico da escrita desse produto educacional.

### **1.1 O ensino da Física e Base Nacional Comum Curricular**

O Ensino da Física é de suma importância e os conceitos são melhor compreendidos quando o curso é acompanhado de demonstrações, experimentos e problemas que ensinam aos alunos como eles podem ser observados na prática. Principalmente quando usamos métodos tradicionais combinados com exercícios de laboratório destinados a validar os conceitos ensinados em sala de aula.

Além dos dados citados acima, temos também o que é citado na BNCC sobre as Habilidade de Ciências da Natureza (2018, p.559):

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (Brasil, 2018, p.559).

A Base Nacional Comum Curricular desempenha um papel crucial no ensino de física, proporcionando um guia estruturado para o desenvolvimento de programas

educacionais. Ao delinear os objetivos, conteúdos e metodologias apropriadas, esses parâmetros asseguram uma abordagem coerente e abrangente para o ensino da disciplina. Permitem a adaptação às necessidades locais, promovendo a uniformidade e a qualidade do ensino.

Além disso, ao considerar a progressão dos conteúdos e as habilidades a serem desenvolvidas, os parâmetros curriculares contribuem para a formação integral dos alunos, preparando-os para compreender e aplicar conceitos físicos no mundo real, fomentando o pensamento crítico e a resolução de problemas. Assim, a atenção aos parâmetros curriculares é fundamental para aprimorar a eficácia do ensino de física e garantir uma educação científica sólida e significativa.

Para Gohn (2006), a educação informal não é uma educação adquirida pelos indivíduos por meio da experiência ensinada pela vida, mas requer a orientação de professores para conectar teoria e prática. Apresentada por Gohn (2006) como:

Na educação formal sabemos que são os professores. Na educação não formal, o grande educador é o outro, aquele com quem interagimos ou nos integramos. Na educação informal, os agentes educadores são os pais, a família em geral, os amigos, os vizinhos, colegas de escola, a igreja paroquial, os meios de comunicação de massa, etc. (GOHN, 2006, p. 3).

Com a busca de espaços educacionais distintos e não formais, podemos salientar que o professor consegue despertar no aluno um interesse, tais como a realização de aulas em campo, visitas a museus, fazendas e até institutos de pesquisa, assim se observa que os estudos podem ser explorados em sua totalidade. De acordo com as bases curriculares de 2006 as ciências da natureza e matemática orientam o incentivo a essas atividades que são ministradas fora da sala de aula, dessa forma os alunos sentem-se motivados para fazer uma exploração de espaços físicos longe do tradicionalismo do ensino no Brasil (2006).

Essa dificuldade vem durante a formação, segundo Silva, Oliveira e Queiroz (2006):

Os constantes avanços tecnológicos ocorridos na sociedade a partir do final do século XIX e início do século XX têm levado diversos pesquisadores na área de Ensino de Ciência, em particular de Física, a se articularem no sentido de propor novos caminhos e novas diretrizes que permitem uma

reformulação no atual currículo das escolas de ensino médio (Silva, O.; Oliveira, J.; Queiroz, S., 2006, P. 1).

Muitas dificuldades podem ser encontradas caso haja uma má formação na licenciatura em ciências e física, isso pode chegar a representar um desafio muito significativo para os professores na maneira como eles transmitem o conteúdo aos alunos. A formação inadequada desses professores pode afetar a estruturação e comunicação eficaz dos conceitos complexos em suas disciplinas e com isso comprometendo a qualidade do ensino; vale ressaltar a importância de investir na capacitação dos respectivos educadores, e assim assegurar uma educação sólida e compreensiva, fato essencial para o desenvolvimento devidamente completo dos estudantes de licenciatura.

## **1.2 Um breve estudo sobre as leis de Newton**

As três leis de Newton, fundamentais para compreender o movimento dos corpos, são pilares da mecânica clássica. A primeira lei, postula que um objeto permanecerá em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força externa atue sobre ele. Conceituando pelo site Brasil Escola, temos que a primeira lei de Newton (1687) estabelece que: “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele.”

Conhecida como Lei da Inércia, foi proposta pelo físico inglês Isaac Newton e publicada em 1687 junto com outras duas leis, em uma obra de três volumes intitulada “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*”. Conceituando pelo site Brasil Escola, temos que a segunda lei de Newton de 1687 estabelece que: “A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é aplicada.”

A segunda lei de Newton, também conhecida como a Lei da Força, estabelece que a aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força resultante aplicada sobre ele e inversamente proporcional à sua massa. Em termos simples, isso significa que a força aplicada a um objeto determina a rapidez com que ele vai

mudar de velocidade, sendo essa mudança mais pronunciada em objetos com menor massa e maior força.

A equação matemática que expressa essa lei é  $F = m \cdot a$ , onde  $F$  é a força,  $m$  é a massa do objeto e  $a$  é a aceleração resultante. Essa lei é fundamental para compreender o movimento de corpos sob a influência de forças externas.

Por fim, a terceira lei de Newton enuncia o princípio de ação e reação: para toda ação, há uma reação de igual magnitude, mas em sentido oposto, que conceituado pelo site Brasil Escola temos que a terceira lei de Newton (1687) como: “A toda ação há sempre uma reação oposta e de igual intensidade: as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos”

Essas leis fornecem um arcabouço conceitual essencial para analisar e prever o comportamento dos objetos em movimento, sendo fundamentais não apenas para a física, mas também para diversas áreas da ciência e da engenharia.

### **1.3 Foguetes de garrafas PET**

A Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) ocorre junto com a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) e é uma atividade que tem como proposta a construção de foguetes com garrafa PET. Os alunos confeccionam os foguetes com orientação dos professores e realizam os seus lançamentos. Cada lançamento é realizado por aluno individualmente ou em equipes de até três componentes, (OBA, 2019):

Enfatizamos que esta atividade é extremamente prazerosa para alunos, professores e familiares, mas contém riscos, principalmente nos níveis 3 e 4, pois envolve o lançamento de foguetes constituídos de garrafas PET, logo, podem danificar bens e pessoas se colidirem com estes. Assim sendo, estas atividades devem sempre estar supervisionadas por adultos. (MOBFOG, 2019).

No estudo de Astronomia os foguetes têm as aplicações mais conhecidas, mas existem outras além delas. Segundo dados, uma companhia de energia elétrica do Japão usa foguetes de garrafa PET para fazer o lançamento de fios de alta tensão em lugares de difícil acesso ao terreno. E de acordo com os funcionários da

empresa esse método pode evitar a subida e descida de profissionais dos locais perigosos. A partir disso, entendemos que é algo simples, preciso e permite ganhar tempo em relação a realização dessas tarefas (FOGUETE PET, 2017, 58). Aqui, falamos mais do uso desses foguetes como recurso pedagógico para aprender física, principalmente com a participação nos torneios envolvendo astronomia, astronáutica e foguetes. A OBA aumentou essa participação e foi criada em 1998 e de acordo com o registro:

A I Olimpíada Brasileira de Astronomia foi realizada no sábado dia 22 de agosto de 1998 às 14:00hs com a aplicação simultânea em todo o país de uma prova de conhecimentos sobre Astronomia e temas relacionados. A prova teve dois níveis distintos: nível 1 para estudantes até 16 anos e nível 2 para estudantes até 18 anos. (LAVOURAS, 1998, p. 2)

O projeto de construir um foguete de garrafa PET é uma maneira empolgante e prática de ensinar as leis de Newton aos estudantes. Ao trabalhar nessa atividade, os alunos podem explorar conceitos como a terceira lei de Newton, que trata da ação e reação. A liberação da pressão acumulada no interior da garrafa durante o lançamento do foguete demonstra claramente como uma força para baixo (ação) resulta em uma força equivalente para cima (reação).

Além disso, a elaboração do projeto envolve o entendimento da segunda lei de Newton, pois os alunos precisam calcular a força resultante e compreender como ela afeta o movimento do foguete. Essa abordagem prática não apenas torna o aprendizado mais envolvente, mas também proporciona uma compreensão tangível das leis fundamentais do movimento.

Os objetivos para os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) são:

Desenvolver o conhecimento ajustado de si mesmo e o sentimento de confiança em suas capacidades afetiva, física, cognitiva, ética, estética, de inter-relação pessoal e de inserção social, para agir com perseverança na busca de conhecimento e no exercício da cidadania. (BRASIL, 1997, P. 42).

Embora os PCN BRASIL (1997) tenham sofridos várias mudanças ao longo dos últimos anos, os experimentos basicamente servem como um meio de orientação mais concreto para os alunos. E na Física, os experimentos auxiliam no estudo dos

conceitos básicos para o ensino-aprendizagem no âmbito escolar, ficando mais fácil de ser observado quando se coloca toda teoria vista na sala de aula em prática.

## **2. METODOLOGIA**

### **1. Características da Metodologia**

A metodologia da pesquisa científica correta nos leva aos resultados de uma investigação ou exame detalhado tendo como base os procedimentos científicos para resolver um problema. Uma investigação de uma pessoa ou grupo competente (o entrevistado) que aborda um aspecto da realidade (do entrevistado) pode levar a provar experimentalmente uma hipótese (investigação experimental), ou descrevê-la (investigação descritiva), ou explorá-la (estudo exploratório).

Conforme apontam Sampieri, Luci e Minayo (2014), a pesquisa qualitativa tem foco, e requer compreensão e aprofundamento, no conhecimento dos fenômenos que estão presentes a partir da percepção dos participantes sobre o contexto natural da relevância da realidade que o circula, com o objetivo de expressar suas subjetividades, perspectivas e significados.

A partir do que se entende por metodologia da pesquisa, tem-se uma compreensão melhor de que desempenha um papel fundamental na qualidade e profundidade do estudo. Dentre as abordagens disponíveis, a metodologia qualitativa se destaca por sua capacidade de explorar a complexidade de fenômenos, enfocando interpretações subjetivas e compreensões profundas.

Esclarece Gil (2008, p 46): “As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.” A abordagem explorativa oferece uma ferramenta valiosa para mapear territórios desconhecidos, revelando padrões emergentes e direcionando o desenvolvimento de pesquisas mais detalhadas.

Gil (2008) acredita que a pesquisa experimental inclui identificar o objeto de pesquisa, selecionar variáveis que podem afetar o objeto de pesquisa, definir a forma de controle e observar o impacto das variáveis no objeto.

Complementando essas, a metodologia experimental, característica do método científico, busca estabelecer relações causais por meio de manipulação controlada de variáveis. Assim, a escolha criteriosa entre essas metodologias proporciona uma base sólida para a investigação, permitindo uma análise abrangente e significativa do fenômeno em estudo.

## **2. Caracterização do Objeto de Pesquisa**

É de muito importante que para uma boa qualidade de ensino o professor traga aulas experimentais de cunha descritiva de análise para os alunos. Assim como os experimentos sirvam como instrumento de compreensão do assunto didático com orientação do professor com os conteúdos atividades e planejamentos das aulas.

E, segundo Gil (2008, p. 10), determinar as características de uma pesquisa descritiva, como determinadas populações ou fenômenos. Uma de suas peculiaridades está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática.

Para estudo de caso, Gil (2008) diz: “O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados.”

Em 2005, Yin afirma que o estudo de caso se trate de um estudo empírico, que vem a investigar um fenômeno atual que está dentro do contexto da realidade que o rodeia, quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são definidos tão claramente e nele são utilizadas várias fontes para nortear as evidências.

As pesquisas de estudos de casos desempenham um papel crucial na investigação aprofundada de fenômenos complexos em contextos específicos. Essa abordagem qualitativa permite aos pesquisadores explorar detalhadamente uma situação, organização ou indivíduo, buscando compreender suas nuances e dinâmicas. Ao coletar dados variados, como entrevistas, observações e documentos, os estudos de casos oferecem valores que contribuem para a construção de teorias mais robustas e a aplicação prática do conhecimento.

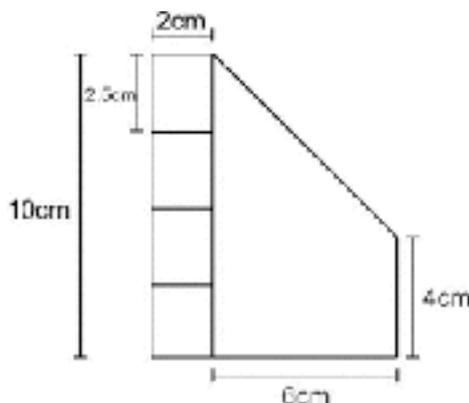
### 3. Procedimento Metodológico

Da Construção até o lançamento, durou em média 2 semanas, pois ocorreram nas aulas de Ciências da Natureza, as quais são 3 por semana, realizada em uma turma de 27 alunos em grupos de 3 integrantes. Os estudantes estavam participando de todos os momentos da aplicação do projeto, construindo conhecimentos que auxiliou na compreensão dos conteúdos de investigação. Todo procedimento ocorreu nas etapas analisadas e descritas a seguir:

- **1ª Etapa: Construção do foguete de garrafa PET;**

Os alunos construíram o foguete seguindo as instruções da MOBFOG, sob minhas orientações, com uso de tais materiais: 2 garrafas PET de 2 litros, 1 bexiga, 1 pasta plástica de arquivo e fitas adesivas. O projeto foi feito em trio, onde os estudantes dividiram as atividades entre si.

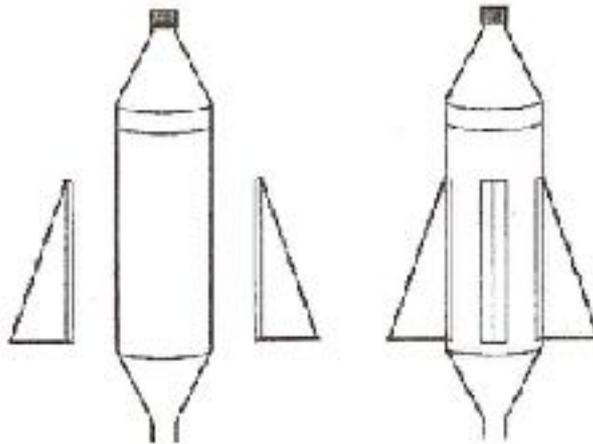
Figura 1- Aleta do foguete



Fonte - Estudo Aprofundado do Foguete de Água (2015)

Primeiramente, eles desenharam pelo molde 3 aletas semelhantes, figura 1, em seguida cortaram para depois fixar no corpo do foguete. As medidas a seguir, da figura 1, para as aletas estão disponibilizadas no próprio site da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), e os alunos utilizaram manualmente régua sob orientações precisas.

Figura 2- Montagem do corpo do foguete



Fonte - Como Fazer um Foguete de Garrafa Pet (2014)

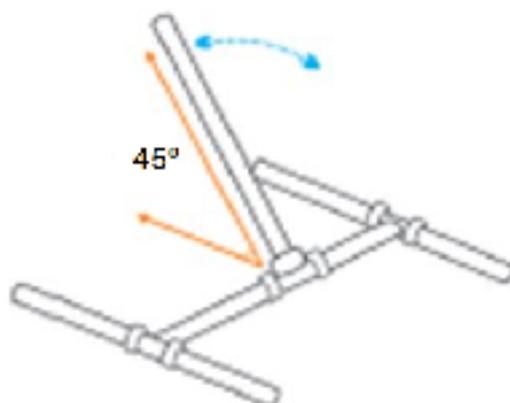
Em seguida, fizemos o corpo do foguete, que é composto com 2 garrafas PET, onde uma é cortada e inserida inteira dentro da outra em posição oposta (invertida). Assim como mostra a figura 2, na ponta do “foguete” foi colocada uma bexiga cheia de água para fazer peso na parte da frente (no bico) e fixamos as aletas no corpo para dar mais estabilidade ao foguete durante o voo e assim passar mais tempo no ar.

- **2ª Etapa: Lançamento do foguete;**

O trio de alunos que fizeram toda montagem do trabalho foi responsável pela decolagem, onde um segurou a base, um bombeou e o outro puxou o gatilho, quando o foguete estava pronto para o lançamento. Segundo Costa (2009, p. 7) : “consiste em um processo semelhante ao de se abrir uma garrafa de champanhe, onde ao agitar a garrafa dessa bebida é liberado gás que aumenta a pressão dentro da garrafa até o ponto em que a rolha escapa e sai, abrindo a garrafa.”

A base de lançamento foi feita de cano PVC, a qual foi construída pelas instruções da MOBFOG. Foram 5 pedaços de cano com 20 mm de diâmetro, sendo dois pedaços com comprimento de 20 cm, um pedaço de 25 cm e dois pedaços de 10 cm de comprimento, como ilustrado na figura 3. Também tinha dois joelhos PVC 90° e um tê ('T') soldável de 25 mm de diâmetro.

Figura 3 - Base de lançamento



Fonte – “Oficina” de Foguetes do Nível Ensino Médio (2014).

- **3ª Etapa: Análise da trajetória e abordagem em Física.**

Foi observada a trajetória, movimento, força, momento e energia, do foguete de garrafa PET relacionado à física, assim o movimento do foguete poderá ser explicitada como um movimento balístico, desprezando a resistência do ar.

As análises foram feitas a partir das construções, até os lançamentos, onde foram associadas aos assuntos de Física. A atenção dos alunos na construção é de suma importância, pois dependendo do material que for utilizado o foguete poderá voar mais longe da base, que foi confeccionada por uma professora para diminuir a margem de erro.

Figura 4- Trajetória do Foguete



Fonte – Própria (2023)

A figura 4 mostra o local de lançamento do foguete na praça/parque da academia das cidades localizada em Bom Jardim - PE, onde foi visto a trajetória e analisado o

movimento com base nas leis de Newton, levando em consideração todas as forças atribuídas, como atrito, gravitacional e empuxo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do ensino baseado em Foguete de garrafa PET constitui num estudo bastante relevante do ponto de vista físico. Este trabalho permite o estudo das leis de Newton e suas forças, assim sendo explorada em 3 etapas: **construção** do Foguete de garrafa PET, **lançamento** do foguete e **análise da trajetória** em relação as leis de Newton.

#### 3.1 – 1ª Etapa - montagem do corpo do foguete

A construção do foguete foi feita na Escola Municipal Terezinha Barbosa da Costa e Silva, localizada na cidade de Bom Jardim em Pernambuco, foi realizada por 27 alunos, os quais foram divididos em grupos de 3 e foram confeccionados 9 foguetes de garrafas PET, onde foram orientados sob as descrições feitas pelo MOBFOG.

As figuras 5 e 6 mostram as garrafas ideais para o foguete, pois temos que levar em consideração a estrutura da garrafa, quanto menos amassada e mais centralizado ponte e corpo o foguete fica mais estruturado, para um perfeito voo. As aletas são de suma importância, pois são elas que farão o foguete manter-se mais tempo de voo, assim foram feitas com um material mais resistente ao vento.

Figura 5 - Construção do Foguete



Fonte – Própria (2023)

Figura 6 - Confeção de Foguete



Fonte – Própria (2023)

As medidas para construção do foguete são essenciais por termos que mante-lo sempre alinhado para que o voo seja uma curva suave seguindo uma linha quase parabólica. Por conta da variação angular da ponta do foguete que influencia na trajetória, mostrado na figura 7, os alunos fizeram as medições necessárias para deixar o mais reto possível.

Figura 7 - Construção com medidas da MOBFOG



Fonte – Própria (2023)

### 3.2 - 2ª Etapa - montagem da base e lançamento

A base mostrada na figura 8, é feita com os suportes de PVD e, assim, o foguete de garrafa PET é preso à haste inclinada de 45° da horizontal, diferente do estado de repouso deitado, e aplicando uma força para que ele seja lançado. Atribuindo a primeira lei de Newton, afirmamos que se as forças que atuam sobre um objeto se

anulam, cada objeto permanece em repouso ou em movimento uniforme em linha reta.

Figura 8 - Base de Lançamento



Fonte – Autoria Própria (2023)

Assim, aplicado a terceira lei de Newton onde afirma que para cada força exercida sobre um primeiro objeto, existe uma força de reação sobre um objeto diferente. A força de reação (do corpo prático do foguete) tem a mesma intensidade e atua na mesma direção que a força de ação (da água com o gás saindo pelo fundo), mas no sentido oposto, vista na figura 9. Neste fenômeno também ocorre o efeito de preservação do centro de massa total em que enquanto a água com gás sai pelo fundo do foguete, ele se desloca para a frente deixando o centro de massa (imaginário) de todo o sistema entre eles.

Figura 9 - Reação do Foguete saindo da base.



Fonte – Própria (2023)

Deste modo, na figura 9, vemos primeiro a base onde o ar entrou na garrafa PET fazendo pressão e ocupando todo espaço e foi liberado até expelir a água de dentro da garrafa, essa é a ação inicial e oposta vista pela terceira lei de Newton, dessa maneira o foguete segue em uma direção oposta a da água por conta da reação aplicada do seu corpo.

### 3.3 - 3ª Etapa - Análise

Na análise dos resultados, destacamos as ações dos alunos durante a intervenção de lançamento oblíquo da garrafa de plástico. Observamos que as variações na velocidade e na trajetória estão intrinsecamente ligadas às decisões iniciais tomadas pelos participantes, indicando uma compreensão ativa dos parâmetros do corpo do foguete e da base de lançamento.

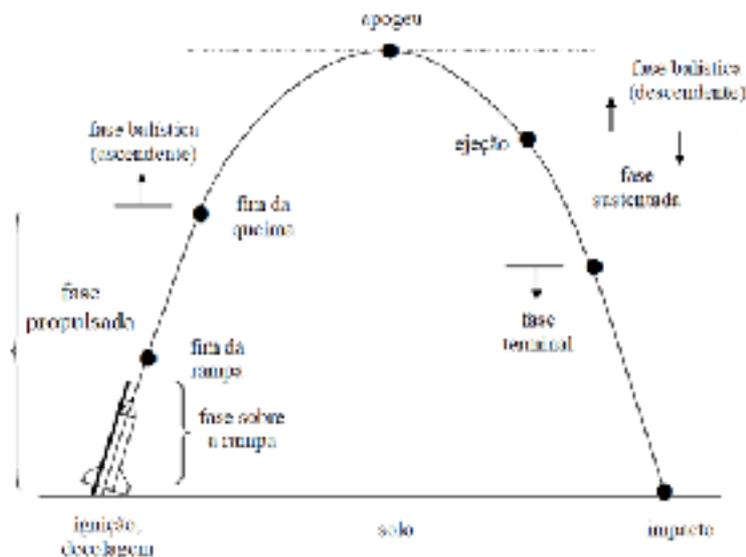
Figura 10 - Lançamento do Foguete



Fonte – Própria (2023)

Observamos que as variações na velocidade da trajetória, como o lançamento mostrado na figura 10, estão intrinsecamente ligadas às decisões tomadas pelos participantes, indicando uma compreensão ativa do papel de outros elementos externos como as condições atmosféricas no experimento. Ao examinarmos os gráficos individuais teóricos de cada lançamento, percebemos uma tendência comum: todos apresentaram uma trajetória inclinada, partindo de um ponto inicial e percorrendo uma curva simétrica.

Figura 11 - Explicação da Trajetória do foguete



Fonte – FOLTRAN (2013)

Como mostra na figura 11, a trajetória do foguete passa por vários estágios no seu percurso, assim fazendo uma parábola oblíqua de ascensão até o ponto mais alto, aí notamos consistência nas estratégias adotadas pelos alunos, resultando em uma queda teoricamente simétrica, evidenciando a aplicação prática dos conceitos aprendidos. A diversidade de resultados, influenciada pela configuração da garrafa, destaca a adaptabilidade e o aprendizado individual ao lidar com as nuances do lançamento oblíquo.

Figura 12 - Tempo de lançamento



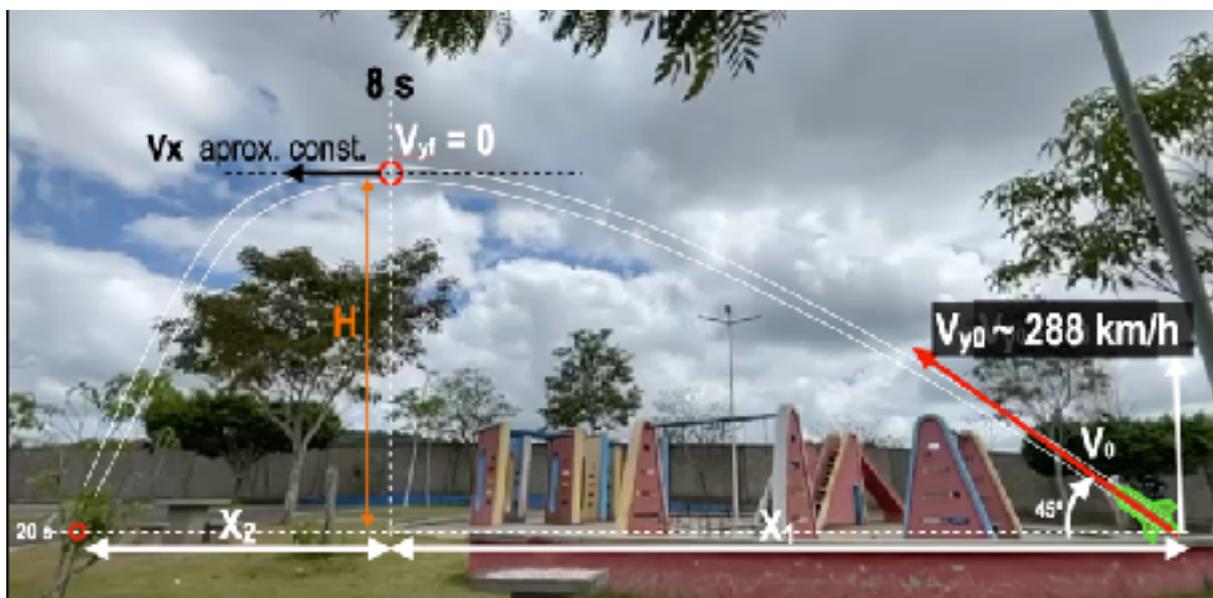
Fonte – Própria (2023)

Para uma compreensão mais aprofundada, elaboraremos um gráfico separado para visualizar e analisar detalhadamente o lançamento do foguete de garrafa PET destacada na figura 12. Foi trabalhada uma imagem de vídeo do lançamento onde pudemos medir a posição do foguete a cada segundo, utilizando o cronômetro da filmagem para marcar cada posição e assim termos um gráfico de distâncias percorridas durante a trajetória real de um lançamento de forma aproximada. dessas trajetórias, destacando a relação entre as diferentes variáveis de tempo e suas influências nos resultados obtidos.

Vamos aproveitar este lançamento para ilustrar as possibilidades de alguns cálculos aproximados de parâmetros reais do lançamento baseados em alguns desses dados.

Na figura 13, temos o mesmo lançamento com linhas guias dos parâmetros principais para a nossa exploração aqui do movimento.

Figura 13 - Parâmetros dinâmicos e do lançamento em tempo real (medidas aproximadas)



Fonte – Própria (2023)

Veja quantos parâmetros podemos discutir pelo que está ilustrado na figura 13. Além de podermos ir mais profundamente em questões que não aparecerem explicitamente na foto com aplicação de vetores e grandezas que estão ilustrados

diretamente. Vamos começar com uma aproximação: considerar este movimento como o de um lançamento simplificado de um projétil. Uma discussão mais simples com os estudantes de Educação Básica seria determinar a velocidade de lançamento do foguete, que já está descrita na figura 13, mas não foi medida nem era conhecida até as contas que fazemos a seguir. Vamos começar com a equação simples da mudança da velocidade no tempo devido a aceleração da gravidade que reduz a velocidade para cima (eixo y, ou  $V_{yf}$ ) a zero no topo da trajetória:

$$V_{yf} = V_{y0} + at$$

Queremos achar, pelo menos, a coordenada da velocidade inicial (de partida do foguete) para cima, tendo o tempo que o foguete levou para chegar no topo,  $V_{y0} = 0$ , e a aceleração da gravidade para baixo com valor em torno de  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , montada como:

$$0 = V_{y0} + 10 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \text{ s}$$

O que leva a uma velocidade aproximada na direção y,

$$V_{y0} = 80 \text{ m/s} = 288 \text{ km/h}$$

A velocidade na direção x,  $V_{x0}$ , também deve ter o mesmo valor aproximado, o que leva ao módulo da velocidade do foguete a  $45^\circ$  do solo em torno de  $V_0 \sim 300 \text{ m/s}$ , ou seja, velocidade de um carro de fórmula 1! Claro que essa velocidade pode mudar de foguete para foguete, de base e equipamento de lançamento para outro entre outras coisas. E o valor obtido é um valor aproximado uma vez que nenhum dos parâmetros foi medido com precisão, mas é o suficiente para discutir com os estudantes a relação entre a teoria e a prática. Primeiro, podemos tentar determinar os outros parâmetros como exercício teoria-prática. Mas a primeira consideração que fizemos que o movimento pode ser aproximado de um simples lançamento de projétil, pode dar uma diferença grande, sem perder a possibilidade da consideração. A outra tem a ver com as medidas dos parâmetros que no caso apresentado aqui, houve mudança no ângulo da tomada de imagem.

O fato de não ser exatamente um lançamento simples projétil, não quer dizer que não possa ser bastante útil para estudar o lançamento de foguetes em que a massa do corpo do "projétil" que nos interessa no problema seja variável.

É esperado uma trajetória parabólica, mesmo com pouquíssima variação. A geometria exagerada e assimétrica na fase de queda do foguete está ligada a uma

mudança de ângulo de filmagem que prejudicou o registro correto e mais preciso do rastro do foguete pelo método de análise gráfica de objetos que se movem no vídeo. Mas como o ângulo praticamente não mudou na primeira etapa do voo, consideramos que só a segunda foi prejudicada. A trajetória real foi do tipo mostrada na figura 14, uma parábola simétrica.

Figura 13 - Parâmetros dinâmicos e do lançamento em tempo real (medidas aproximadas)



Fonte – Própria (2023)

As variações que surgem vem da massa do foguete na condição estacionária na base de lançamento que em grande parte é da água. E antes de atingir o apogeu, praticamente toda água com gás comprimido já escapou e o que voa, aí sim, é mais parecido com um projétil simples, mas muito leve para desprezarmos os efeitos do vento e outras interferências ambientais. Mas são efeitos pouco percebidos (PhysicsForums, 2009). Essa mesma experiência pode ser utilizada em níveis mais avançados desse estudo como com os estudantes de física da universidade. Esses podem estudar efeitos mais profundos como a forte relevância da força de arrasto que prepondera principalmente na etapa de queda do foguete, quando está muito leve para vencer essa força com velocidade aproximadamente constante na direção horizontal,  $x$  ou paralela ao solo. Também podem ser estudados outros efeitos que extrapola este recurso pedagógico que queremos discutir aqui, mas essa importância fica mais para as considerações finais deste trabalho.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nas aulas de ciências, foi analisado a construção e lançamento de um foguete de garrafa PET para explorar o assunto do ensino das leis de Newton. Algumas forças previstas nela são de suma importância para a formação educacional dos estudantes. Um dos interesses de realizar essa pesquisa é sobre facilitar a observação das forças presentes.

Analisar a proposta de ensino da construção de foguetes de garrafas PET foi de grande relevância para nossa cidade, pois é o recurso unificado para todas as escolas municipais de Bom Jardim-PE, como fonte principal disponível para o processo de ensino-aprendizagem, de baixo custo, e com mais um efeito pedagógico de reutilização de embalagens descartáveis, visto que praticamente todas as escolas do município conseguem participar do torneio de lançamento de Foguete proposto pela MOBFOG.

Buscando atender essa inquietação, a metodologia foi embasada em uma pesquisa com objetivo exploratória, de abordagem qualitativa, de cunho descritivo e quanto aos procedimentos, foram do tipo técnico experimental, no estudo de caso de investigação e análise de lançamento de foguetes de garrafas PET.

Analisando o capítulo que se refere aos estudos das leis de Newton, foi possível identificar que a contextualização no lançamento facilita a compreensão dos conceitos aos quais as leis se referem, a aprendizagem desses conceitos já com os alunos do 9º ano dão uma base para o ensino médio com as definições e as atividades propostas nas construções.

Além disso, os materiais utilizados na construção são de serventia ao cotidiano, sendo eles reciclados, apropriam-se de uma apresentação do tipo: objetos visto com frequências, favorecendo a confecção do Foguete de garrafa PET, e mostrando aos alunos que eles são capazes de colaborar ao mesmo tempo com a reciclagem e a melhoria para um meio ambiente mais saudável para todas as espécies, numa educação mais ampla que traz conceitos e desenvolvimento de habilidades de sustentabilidade.

Cabe ressaltar que uma bomba do tipo manual para encher pneu é então usada para colocar ar na garrafa a uma determinada pressão estabelecida. Finalmente, o gatilho é ativado. A água é expelida, empurrando o foguete na direção oposta em

grande velocidade. Isso ocorre porque os foguetes funcionam com base na terceira lei de Newton, a lei da ação e reação. Essas forças têm a mesma intensidade e direção, mas estão em sentidos opostos.

Apesar da análise estar separada em três etapas, elas acontecem de uma forma mesclada, onde as três leis de Newton são notadas numa sequência da primeira para terceira reciprocamente, visto que todas as forças presentes no foguete são consideradas, pois o que se passa no lançamento envolve todas elas durante a jornada da garrafa percorrendo o ar nas várias fases: com toda massa (garrafa, aletas, água e ar pressurizado), esvaziando na primeira parte do percurso, atingindo o apogeu já praticamente vazia e caindo sob fortes efeitos do vento ou da força de arraste do ar no seu corpo leve.

A visita presencial ao Campus Sede da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE para participar dos lançamentos do grupo de estudo do Professor Antônio Carlos Miranda foi de suma importância, pois as técnicas utilizadas não são as mesmas, tendo assim relevância no lançamento do foguete, onde podemos ver que o uso da água dentro da garrafa é altamente relevante. Ao usarmos mais ou menos água o foguete ir bem mais alto e vencer uma distância horizontal bem significativa.

Sendo assim, o uso de materiais manipuláveis são os mesmos, mas as técnicas variam. Os conteúdos são bem relatados nos mesmos, podem ser de grande importância nesse processo ensino aprendizagem, pois as forças e as leis de Newton ficam mais fáceis de perceber e são bastantes aplicadas em nosso dia a dia.

Neste trabalho vimos o quão é importante o uso desse recurso experimental e pedagógico de baixo custo para estudantes principalmente de escolas públicas. Pois, garrafas PET usadas, água e ar com alguns pedaços de canos de PVC e restos de pastas plásticas descartadas podem ser encontrados ou adquiridos com facilidade em cidades com a minha (cidade em que moro) e fazem bem ao meio ambiente e principalmente ao desenvolvimento cognitivo e de habilidades práticas e científicas dos nosso estudantes.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p.176-194, jun. 2003.

BRASIL ESCOLA, **Lei de Newton**. <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/leis-newton.htm#:~:text=A%20Primeira%20Lei%20de%20Newton,por%20for%C3%A7as%20aplicadas%20sobre%20ele.%E2%80%9D>. Acesso em: 11 de Nov. 2023.

BRASIL. M. E. Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. **Ministério da Educação** – Educação Básica, Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: **MEC/SEF**, 1997. p.150.

Charles D, Leão D., Vieira F., Sergio L., “**Oficina**” de Foguetes - **Nível Ensino Médio**, 2014 Disponível em: <https://slidetodoc.com/oficina-de-foguetes-nve-ensino-midio-professores-responsveis/> Acesso em: 19 ago. 2023.

COSTA, Lucas Ferrari De Carvalho. **Relatório Final: Foguete de Água**. Universidade Federal de Campinas Instituto de Física “GLEB WATAGHIN”, Campinas, São Paulo, 2009.

DW Brasil. Notícias e análises do Brasil e do mundo. **13 de março de 1931**. Disponível em <https://p.dw.com/p/3HNj>. 2017. Acesso em: 1 jul. 2023.

FOGUETEPET. **Foguete de Garrafa PET - Como fazer?**. Produzido pela Licenciatura em Física - IFSC Araranguá. 2017. 1 vídeo (4:25 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=XGJRgMUJgyc>. Acesso em: 23 jun. 2023.

FOLTRAN. Antônio Carlos, **MINICURSO CÁLCULO DE TRAJETÓRIA DE FOGUETE COM APLICATIVO TRAJETÓRIA 2.0**. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de pesquisas Social**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOHN, M.G. **Educação não-formal na pedagogia social**. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE PEDAGOGIA SOCIAL, 1, 2006. Proceedings online... Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. Acesso em em 20 de dez de 20023: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000092006000100034&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000092006000100034&lng=en&nrm=abn)>.

HEIDEMANN, L.A.; Araujo, I.S.; Veit,, E.A. **Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o pro-cesso de modelagem científica no**

**ensino de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, V. 33, N. 1, Florianópolis: UFSC, 2016.

LAVOURAS, Daniel Fonseca, **RELATÓRIO DA I OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA**, I OBA, 1998.

MARINELI, F.; PACCA, J.L.A. **Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, 28(4), 497-505.

MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento: pesquisas qualitativas em saúde.** São Paulo (SP): Hucitec, 2014. 393p.

OBA. OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICAS, **O que é a M O B F O G ?**. Disponível em: <http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&pag=conteudo&idconteudo=586&idcat=29&subcat=>. Acesso em: 23 jun. 2023.

PLANETA DOS ALUNOS, **Como Fazer um Foguete de Garrafa Pet**, 2014 Disponível em : <https://planetdosalunos.wordpress.com/2014/10/23/como-fazer-um-foguete-de-garrafa-pet/> . Acesso em: 19 ago. 2023.

PhysicsForums. **Parabolic trajectory of a rocket.** 6 de Janeiro de 2009. Disponível em <https://www.physicsforums.com/threads/parabolic-trajectory-of-a-rocket.283306/#>. Acesso em 27 de jan. 2024.

Reference: <https://www.physicsforums.com/threads/parabolic-trajectory-of-a-rocket.283306/#>

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre (RS): Penso, 2013. 624p.

SILVA, O.; OLIVEIRA, J.; QUEIROZ, S. **Abordagem CTS no ensino médio: estudo de caso com enfoque sociocientífico.** Livro CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas. Editora UnB, p. 323-346, 2006.

TADAKI, T. **Estudo Aprofundado do Foguete de Água. Blog** Disponível em: <https://2newtons.blogspot.com/2015/05/estudo-aprofundado-do-foguete-de-agua-3.html> , 2015. Acesso em: 19 ago. 2023.

YIN. R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.