



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

**LANÇAMENTO DE FOGUETE DE PROPULSÃO A ÁGUA E
AR COMPRIMIDO: uma aplicação didática para alunos do
ensino fundamental II (anos finais)**

Suzana Ferreira da Silva

Surubim

2023



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

**LANÇAMENTO DE FOGUETE DE PROPULSÃO A ÁGUA E
AR COMPRIMIDO: uma aplicação didática para alunos do
ensino fundamental II (anos finais)**

Suzana Ferreira da Silva

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 parcial para
obtenção do grau de Licenciada em Física.

Orientadora: Dr^a. Flávia Portela Santos

Surubim

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586l

Silva, Suzana Ferreira da

LANÇAMENTO DE FOGUETE DE PROPULSÃO A ÁGUA E AR COMPRIMIDO: uma aplicação didática para alunos do ensino fundamental II (anos finais) / Suzana Ferreira da Silva. - 2023.
17 f. : il.

Orientadora: Flavia Portela Santos.

Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Física, Recife, 2024.

1. Leis de Newton; . 2. lançamento de foguetes; . 3. atividade experimental. I. Santos, Flavia Portela, orient. II. Título

CDD 530

Suzana Ferreira da Silva

**LANÇAMENTO DE FOGUETE DE PROPULSÃO A ÁGUA E
AR COMPRIMIDO: uma aplicação didática para alunos do
ensino fundamental II (anos finais)**

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 parcial para
obtenção do grau de Licenciadoa em Física.

Aprovado em 29 de dezembro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Dr^a Flávia Portela Santos (UFRPE)

1º Examinador(a): Me. Abdias José da S. Filho (Colaborador UFRPE)

2º Examinador(a): Dr. Francisco Luiz dos Santos (UFRPE)

AGRADECIMENTOS

O curso de física sempre me atraiu, mas por afinidade e oportunidades realizei a primeira graduação em matemática. Contudo, em 2020, iniciei o curso de física nesta instituição e pelo seu formato EAD pude conciliar com trabalho e família. Não foi fácil, mas com o apoio de algumas pessoas pude chegar até aqui.

Agradeço primeiramente a Deus, pela bençãos concedidas ao longo desses 4 anos de graduação. Juntamente, agradeço à minha filha que apesar da pouca idade teve a paciência nos momentos em que tive que me ausentar para realizar atividades do curso de física. Ainda em família, agradeço ao meu pai pelo apoio nos momentos que precisei, sendo um suporte para dificuldades enfrentadas na vida.

Além da família, agradeço também aos amigos que motivaram e ajudaram de forma indireta ou direta na conclusão desta etapa. Em especial, minha amiga Josenaide que, mesmo com sua vida e impasses, estava prestativa em me apoiar na vida.

Também, não poderia deixar de evidenciar, os agradecimentos à professora orientadora Flávia Portela que me motivou a produção deste trabalho mesmo quando não parecia ser possível a sua conclusão e entrega e, também, a oportunidade de ter conhecido a orientadora em aulas e na coordenação, pois, é uma profissional dedicada e muito competente no que faz. Ainda mais, agradeço aos outros professores que ao longo do curso tiveram paciência e contribuíram na minha formação.

Por fim, sou grata por todos que auxiliaram, seja de forma direta ou indireta, no desenvolvimento deste processo.

LANÇAMENTO DE FOGUETE DE PROPULSÃO A ÁGUA E AR COMPRIMIDO: uma aplicação didática para alunos do ensino fundamental II (anos finais)

Suzana Ferreira da Silva

Autor(a) do Trabalho de Conclusão de Curso
Licenciatura em Física UAEADTec
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE
suzana.ferreira@ufrpe.br

Flávia Portela Santos

Orientador(a) do Trabalho de Conclusão de Curso
Licenciatura em Física UAEADTec
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE
flavia.portela@ufrpe.br

RESUMO

Este trabalho traz um relato de experiência no desenvolvimento do ensino da física com alunos do 8º e 9º anos do ensino fundamental II (anos finais) através de experimentos, utilizando materiais de baixo custo para o entendimento do funcionamento dos foguetes através de seu lançamento com aparato experimental. A metodologia envolveu a aplicação didática de seis aulas com alunos do Ensino Fundamental II (anos finais) em uma disciplina eletiva de uma escola municipal de ensino integral de Igarassu – PE. Os foguetes desempenharam e desempenham um papel importante para a humanidade. Ao longo da história, ele já auxiliou em guerras, já proporcionou o deslocamento de objetos e pessoas e, diariamente, tem contribuído no lançamento de satélites para, por exemplo, atuar no funcionamento dos GPSs. Para fins didáticos, podemos construir o foguete de várias formas e com diversos materiais, como garrafas PET, usando como combustível algo comum e fácil, a água. Nesta pesquisa, foi construído o aparato experimental para lançamento de foguete e sua base de lançamento possuindo mecanismo de propulsão à água e ar comprimido. Com esse tipo de experimento, podemos observar a ação das forças que atuam neste fenômeno e a aplicação das leis de Newton. Diante dos resultados, pode-se afirmar que atividades como essas estimulam os estudantes e instigam sua curiosidade no desenvolvimento da aprendizagem, sendo muito pertinente a prática experimental para o ensino da física.

Palavras-Chave: Leis de Newton; lançamento de foguetes; atividade experimental

1 INTRODUÇÃO

Os conteúdos de física são trabalhados a partir da educação básica, estando dentro da área de ciências no ensino fundamental, e de forma mais específica no ensino médio, em que compõe uma disciplina solo. Em ambas as etapas, o ensino da física, enquanto componente das ciências da natureza, tem o propósito de fazer os estudantes compreenderem o desenvolvimento dos fenômenos naturais do nosso universo, ampliando suas habilidades e conhecimentos, instigando a interpretação e a resolução de problemas, bem como aperfeiçoamento nos processos produtivos voltados à minimizar os impactos socioambientais e melhorar as condições de vida (BRASIL, 2018).

Além da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), nos indicam que o ensino da física deveria acontecer de forma ampla e com estratégias diversificadas, para despertar o interesse dos estudantes. Por isso, é importante que os professores desenvolvam atividades diferenciadas, que trabalhem teorias e práticas de forma contextualizada, atrelando por sua vez ações experimentais para estudo do conteúdo. Porém, como afirma Moreira (2017), o ensino da física tem enfrentado vários desafios, estando entre estes espaços apropriados para a experimentação educacional.

Nas disciplinas da área das Ciências da Natureza, como a física, é comum haver distinção entre aulas teóricas e aulas experimentais, contudo, elas são complementares. Isso significa que, o uso da experimentação no ensino da física não elimina a teoria, pelo contrário, auxilia o aluno em uma melhor compreensão e assimilação dos conteúdos, uma vez que instiga que eles testem hipóteses e resolvam problemas, o que contribui para o desenvolvimento de competências e habilidades (NASCIMENTO; UIBSON, 2021).

Ainda, nos estudos Welder Damasceno dos Santos (2022), observa-se que as atividades experimentais da física possibilitam ao professor atuar como mediador entre o assunto ministrado e o aluno, e ainda vincular o conteúdo à aplicação na vida cotidiana. Afinal, nas atividades experimentais, o aluno é instigado a ir além do mundo dos conceitos e do mundo das “linguagens”, tendo a oportunidade de relacioná-las com seus conhecimentos empíricos.

No cenário do fundamental II (anos finais), com base em observações trazidas por Massoni, Barp e Dantas (2018), apesar do componente curricular da física ser abordado de forma introdutória, como estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para Educação Básica – DCNGEB (BRASIL, 2010), no Ensino Médio, o tratamento desta ciência deve ser

aprofundado, demandando uma diversificação das estratégias de ensino. Neste contexto, a experimentação utilizada no estudo da física, também nas aulas de ciências, poderá ajudar de forma considerável os estudantes na compreensão dos conceitos físicos e dos fenômenos naturais contidos em seu cotidiano e no universo.

Contudo, o professor, ao buscar práticas experimentais, pode se deparar com alguns desafios, como falta de preparo em sua formação, falta de equipamentos e locais adequados para sua aula ou até mesmo complicações em adequação do tempo e cumprimento do currículo determinado pelos documentos educacionais para aqueles anos de ensino.

Assim, a proposta deste trabalho foi de desenvolver o ensino da física com alunos do 8º e 9º anos do ensino fundamental II (anos finais) através de experimentos, utilizando materiais de baixo custo para o entendimento do funcionamento dos foguetes através de seu lançamento com aparato experimental. De forma específica, o estudo relata a experiência da intervenção didática, apresentando a construção de um aparato experimental, realizada pelos alunos, bem como a abordagem de conceitos físicos relacionados ao mecanismo do lançamento do foguete, com destaque as leis de Newton.

1.1 Funcionamento do foguete

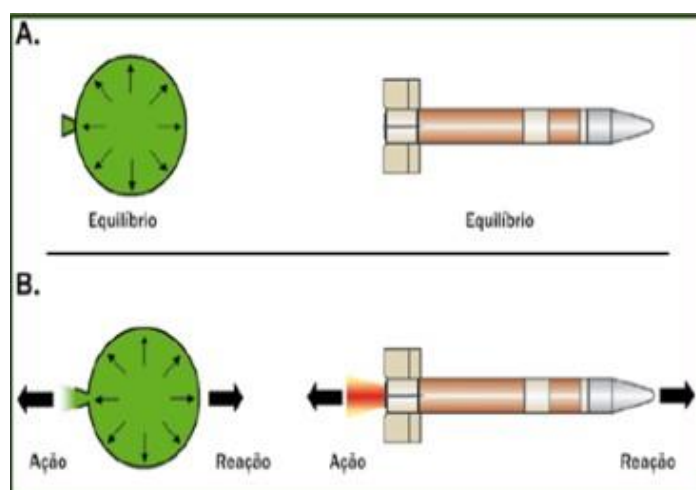
Os primeiros foguetes eram de origem chinesa e compostos por tubos de bambu, com base em uma substância semelhante à pólvora. Os chineses foram os pioneiros a experimentar tubos carregados de pólvora com finalidade militar, onde puderam descobrir que esses tubos, contendo pólvora, podiam ser lançados impulsionados pelos gases liberados pela reação química. Os foguetes mais avançados que foram desenvolvidos, conhecidos como mísseis balísticos, foram criados para fins militares. Somente durante a transição do século XIX para o século XX é que se destacaram os primeiros cientistas que utilizaram os foguetes como propulsores de veículos espaciais para avançar na astronomia (OLIEIRA, 2008).

O termo foguete é empregado para designar um propulsor que consome reagentes e libera gases de combustão pela parte traseira do veículo. Sua distinção em relação a um motor a jato reside no fato de possuir seu próprio oxidante, que empurra o ar e supre o fornecimento de ar (BARBOSA et al, 2013). Simplificando, um foguete é uma câmara com gás comprimido em seu interior. Um pequeno orifício em uma das extremidades da câmara permite que os gases escapem, proporcionando força para impulsionar o foguete na direção oposta (NASA, 2001).

Para entender como funciona um foguete, podemos compará-lo a uma bexiga. Uma vez cheia, o ar é liberado e a bexiga se move na direção oposta à liberação do ar. Um foguete lançado ao espaço se comporta de forma similar. Isso ocorre porque os foguetes operam com base na terceira lei de Newton, a lei da ação e reação. Essas forças são iguais em intensidade e direção, mas opostas em direção (OLIVEIRA, 2008).

Quando enchemos a bexiga e a prendemos, o ar dentro dela exerce uma pressão de dentro para fora e a pressão atmosférica exerce uma pressão de fora para dentro, deixando a bexiga equilibrada, como mostra a Figura 1A. Quando abrimos a saída da bexiga, o ar escapa (ação) e a bexiga é empurrada na direção oposta (reação). A situação é semelhante ao caso do foguete, diferindo só na direção no lançamento, pois, como podemos observar na Figura 1B, a bexiga não possui bico e o seu material de borracha não é rígido, logo, ela acaba indo em direção desgovernada até ficar sem ar (OLIVEIRA, 2019).

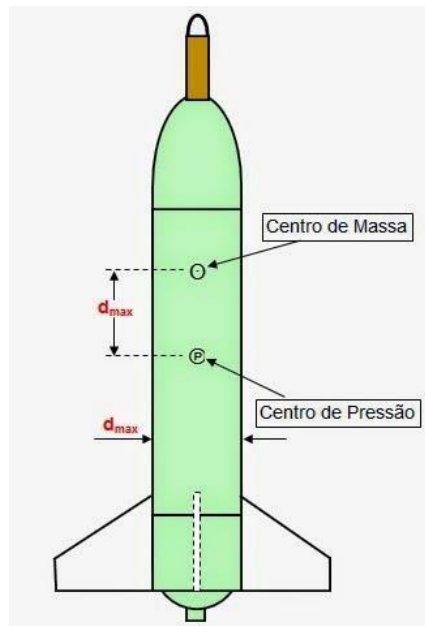
Figura 1. Balão x foguete



Fonte: NOGUEIRA et al. (2009)

Quando um foguete de garrafa PET é construído pode-se observar dois pontos importantes, o Centro de Massa (CM) e o Centro de Pressão (CP). O CM, “é o ponto que se move como se toda a massa do sistema estivesse concentrada nesse ponto e todas as forças externas estivessem aplicadas nesse ponto” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008, p. 218). O CP, por outro lado, é o ponto “onde todas as forças aerodinâmicas externas, que nele atuam, estão centralizadas e só existam enquanto o foguete está passando através do ar” (OLIVEIRA, 2019, p. 37). A localização desses pontos no corpo do foguete é determinada por uma série de fatores, incluindo o comprimento e formato da carenagem do foguete (nariz), o seu próprio comprimento e, principalmente, as dimensões e formato da aleta (YAMAMOTO; YAMAMOTO, 2014).

Figura 2. Centro de massa e pressão



Fonte: YAMAMOTO (2014)

Se soltarmos apenas a garrafa PET como foguete, a tendência é ela girar e rolar, sofrendo uma força maior de arrasto (puxando o foguete para trás). Por isso, as posições relativas do centro da massa e do centro de pressão influenciam na estabilidade (E) de um foguete. Como observamos na Figura 2, mais próximo do nariz teremos o centro de massa, ficando atrás o centro de pressão, de forma que a distância entre o CM e o CP seja igual ao diâmetro externo máximo (d_{max}) do corpo principal do foguete (YAMAMOTO; YAMAMOTO, 2014).

Sobre as forças que atuam num foguete em voo, temos basicamente quatro, como ilustra a Figura 3. Segundo o Clube de Voo Livre do Litoral Paulista – CVLLP (2018) e Halliday, Resnick, Walker (8ª ed.), podemos descrever essas forças da seguinte forma:

- **Peso:** é uma força direcionada ao centro da Terra, ou seja, a gravidade.
- **Arrasto:** o ar se opõe ao movimento do avião e essa resistência é chamada de arrasto (ou atrito). A direção do impulso é sempre oposta à direção do voo e a força de arrasto atua através do centro de pressão.
- **Empuxo:** é a força de ação que impulsiona o foguete. Essa força está presente quando um líquido exerce sobre um objeto tendo uma diferença de pressão através do objeto. Sendo o empuxo que impulsiona os foguetes pelo espaço.
- **Sustentação:** ocorre quando o ar acima de um objeto, como a asa de um avião, deslocasse a uma velocidade mais elevada do que o ar abaixo dele, resultando em uma diferença de pressão (força do ar) entre a parte superior e inferior. Essa força é necessária para

equilibrar o peso. Em um modelo de foguete convencional, o nariz, a fuselagem e as aletas funcionam como geradores de sustentação.

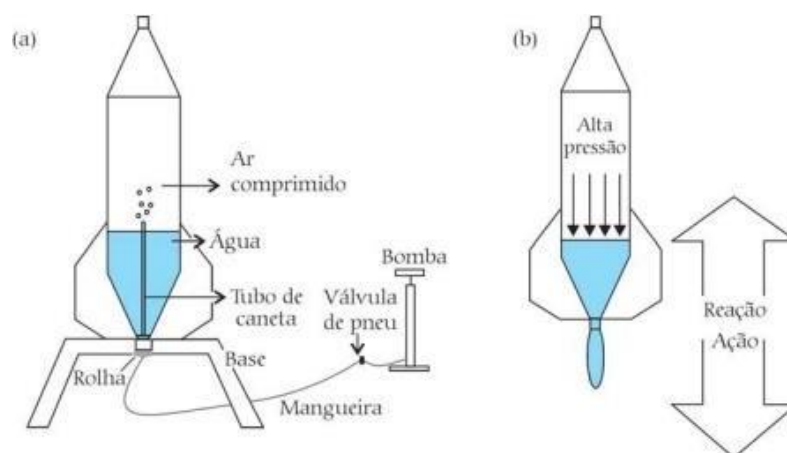
Figura 3. Forças atuantes no foguete



Fonte: SARRADET JR (2009).

Para fins didáticos, podemos construir o foguete de várias formas e com diversos materiais, como garrafas PET, usando como combustível algo comum e fácil, a água. Nesta pesquisa, foi trabalhado o aparato experimental para lançamento de foguete com base de lançamento possuindo mecanismo de propulsão à água e ar comprimido.

Figura 4. Ilustração do mecanismo de funcionamento de foguete por propulsão a água e ar comprimido.



Fonte: Souza (2007)

Como ilustra a figura 4, com esse tipo de experimento, podemos observar as forças de atuação e a associação das leis de Newton com o funcionamento do foguete. No início, antes do lançamento, o foguete está em repouso. Após o lançamento, a força (empuxo) deve ser grande o suficiente para superar a força peso, vencendo a gravidade e, assim, o foguete começa a se mover. Dessa forma, ao bombear e soltar, o foguete é forçado a se mover (reação) na direção oposta ao empuxo (ação), conforme descrito pela terceira lei de Newton. (OLIVEIRA, 2019)

Segundo Lima (2010), pela segunda lei de Newton, a força resultante que atua no foguete é calculada como a diferença entre o empuxo (para cima) e o peso do foguete (para baixo), uma vez que, para o deslocamento do foguete, o empuxo gerado pelo motor deve ser maior que a gravidade que atua sobre o foguete. Logo, $\vec{E} - \vec{P} = m \times a$.

Dessa forma, com o mecanismo a base de garrafa, água e ar pressurizado, podemos construir diferentes roteiros de aula para trabalhar com alunos os conceitos básicos até os conceitos mais elaborados, com cálculos matemáticos, possibilitando aplicação desde a educação básica à educação superior.

Em Pernambuco, o projeto “Desvendando o céu astral”, orientado pelo professor Drº Antônio Carlos da Silva Miranda atuante na Universidade Federal Rural de Pernambuco, trabalha com diversas atividades no campo da astronomia voltadas para estudantes da educação básica até nível superior. O projeto visita escolas de diversas áreas do estado com diversas dinâmicas, como observação de telescópio, debates sobre astronomia e, inclusive, lançamento de foguetes, explorando a sua construção até o seu lançamento, proporcionando que os estudantes possam conhecer a astronomia e entendam a sua importância para a sociedade.

1.2 A importância do desenvolvimento de foguetes

Construir ou trabalhar com foguetes é certamente um dos temas que desperta curiosidade em diversas pessoas, mesmo que na infância. Hennemann (2016) em sua discussão sobre a importância da pesquisa e desenvolvimento de foguetes, nos mostra que, até recentemente, a ideia de trabalhar com foguetes era algo mais fantasioso pela falta de conhecimento e de oportunidades, fazendo com que muitos buscassem outros caminhos na engenharia, física e áreas afins. Porém, é importante para estas áreas que esse tema seja abordado.

Além disso, como mostra Ingrid Vogl (2017) em sua reportagem sobre a Escola Estadual Barão de Ataliba Nogueira, no Jardim Magnólia em Campinas/SP, a atividade de

lançamento de foguetes possibilita o aprimoramento dos vínculos entre alunos e professores. Os relatos dessa atividade destacaram ainda que “a atividade trouxe a diminuição dos problemas de relacionamento dentro da escola. Além disso, a ação ainda envolve questões como preservação do meio ambiente e economia, já que não demanda recursos financeiros e trabalha com materiais recicláveis”, contou a coordenadora da escola na reportagem.

Por outro lado, atualmente, existem muitas competições de amostra de lançamento de foguetes que permitem premiações desde o ensino fundamental até nível superior. As escolas, com essas competições, estão cada vez mais motivadas em desenvolver atividades na área de astronomia, explorando os foguetes. A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), é uma das que mais se destaca, visto que sua abrangência vai da teoria à prática, com diferentes modalidades em sua competição, premiando todos os estados brasileiros.

Os foguetes de forma geral são muito importantes para a humanidade. Ao longo da história, ele já auxiliou em guerras, já proporcionou o deslocamento de objetos e pessoas e, atualmente, diariamente tem contribuído no lançamento de satélites, os quais possuem uma infinidade de funções, como fazer nossos GPSs funcionarem, fornecer sinal de televisão, internet, telefone e muitas outras coisas (Planetário de Vitória, 2023). Por isso, esta é uma temática muito importante que precisa ser explorada desde a educação básica.

Além disso, como mostra os estudos de Massoni, Barp e Dantas (2018), muitos dos professores que assumem a disciplina de ciências são formados em ciências biológicas ou química, de forma que destes nem todos se sentem preparados para abordar a física em suas aulas, dando ênfase aos outros dois componentes curriculares da ciência. Por isso, é importante o investimento em pesquisas que abordem o ensino da física em turmas do Ensino Fundamental II que possam contribuir para os docentes de ciências, independentemente de sua formação, de forma a ensinar a física de forma coerente, dinâmica e significativa para os estudantes.

2 METODOLOGIA

Este trabalho traz um relato de experiência por “tratar-se de uma vivência acadêmica e/ou profissional, cuja característica principal é a descrição da intervenção aplicada” (MUSSI; FLORES; ALMEIDA, 2021, p. 65). A abordagem adotada na atividade desenvolvida contou com uma aplicação didática em sala de aula com 30 alunos matriculados nos 8º e 9º anos do Ensino Fundamental II (anos finais) em uma disciplina eletiva intitulada “Experimentando a física: desvendando os mistérios do universo” em uma escola municipal de ensino integral de Igarassu – PE.

A proposta foi trabalhada em seis aulas, com a seguinte dinâmica:

- 1º aula: Aplicação de questionário de sondagem (Quadro 1) sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre a temática.

Quadro 1. Atividade de diagnose

Seção 1 – Conceitos físicos	
Pergunta 1:	Descreva suas concepções acerca de: a) Força: b) Força resultante: c) Força de arrasto: d) Força de empuxo: e) Força de sustentação f) Massa g) Peso:
Seção 2 – Leis de Newton	
Pergunta 2:	Você sabe quem foi Newton e quais são suas três leis na área da dinâmica?
Seção 3 – Lançamentos	
Pergunta 3:	O que é astronomia para você?
Pergunta 4:	Já pensou em ser astronauta?
Pergunta 5:	O que você entende por lançamento?
Pergunta 6:	Pense no foguete, como você acha que eles são lançados?

Fonte: A autora.

- 2º aula: Construção dos foguetes com garrafas PET.
- 3º e 4º aulas: Construção da base de lançamento pelos alunos.
- 5º aula: Lançamento de foguete em paralelo com a discussão sobre o seu funcionamento, explorando as leis de Newton.
- 6º aula: Formalização dos conceitos novos e aplicação de questionário de verificação de aprendizagem.

Quadro 2. Atividade de verificação de aprendizagem

Seção 1 – Conceitos físicos	
Questão 1:	O que você entende por força de arrasto?
Questão 2:	O que seria força de empuxo?
Questão 3:	Explique com suas palavras como acontece o lançamento de foguetes por propulsão a água e ar comprimido?

Questão 4:	Qual a lei que mais se destaca na explicação do lançamento do foguete?
Seção 2 – Avaliação de atividade	
Questão 5:	O que você achou da metodologia adotada nestas aulas? () Ótima () Boa () Regular () Ruim () Péssimo
Questão 6:	O que você destaca como positivo?
Questão 7:	O que você melhoraria? Deixe sugestões

Fonte: A autora.

Com isso, foram desenvolvidos conceitos físicos através da construção, aplicação e observação experimental do lançamento de foguetes. Além disso, ocorreu o emprego de diagnose, verificando conhecimentos prévios e a aprendizagem desenvolvida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensino da física é muito importante para o desenvolvimento do aluno. Buscando a participação ativa dos estudantes, a intervenção didática a seguir relatada procurou desenvolver conceitos físicos em seis aulas de forma a promover o protagonismo estudantil na construção dos aparatos experimentais desenvolvendo atividades práticas com lançamento de foguetes.

- Aula 1: Diagnose

Segundo Moreira e Masini (2001, p. 19) “A aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto se relacionar a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva”. Dessa forma, inicialmente foi proposto um questionário para investigar os conhecimentos prévios dos estudantes para auxiliar nas discussões ao longo das aulas.

Com isso, a primeira seção de perguntas questionou sobre as concepções que os alunos tinham sobre alguns conceitos físicos. Assim, a primeira pergunta, como mostra o Quadro 1, pediu para descrever as suas concepções acerca de força, força resultante, força de arrasto, força de empuxo, força de sustentabilidade, massa e peso. As resoluções para esse bloco mostraram que os estudantes já possuíam conhecimentos prévios sobre conceitos físicos, de forma que 90% apresentaram respostas satisfatórias. Por outro lado, dentre os termos questionados, os alunos mostraram ainda fragilidades nas definições de força de empuxo e força de arrasto.

A segunda seção investigou o conhecimento deles sobre as leis de Newton, indagando “Você sabe quem foi Newton e quais são suas três leis na área da dinâmica?”. Todos afirmaram ter conhecimento do cientista e que lembravam já ter sido abordado sobre ele, tanto nas aulas da eletiva, para todo o grupo, como também nas aulas de ciências da escola, para um pequeno grupo. Quanto às leis de Newton, os estudantes relataram terem estudado o assunto no começo das aulas da eletiva. Eles descreveram a primeira como a lei da inércia. Sobre a segunda lei, a maioria a descreveu pela fórmula $\vec{F} = m \times a$. A terceira lei foi reconhecida como a lei da ação e reação.

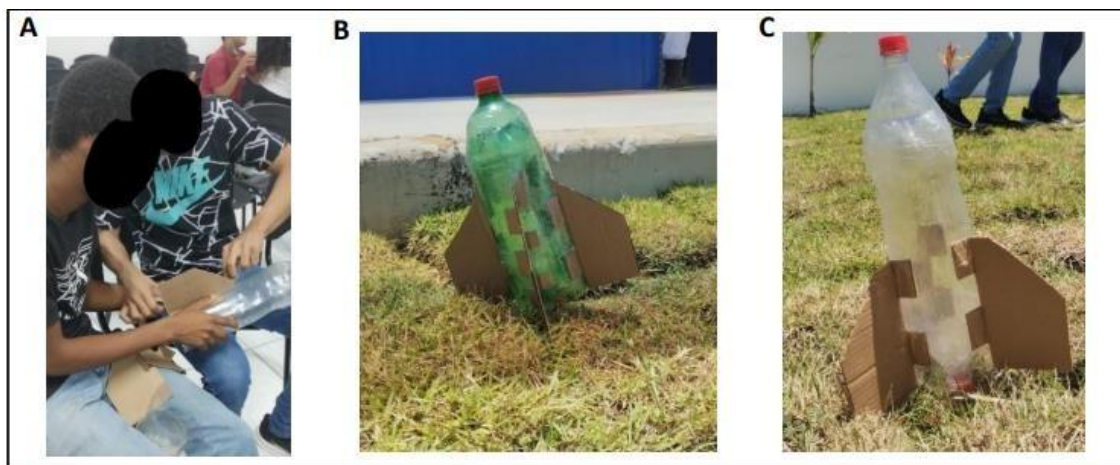
A terceira seção constituiu em analisar o que os alunos pensam sobre a área de astronomia e sobre o mecanismo do lançamento de foguetes. A pergunta inicial era sobre o que seria a astronomia para eles, e a resposta para a maior parte do grupo foi que esta trata-se de uma ciência que estuda o espaço. Em seguida foi questionado se eles já sentiram vontade de serem astronautas. Sobre isso, 40% do grupo demonstrou que tem ou já teve vontade, 55% afirmaram que nunca quiseram ser astronautas, mas que se interessariam pelo assunto e 5% disseram que nunca pensaram e que não possuem tanto interesse na área. Em sequência, foi questionado “o que você entende por lançamento?”, “pense no foguete, como você acha que eles são lançados?” Boa parte respondeu que imagina o lançamento como algo que aplica uma força e joga o objeto em alguma direção e, no caso dos foguetes, eles seriam lançados pegando impulso em alguma base, sendo lançados na vertical.

Após essa análise, percebeu-se que os estudantes já possuíam uma base de conhecimentos, possibilitando o desenvolvimento de uma aula mais dinâmica, sem precisar voltar tanto aos conceitos antigos.

- Aula 2: Confecção do foguete

Os materiais utilizados para a construção dos foguetes foram: garrafas PETs de 1 L ou 2 L, fita, tesoura e papelão para aleta. Para cada foguete foram usadas duas garrafas e 3 ou 4 aletas. Os alunos foram divididos em quatro grupos e cada um ficou responsável por um foguete. A construção foi sendo guiada pelas orientações da professora e eles foram confeccionando de acordo com as instruções passadas usando o material disponibilizado, como mostra a Figura 5A. As instruções tiveram como inspiração de um vídeo do Youtube (https://youtu.be/XGJRgMUYgyc?si=2v8_lAtlSOKhuc2I) desenvolvido por estudantes de licenciatura em física do IFSC.

Figura 5. A - Processo de construção do foguete. B - Foguete com Garrafa PET de 1 L. C – Foguete com Garrafa PET de 2 L.



Fonte: A autora (2023)

Nas Figuras 5B e 5C podemos observar o resultado da construção dos foguetes, com as garrafas PET de 1 L e 2 L, respectivamente.

- Aula 3 e 4: Construção da base de lançamento

O material utilizado para cada base foi: cano de PVC de 40 mm e 20 mm, 1 T e 2 joelhos de cano de 20 mm, 1 ventíl de pneu radial, 1 registro de cano de PVC de 20 mm, 7 braçadeiras de Nylon, serra e cola para cano, 1 braçadeira de mangueira de gás, régua, fita adesiva e furadeira. Foi disponibilizado material para dois grupos e um vídeo (<https://youtu.be/Arua4ph8Qzk?si=O8duW2V1Icmy0jRw>) com as instruções de como construir. Cada passo foi supervisionado para não haver riscos de qualquer ordem, incluindo o uso da furadeira que foi feito apenas pela autora da pesquisa.

Os alunos se mostraram empolgados com a construção, por tratar-se de um aparato mais elaborado e com uma estrutura a qual eles sozinhos, com as instruções, precisariam construir desde o início. Os dois grupos foram desenvolvendo bem, contudo, o grupo B acabou quebrando o registro quase no final da aula. Dessa forma, ambos os grupos utilizaram a base de lançamento construída pelo grupo A mostrada na Figura 6.

Figura 6. Base de lançamento



Fonte: A autora (2023)

- Aula 5: Lançamento do foguete

Para o lançamento dos foguetes foram utilizados os seguintes materiais: a base de lançamento, uma bomba de pneu de bicicleta, água e os foguetes de garrafa PET. Foram preenchidos com água aproximadamente $\frac{1}{3}$ de cada foguete e posto um pouco de água (em média 300 mL) no nariz do foguete, para proporcionar a concentração do centro massa na garrafa PET e proporcionar uma maior estabilidade. Com o registro fechado, foi introduzido o foguete e a bomba de enchimento na base. Em seguida, um aluno por vez, bombeou até atingir a pressão necessária e soltou o foguete, observando o seu lançamento, como mostra a Figura 7.

Figura 7. Sequência de imagens do vídeo de lançamento



Fonte: A autora (2023)

Os estudantes ficaram animados e ansiosos para soltar o foguete. Durante os lançamentos, foi discutido o porquê e como o foguete estava deslocando. Sobre esta discussão, primeiramente eles levantaram a hipótese que a pressão da água estava sendo maior por causa do acúmulo nos canos. Em seguida, alguns comentaram que o foguete era lançado pela

compressão do ar dentro da garrafa quando bombeada, até que, com os diálogos, conseguiram associar o acontecimento à lei de ação e reação.

- Aula 6: Atividade de verificação de aprendizagem

Finalizando a intervenção didática, ocorreu a aplicação do questionário de verificação de aprendizagem, o qual objetivou analisar a evolução dos alunos perante os conceitos físicos abordados e obter um feedback sobre suas considerações diante da metodologia adotada.

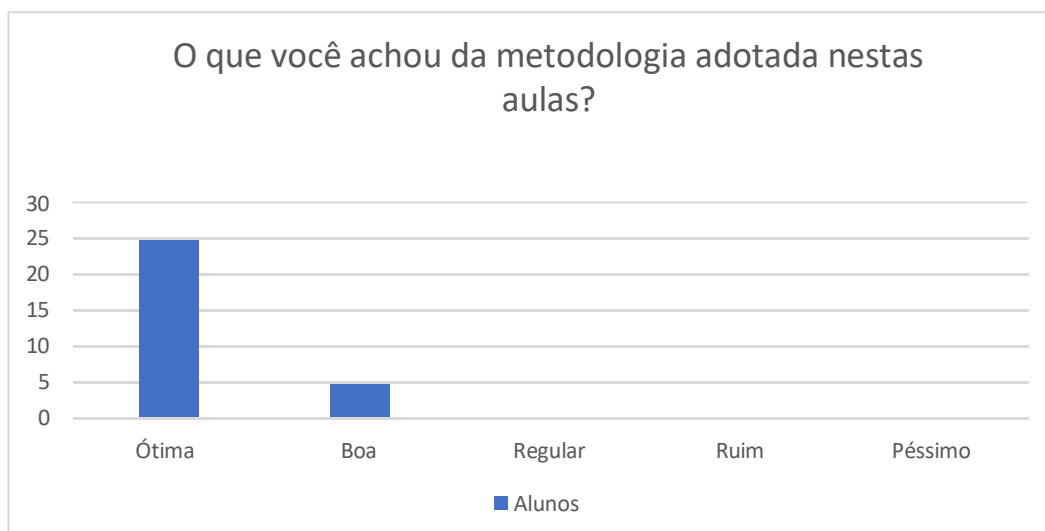
Na primeira e segunda pergunta (Quadro 2), os estudantes foram indagados sobre a força de arrasto e de empuxo, visto que foram os dois conceitos que eles apresentaram menor conhecimento na diagnose inicial. Dessa forma, comparando as respostas anteriores com as entregues nesta etapa, percebe-se uma evolução. Sobre o empuxo, por exemplo, seguem alguns relatos: “a força de empuxo é a força que aparece quando a gente coloca um objeto submerso em algum fluido e esse fluido empurra o objeto em posição oposta à força de arrasto” (Estudante A); “podemos dizer que a força de empuxo é a força para cima que um objeto sofre ao estar imerso em um líquido e essa força é igual ao líquido deslocado” (Estudante B). Sobre a força de arrasto, eles afirmam que “essa força é a resistência que o objeto encontra ao se mover através de um líquido como a água e é oposta à força de empuxo” (Estudante B) ou, ainda, que “a força de arrasto é como uma “força de atrito” que causa uma resistência no líquido ou gás que o objeto tá inserido” (Estudante C).

Na terceira pergunta, foi pedido para que os estudantes explicassem com suas palavras como funciona o mecanismo do lançamento do foguete por propulsão a água e ar comprimido. Os estudantes relatam que, “quando o foguete é posto na base e bombeado, o ar comprimido empurra a água para baixo fazendo com que o foguete seja lançado para cima” (Estudante A). Dessa forma, “o foguete vai funcionar com água e com a pressão do ar, onde o foguete é lançado como uma reação a água que é liberada” (Estudante D).

Na quarta questão, 100% dos alunos responderam que a terceira lei de Newton se destaca na explicação do mecanismo do lançamento do foguete.

Assim, após as perguntas sobre os conceitos físicos envolvidos, a seção 2 trouxe uma avaliação dos alunos perante a metodologia adotada neste projeto. Na questão 5, aproximadamente 83% dos estudantes disseram que a metodologia adotada foi ótima e os outros 17% afirmam ser boa, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1. Questão 5



Fonte: A autora (2023)

Dentre os pontos positivos que se destacaram, eles citaram a confecção do aparato experimental, o lançamento do foguete, a sugestão da temática abordada e o protagonismo dos alunos no desenvolvimento das atividades.

Quanto às sugestões de melhoras, dos que pontuaram algo, responderam que seria interessante mais material para que fossem divididos em grupos de 2 ou 3 alunos para a confecção dos aparatos e, assim, ter uma participação mais integral de todos em todas as etapas da construção.

Com a experiência vivenciada, destacando a participação ativa dos estudantes e a construção do conhecimento ao longo das aulas, pode-se afirmar que atividades como essas estimulam os estudantes e instigam sua curiosidade no desenvolvimento da aprendizagem, sendo muito pertinente a prática experimental para o ensino da física.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os lançamentos de foguetes são importantes na exploração espacial, proporcionando descobertas e avanços científicos. Dessa forma, é valioso que essa temática seja explorada na educação básica e que os alunos possam compreender melhor o universo astronômico.

Com este trabalho, pudemos notar que a intervenção didática aplicada proporcionou o desenvolvimento dos conceitos físicos através de experimentação. Foi trabalhado o lançamento de foguetes de propulsão à água e ar comprimido para observar as forças de atuação e a associação das leis de Newton com o funcionamento do foguete.

Esse tipo de atividade oportunizou aos alunos trabalharem em equipe e desenvolverem habilidades experimentais. Além disso, durante o processo de construção dos foguetes e da base

de lançamento, os estudantes puderam projetar e testar suas criações, observando a teoria em prática proporcionando uma aprendizagem mais significativa.

Dessa forma, o objetivo foi atingido e espera-se que este trabalho possa motivar professores, principalmente do ensino fundamental II (anos finais), explorarem o ensino de física de forma prática. Além disso, que esperamos que a temática também sirva para aguçar o interesse na participação de olimpíadas de lançamentos de foguetes.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. O. et al. **Foguete de Garrafa PET**. Disponível em: <http://jornada.cba.ifmt.edu.br/jornada/index.php/jornada2013/jornada2013/paper/viewFile/66/37>. Acessado: 27/10/2017

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

BRASIL, Parecer 07/2010, de 07 de abril de 2010. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica**. Conselho Nacional de Educação/ CNE. Câmara de Educação Básica/ CEB. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. (1998). **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF.

CVLLP. Aerodinâmica. **Clube de Voo Livre do Litoral Paulista**, 2018. Disponível em: <https://cvllp.com.br/2018/03/27/aerodinamica/>. Acesso em: 18 de dezembro de 2023.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Mecânica. Livros Técnicos e Científicos, **Editora S.A.**: Rio de Janeiro. v. 1, 8ª ed. 2008.

HENNEMANN L. Importância da pesquisa e desenvolvimento de foguetes e propulsão. **Aviation in Focus**, 2016; 7(1):1-3.

LIMA, S. As Leis de Newton em um foguete espacial. **Aprendendo Física**, 2010. Disponível em: <https://aprendendofisica.net/rede/blog/as-leis-de-newton-em-um-foguete-espacial/>. Acesso em: 18 de dezembro de 2023.

OLIVEIRA, F. S. Lançamentos de foguetes como uma ferramenta pedagógica para o ensino de física. **Dissertação – mestrado** – Programa de Pós-graduação Profissional em Ensino da Física. Universidade Federal de Mato Grosso, 2019, 175 p.

OLIVEIRA, M. A. S. Os aspectos físicos e matemáticos do lançamento do foguete de garrafa PET. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)** – artigo – Licenciatura em Física. Universidade Católica de Brasília, 2008.

MASSONI, Neusa Teresinha; BARP, Jeferson; DANTAS, Claudio Rejane da Silva. O ensino de Física na disciplina de ciências no nível fundamental: reflexões e viabilidade de uma experiência de ensino por projetos. **Periódicos UFSC** – Seção Relatos e propostas de

experiências didáticas. v. 35 n. 1 (2018).DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n1p235>.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: **Centauro**, 2001.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017. DOI: 10.26512/rpf.v1i1.7074.

MUSSI, R. F. F.; FLORES, F. F.; C. B. Pressupostos para a elaboração de relato de experiência como conhecimento científico. **Revista Práxis Educacional**. v. 17, n. 48, p. 60-77, OUT./DEZ. | 2021 <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v17i48.9010>.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. Foguetes - Manual do Professor com Atividades de Ciências, Matemática e Tecnologia. Traduzido pela Universidade do Vale do Paraíba. — São José dos Campos: **Univap**. 2001.

NASCIMENTO, Camila Souza; UIBSON, José. O uso de experimentos no ensino da física: uma revisão sistemática da literatura. **Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade (Anais do evento)**. V. 15, nº 5. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.29380/2021.15.05.24>.

NOGUEIRA, S; BEZERRA, J. P. F.; SOUZA, P. N. Astronáutica: Ensino fundamental e médio, Coleção Explorando o Ensino, v. 12, Fronteira Espacial, parte 2. **Brasília**: MEC-SEB, MCT e AEB, 2009.

PLANETÁRIO. Qual é a importância dos foguetes para um programa espacial. **Planetário de Vitória**, 2023. Disponível em: <https://planetariodevitoria.org/espaco/qual-e-a-importancia-dos-foguetes-para-um-programa-espacial.html>. Acesso em: 19 de dezembro de 2023.

SANTOS, Welder Damasceno. A importância das atividades experimentais no ensino de física nas escolas. **Universidade de Uberaba** – Minas Gerais, 2021.

SARRADET JR, T. M. A stem based model rocketry curriculum: For the team america rocketry challenge. **Tese de Doutorado**. Ph. D. dissertation, Tesis de maestría). California State University, Sacramento, 2009.

SOUZA, J. A. Um foguete de garrafas PET. **Física na Escola**, v. 8, n. 2, 2007)

VOGL, I. Construindo foguetes, alunos melhoram o desempenho dentro da sala de aula e estreitam laços escolares. **Fundação FEAC**, 2017. Disponível em: <https://feac.org.br/construindo-foguetes-alunos-melhoram-o-desempenho-dentro-da-sala-de-aula-e-estreitam-lacos-escolares/>. Acesso em: 18 de outubro de 2023.

YAMAMOTO, C. K.; YAMAMOTO, T. K. Foguete de garrafa PET: propulsão à água e ar comprimido. **Maquetes**, 2014. Disponível em: <https://maquetesdicas.blogspot.com/2014/07/foguete-de-garrafa-pet.html>. Acesso em: 18 de dezembro de 2023.