

**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PIAUÍ



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**JOSÉ DE ABREU MATOS**

**A CONSTRUÇÃO DE FOGUETES COM O USO DE GARRAFAS PET NUM  
CONTEXTO DO ENSINO E APREDIZAGEM DA FÍSICA**

**TERESINA**

**2023**

**JOSÉ DE ABREU MATOS**

**A CONSTRUÇÃO DE FOGUETES COM O USO DE GARRAFAS PET NUM  
CONTEXTO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

**Linha de Pesquisa:** Física no Ensino Médio

**Orientador:** Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho

**TERESINA  
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Sistema de Bibliotecas UFPI - SIBi/UFPI  
Biblioteca Setorial do CCN

M425c Matos, José de Abreu.  
A construção de foguetes com o uso de garrafas pet num contexto do ensino aprendizagem da física / José de Abreu Matos. -- 2023.  
165 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí. Centro de Ciências da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2023.  
Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho..

1. Física - Ensino e aprendizagem. 2. Didática de Ensino. 3. Experimentação. I. Barbosa Filho, Francisco Ferreira. II. Título.

CDD 530.7

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes - CRB3/1461

**JOSÉ DE ABREU MATOS**

**A CONSTRUÇÃO DE FOGUETES COM O USO DE GARRAFAS PET NUM  
CONTEXTO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física, na Linha de Pesquisa Física no Ensino Médio.

Teresina (PI), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2023.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho – Dep. de Física/UFPI  
Orientador

---

Profa. Dra. Claudia Adriana de Sousa Melo – Departamento/Instituição  
(Examinador(a) Interno(a))

---

Prof. Dr. Renato Germano Reis Nunes – UFPA  
Examinador(a) Externo(a)

Dedico esse trabalho a Deus em primeiro lugar, sem Ele não teria chegado até aqui. A minha mãe, Conceição Pereira de Abreu e ao meu pai, Benedito da Silva Matos (já falecido), à minha digníssima e amada esposa, Elenilde Batista Matos, às minhas filhas, Helayne Mikelly Batista Matos e Maria Helyza Batista Matos, enfim, dedico à toda minha família.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter me dado o dom da vida e realizar esse momento épico em minha vida que é, a conclusão do meu Mestrado. À minha mãe, Conceição Pereira de Abreu, pelo esforço empregado em minha educação e incentivo constante, em especial na minha adolescência, pois, ela fez o papel de pai e mãe, ao meu pai, Benedito da Silva Matos (já falecido). À minha digníssima esposa, Elenilde Batista Matos, por estar sempre presente a cada momento de minha vida, às minhas duas filhas, Helayne Mikelly Batista Matos e Maria Helyza Batista Matos, essas três mulheres estão todos os dias torcendo pelo meu sucesso, ao meu sogro, João Francisco de Sousa e minha sogra, Ivanilde Batista Soares, aos meus queridos irmãos e irmãs, cunhados e cunhadas, em especial, minha cunhada e comadre, Geanilde Batista de Sousa. Agradeço também a cada amigo(a) do mestrado em Ensino de Física, a cada professor, desde a minha alfabetização, ao ensino fundamental menor e maior, e aos professores da minha graduação, eles também são responsáveis por esse grandioso momento, aos amigos e amigos de minha graduação. Agradeço ao Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa por me orientar, por ter sido sempre muito solícito. Foi uma satisfação pessoal ter feito esse trabalho sob essa orientação. À Profa. Dra. Claudia Adriano de Sousa Melo, também coordenadora do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Profa. Dra. Janete Batista de Brito, Profa. Dra., Hilda Mara Lopes Araújo, Prof. Dr. Newton Alves de Araújo, Prof. Dr. Boniek Venceslau da Cruz Sila, Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira, Prof. Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa, pelos valiosos conhecimentos transmitidos ao longo do mestrado, pois, contribuíram de forma gigantesca na busca de novos conhecimentos e melhoria da qualidade deste trabalho. Foi muito gratificante para mim compartilhar com cada professor e professora que me deram a oportunidade de conhecer os prazeres da descoberta intelectual durante o Mestrado. A todos aqueles que participaram da minha educação e do meu crescimento pessoal e profissional. À CAPES pelo apoio prestado ao programa. À SBF pela iniciativa de coordenar o mestrado profissional em ensino de Física À UFPI por todo suporte necessário para a execução desse projeto. A todos que colaboraram de alguma forma com a realização desse trabalho.

Muito obrigado!

“Este é um pequeno passo para o homem, mas um gigante salto para a humanidade” (Neil Armstrong, astronauta americano, 20 de julho de 1969, às 17h17, em solo lunar).

## RESUMO

Este estudo tem como tema: A Construção de Foguetes com o Uso de Garrafas Pet Num Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física. Essa pesquisa, tem como objetivo, construir uma sequência didática direcionada aos alunos do 1º do Ensino Médio, contemplando um estudo teórico, reflexões e uma proposta de atividades, a fim de orientá-los na Construção de foguetes com uso de garrafas pet, visando o ensino e aprendizado da Física. Além de desenvolvermos uma atividade experimental para ensinar conceitos físicos envolvidos no lançamento de foguete (estudo da dinâmica no lançamento de foguetes) com materiais de baixo custo a estudantes ingressantes no Ensino Médio. Além claro, do desenvolvimento da experimentação com materiais alternativos. Contemplando situações teórico-práticas com elementos de História no Ensino da Física no contexto da OBA (Olimpíada de Astronomia e Astronáutica) e da MOBFOG (Mostra Brasileira de Foguetes), reconhecer os índices do par significados/sentidos elaborados pelos estudantes, participantes da pesquisa sobre a relação História no Ensino da Física e suas possibilidades na apropriação de conceitos empregados na construção da base de um foguete, assim, como também na construção do foguete. A metodologia utilizada na pesquisa foi a problematização de textos contendo a História dos Foguetes, apreciação crítica de buscar estratégias do melhor material para confecção do foguete, aprofundamento dos conceitos matemáticos e físicos para que o lançamento, ou seja, haverá a construção e reconstrução de conhecimentos, sendo o aluno coautor de sua própria história. Como forma de incentivar os alunos durante a aplicação da pesquisa, demos como exemplo real a nossa participação na 13º (décima terceira) MOBFOG realizada na cidade de Barra do Piraí-RIO de Janeiro no ano de 2019, na ocasião, conseguimos a façanha de sermos campeões. Com esses relatos, conseguimos atrair a atenção dos alunos de forma significativa durante todos os trabalhos realizados. Os sujeitos da pesquisa foram alunos de uma turma de 1ª série do Ensino Médio do Centro de Ensino Eugênio Barros, no município de Matões/MA. Como dispositivos de produção de dados utilizamos Questionários inicial e final para a análise de conhecimentos durante a aplicação do produto educacional levando em conta os conhecimentos prévios dos alunos sobre os temas empregados na Física acerca do projeto aplicado, esse pequeno teste é baseado na Aprendizagem Significativa de David Ausubel, proposta em 1963 e reiterada em 2000.

**Palavras-chave:** Ensino e Aprendizagem da Física. Foguete de Garrafa Pet. Experimentação.

## ABSTRACT

This study has as its theme: The Construction of Rockets with Pet Bottles in a Historical Context of Teaching and Learning of Physics. This research aims to build a didactic sequence aimed at students of the 1st of high school, contemplating a theoretical study, reflections and a proposal of activities, in order to guide them in the construction of rockets using PET bottles, aiming at the teaching and learning of Physics. In addition to developing an experimental activity to teach physical concepts involved in rocket launch (study of rocket launch dynamics) with low-cost materials to students entering high school. Besides, of course, the development of experimentation with alternative materials. Contemplating theoretical-practical situations with elements of History in Physics Teaching in the context of OBA (Astronomy and Astronautics Olympiad) and MOBFOG (Brazilian Rocket Show), to recognize the indices of the pair meanings/senses elaborated by the students, participants of the research on the relation History in Physics Teaching and its possibilities in the appropriation of concepts used in the construction of the base of a rocket, as well as in the construction of the rocket. The methodology used in the research was the problematization of texts containing the History of Rockets, critical appreciation of seeking strategies for the best material for making the rocket, deepening of the mathematical and physical concepts for the launch, that is, there will be the construction and reconstruction of knowledge, being the student co-author of his own story. As a way of encouraging students during the application of the research, we gave as a real example our participation in the 13th (thirteenth) MOBFOG held in the city of Barra do Piraí-RIO de Janeiro in 2019, on that occasion, we achieved the feat of be champions. With these reports, we managed to attract the attention of the students in a significant way during all the works carried out. The subjects of the research were students of a class of 1st grade of the High School of the Centro de Ensino Eugênio Barros, in the city of Matões/MA. As data production devices, we use initial and final questionnaires for the analysis of knowledge during the application of the educational product, taking into account the students' previous knowledge about the themes used in Physics about the applied project, this small test is based on the Meaningful Learning of David Ausubel proposed in 1963 and reiterated in 2000.

**Keywords:** Teaching and Learning of Physics. Pet Bottle Rocket. Experimentation

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Chegada do Homem a Lua	21
Figura 02 – Sputnik satélite 1 – primeiro satélite artificial em órbita terrestre	23
Figura 03 – Cadela Laika	24
Figura 04 - Nasa Explorer	24
Figura 05 – Yuri Gagarin – primeiro homem a ser enviado ao espaço	25
Figura 06 - Niel Armstrong – primeiro homem a pisar na superfície lunar	26
Figura 07 – Goddard e seu primeiro foguete de combustível líquido	29
Figura 08 – O Sputnik – primeiro satélite artificial visto de forma diferente	31
Figura 09 – Lançamento do Columbia	32
Figura 10 – Ônibus espacial Discovery	34
Figura 11 – Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)	36
Figura 12 – Veículo Lançador de Satélite (VLS)	36
Figura 13 – Arte dos detalhes do VLS	37
Figura 14 – Acidente na Base de Lançamento de Alcântara- Ano 2003	38
Figura 15– Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI)	39
Figura 16 – Visão esquemática do contínuo Aprendizagem significativa, Aprendizagem Mecânica	51
Figura 17 – Um hipotético sistema de coordenadas de Aprendizagem Significativa	53
Figura 18 – Gráfico mostrando como calculamos a altura atingida por um projétil	69
Figura 19 – Lançamento Oblíquo – sobre diversos ângulos	72
Figura 20 – Forças que atuam num Foguete durante o voo	73
Figura 21 – Centro de Gravidade de um Foguete	77
Figura 22 – Base de Lançamento (MOBFOG)	89
Figura 23 – Base de Lançamento (Próprio autor)	90
Figura 24 – Montando o corpo e bico do Foguete (Próprio autor)	91
Figura 25 – Estabilidade do Foguete (MOBFOF)	91
Figura 26 – Estabilidade do Foguete (Próprio autor)	91
Figura 27 – Foguete (MOBFOG)	92
Figura 28 – Foguete (Próprio autor)	92
Figura 29 – Espigão (MOBFOG)	93
Figura 30 – Espigão (Próprio autor)	93

Figura 31 – Anel de Vedação (MOBFOG)	93
Figura 32 – Anel de Vedação (Próprio autor)	93
Figura 33 – Gatilho (MOBFOG)	94
Figura 34 – Gatilho (Próprio autor)	94

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Esboço contendo a Sequência Didática

85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara
CLBI	Centro de Lançamento da Barreira do Inferno
CNE	Conselho Nacional da Educação
COBAE	Comissão Brasileira de Atividades Espaciais
CSM	Módulo de Comando e Serviços
CTA	Centro Técnico Espacial
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
DCTMA	Documento Curricular do Território Maranhense
ICBM	Instituto de Ciências Biomédicas
IEA	Instituto da Aeronáutica e Espaço
LDB	Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LDBEN	Lei de diretrizes e Bases da Educação Nacional
LM	Módulo Lunar
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MOBFOG	Mostra Brasileira de Foguetes
NASA	National Aeronautics and Space Administration-Administração da Aeronáutica e do Espaço
NUCLA	Núcleo do Lançamento de Alcântara
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
OBA	Olímpida Brasileira de Astronomia Astronáutica
OIA	Olimpíada Internacional de Astronomia
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PE	Produto Educacional
Qf	Questionário final
Qi	Questionário inicial
SD	Sequência Didática
STS	Sistema de Transportes Espaciais
UAPS	Unidade de Aprendizagem Potencialmente Significativa
VLS	Veículo Lançador de Satélite

## LISTA DE SÍMBOLOS

© - copyright

@ - arroba

® - marca registrada

$\Sigma$  - Somatório de números

$\rho$  - Massa específica do ar ( $\text{kg/m}^3$ )

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	17
<b>2 ASPECTOS HISTÓRICOS DA CONSTRUÇÃO DE FOGUETES: UM RECORTE DO PERÍODO DA GUERRA FRIA</b>	21
<b>2.1 História dos Foguetes</b>	27
2.1.1 As Contribuições da OBA e MOBFOG	39
2.1.2 A Construção de Foguetes no Contexto do Ensino da Física	42
<b>2.2 O Foguete de Garrafa PET no Ensino e Aprendizagem da Física no Ensino Médio: O que dizem as pesquisas?</b>	44
<b>3. PRESSUPOSTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL</b>	49
<b>3.1 Os Organizadores Prévios</b>	49
3.1.1 Aprendizagem Significativa X Aprendizagem Mecânica	50
3.1.2 Aprendizagem Receptiva x Aprendizagem por descoberta	52
3.1.3 Formas e Tipos de Aprendizagem Significativa	54
3.1.4 Esquecimento e Reaprendizagem	56
3.1.5 Unidade de Aprendizagem Potencialmente Significativa (UAPS)	57
<b>3.2 O Foguete de Garrafa Pet no ensino e aprendizagem significativa da Física na BNCC no Ensino Fundamental e Ensino Médio</b>	58
<b>4 ESTUDO DA DINÂMICA NO LANÇAMENTO DE FOGUETES</b>	65
<b>4.1 As Leis de Newton</b>	65
4.1.1 Primeira Lei de Newton (Princípio da Inércia)	66
4.1.2 Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica)	67
4.1.3 Terceira Lei de Newton (Princípio da Ação e Reação)	68
<b>4.2 Lançamento de Projéteis ou Lançamento Oblíquo</b>	69
4.2.1 Lançamento Horizontal	71
4.2.2 Lançamento Vertical	72
<b>4.3 Forças que Atuam Num Foguete Durante o Voo</b>	72
4.3.1 Força Peso	73
4.3.2 Força de Empuxo	74
4.3.3 Força de Sustentação	75
4.3.4 Força de Arrasto	76
<b>4.4 A Estabilidade de um Foguete Durante o Voo</b>	77

4.4.1 Centro de massa (ou de gravidade)	77
4.4.2 Centro de Pressão	78
<b>5 METODOLOGIA</b>	<b>80</b>
5.1 Caracterização da Pesquisa	80
5.2 Campo Empírico da Pesquisa	80
5.3 Participantes da Pesquisa	82
5.4 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados	82
5.5 Procedimentos de Análise de Dados	82
5.6 Produto Educacional	83
<b>6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS</b>	<b>86</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE A – Produto Educacional – Sequência Didática</b>	<b>109</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica, direito público subjetivo de todo cidadão brasileiro. Todavia, a realidade educacional do País tem mostrado que essa etapa representa um gargalo na garantia do direito à educação. Entre os fatores que explicam esse cenário, destacam-se o desempenho insuficiente dos alunos nos anos finais do Ensino Fundamental, a organização curricular do Ensino Médio vigente, com excesso de componentes curriculares, e uma abordagem pedagógica distante das culturas juvenis e do mundo do trabalho. (BNCC, pág.37).

Para além da necessidade de universalizar o atendimento, outros grandes desafios do Ensino Médio na atualidade são garantir a permanência e as aprendizagens dos estudantes, respondendo às suas aspirações presentes e futuras.

Essa necessidade é identificada e explicitada nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN):

Para responder a essa necessidade, mostra-se imprescindível considerar a dinâmica social contemporânea, marcada pelas rápidas transformações decorrentes do desenvolvimento tecnológico. Trata-se de reconhecer que as transformações nos contextos nacional e internacional atingem diretamente as populações jovens e, portanto, o que se demanda de sua formação para o enfrentamento dos novos desafios sociais, econômicos e ambientais, acelerados pelas mudanças tecnológicas do mundo contemporâneo. (BNCC, pág. 38).

Portanto é sabido por todos nós professores de Física da Educação Básica que o conhecimento dos conceitos relacionados à Física do Ensino Médio pode proporcionar um melhor entendimento dos fenômenos naturais e das inúmeras aplicações práticas desses conceitos, quer seja uma simples lente de aumento, um abridor de garrafas, um abridor de latas ou uma vassoura, quer seja uma complexa usina de energia nuclear, um tomógrafo computadorizado ou um microscópio eletrônico. A democratização da sociedade exige, necessariamente, informação e conhecimento para que a pessoa possa situar-se no mundo, argumentar, reivindicar e ampliar novos direitos.

Nesse cenário, diversos autores (ARAÚJO; ABIB, 2003; MARINELI; PACCA, 2006; HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2016; entre outros) têm sugerido o uso da estratégia metodológica da experimentação nas aulas de Física para potencializar, sobretudo, o engajamento dos aprendizes com o processo de ressignificação dos conteúdos na prática. De igual modo, Luiz, Souza e Domingues (2015) concordam que a prática no

ensino de Física é bastante útil para contextualizar o conhecimento teórico, além contribuir com a aprendizagem e desenvolvimento da criatividade dos estudantes.

É necessário que os sujeitos estabeleçam diversas interações e conexões para a significação de um novo conceito. Assim o professor como mediador da aprendizagem precisa ser criativo nos seus planejamentos, buscando atividades que possam auxiliar a aprendizagem do aluno. A utilização de atividade experimental (construção de foguetes com garrafas pet), na educação é um potencial para o estímulo de aprendizagem de novos conceitos.

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 2006, p. 33)

Nessa direção, pretendemos trabalhar com A Construção de Foguetes com o uso de Garrafas Pet num Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física, com o objetivo de construir uma sequência didática direcionada aos alunos do 1º ano do Ensino Médio, contemplando um estudo teórico, reflexões e uma proposta de atividades orientadas (oficinas), visando o ensino e aprendizado da Física. Diante disso, vamos propor interação com os alunos usando uma linguagem simples e coerente para uma melhor compreensão dos conceitos físicos ao longo do trabalho aplicado, conduzindo-o na construção do conhecimento científico, com o protagonismo dos alunos.

[...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 176).

Nessa visão, na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. O desenvolvimento dessas práticas e a interação com as demais áreas do conhecimento

favorecem discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza (BNCC, pág. 113).

Depois de tecidas essas considerações, prosseguiremos a enumeração dos objetivos específicos do presente trabalho:

a) Identificar o nível de conhecimento prévio dos alunos do Ensino Médio de uma escola da Rede Pública Estadual, através de questionário;

b) Possibilitar aos alunos do Ensino Médio um ambiente de estudos, reflexões e desenvolvimento de atividades no contexto histórico do ensino e aprendizagem da Física, a fim de orientá-los na construção de foguetes com garrafas pet;

c) Analisar as significações produzidas pelos alunos do Ensino Médio no desenvolvimento e abrangência da Física, considerando a Construção de Foguetes com Garrafas Pet.

Tais objetivos, tem como propósito obter os resultados satisfatórios ao longo dos trabalhos realizados no 1º Ano do Ensino Médio, de uma Escola da rede Estadual de Ensino: Centro de Ensino Eugênio Barros.

A proposta desse Produto Educacional (PE) *é a elaboração de uma sequência didática que fará uso da Construção de Foguetes com Garrafas Pet Num Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física*. Nesse sentido destacamos a nossa própria História e vivência dentro do Lançamento de Foguetes de Garrafas Pet, quando participamos da 13ª MOBFOG-Mostra Brasileira de Foguetes no ano de 2019. Nossa jornada começou com uma viagem iniciada na madrugada do dia 13 para o dia 14 de outubro de 2019. Chegamos ao Rio de Janeiro na manhã do dia 14, permanecendo no Rio até a manhã do dia 15 e à tarde viajando para a Fazenda Ribeirão, Município da Cidade Barra do Piraí-Rio de Janeiro.

Participamos de oficinas relacionadas à construção de foguetes de combustível sólido, observações de planetários dentre outras atividades. No dia 16 de outubro começaram as competições. No primeiro dia, nossa equipe conseguiu fazer um lançamento, atingindo 229m de alcance. Já no dia seguinte, 17 de outubro, nossa equipe não teve o mesmo desempenho, atingindo apenas 179m. Vale destacar que conquistamos medalha de ouro, aliás os nossos dois lançamentos valeram ouro, porém, a organização leva em conta o lançamento de maior alcance.

Somos a própria História no que diz respeito ao Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física no contexto do Lançamento de Foguetes. Todos esses momentos vividos dentro da MOBFOG, nos mostrou a importância de um projeto voltado para o aprendizado da Física, tanto para a vida estudantil do aluno, como a vida profissional do

professor, mostrando a Física de outra forma mais envolvente. Nossa equipe, formada por mim e mais três alunos, dentre os três um tinha facilidade e os outros dois, além de dificuldades, participavam muito pouco das aulas de Física. E com a participação deles dentro da Eletiva, antes de irmos para a competição, já serviu de incentivo para ambos, e após a nossa conquista a escola toda entrou em euforia.

Então, diante de tais depoimentos reais, o nosso trabalho avançou no sentido de que um trabalho dessa importância abrange novas descobertas dentro do Ensino de Física, tornando a sua compreensão mais satisfatória e empolgante, ou seja, se aprende a “Física” manipulando materiais já conhecidos por nossos alunos: cano de pvc 20mm, garrafa pet, cola de cano, bicarbonato de sódio, vinagre dentre outros, itens usados para construir base de lançamento, construir o foguete e lançar o foguete.

## 2 ASPECTOS HISTÓRICOS DA CONSTRUÇÃO DE FOGUETES: UM RECORTE DO PERÍODO GUERRA FRIA

Durante a Guerra Fria havia aproximações e arrefecimentos nos contatos entre a União Soviética e o chamado mundo Ocidental, liderado pelos Estados Unidos. Constantemente retoma-se a divulgação de parâmetros de acertos, acordos, controle de arsenais militares e da produção de armas. Tais arrefecimentos e compreensões não estavam, todavia, restritos aos EUA e a URSS, tampouco aos círculos diplomáticos, ou negociações econômicas e às políticas internacionais. A figura 1 mostra a chegada do homem na Lua, conquista dos Estados Unidos da América. Veja o que indica a citação abaixo.

[...] a imagem que o cidadão mediano possuía do conflito, de uma forma geral, estava associada às mensagens veiculadas pela grande imprensa, aos filmes, as canções, as histórias em quadrinhos e a outros meios que produziam imagens extremamente ideologizadas e estereotipadas do confronto [...] tais fontes [...] têm sido reconhecidas como de grande relevância para o estudo dos efeitos gerados pela Guerra Fria ao longo do século XX (MUNHOZ, 2004, p. 275).



Figura 1. A chegada do homem à Lua, em 1969, foi um dos capítulos mais marcantes da corrida espacial. Fonte: Corrida Espacial.htm

A corrida espacial aconteceu entre 1957 e 1975 sendo um dos capítulos da Guerra Fria. Nela, americanos e Soviéticos disputavam a hegemonia da exploração espacial. Foi um dos capítulos mais conhecidos da Guerra Fria, aconteceu entre 1957 e 1975 e foi travada entre **Estados Unidos e União Soviética**.

A corrida espacial foi responsável por mobilizar altas quantias, com o intuito de promover a exploração do espaço. Nela, Soviéticos e americanos incentivaram o

**desenvolvimento científico, realizaram expedições tripuladas ao espaço**, e, como ápice dessa disputa, foi organizada pelos americanos uma expedição que levou o **homem** à Lua.

A corrida espacial foi um dos acontecimentos mais marcantes da Guerra Fria, conflito político-ideológico que dividiu o mundo durante os anos entre 1947 e 1991. A Guerra Fria foi iniciada logo após o fim da Segunda Guerra Mundial. Ao final dessa guerra, que se estendeu de 1939 a 1945, os Estados Unidos saíram indiscutivelmente como grande potência mundial.

A ascensão da União Soviética durante a guerra e o seu papel como potência do bloco comunista levaram o governo americano a desenvolver uma retórica que guiou o mundo à polarização. Assim, já na década de 1940, o discurso e as ações diplomáticas tomadas pelo governo americano visavam combater o crescimento da influência soviética.

A ação dos Estados Unidos em transformar a União Soviética como seu grande adversário visava garantir a força da presença americana no continente europeu e, assim, manter sua economia aquecida. Desse modo, ao longo das décadas de 1940 e 1950, os dois blocos foram organizando-se, cada qual agrupando as nações de sua zona de influência.

Ao longo dos anos de Guerra Fria, a disputa travada entre americanos e soviéticos deu-se em diversas instâncias. Diplomáticamente, cada nação buscava garantir os seus interesses; economicamente, disputava-se a hegemonia mundial; militarmente, disputava-se a hegemonia da força; e no âmbito tecnológico, a disputa também aconteceu. Um dos desdobramentos da Guerra Fria acabou sendo a disputa tecnológica conduzida por americanos e soviéticos. Nessa disputa, as duas nações investiram maciçamente na educação e promoveram um rápido avanço científico. A corrida espacial foi resultado dessa disputa no âmbito científico.

A corrida espacial aconteceu a partir do lançamento de satélites artificiais, sondas espaciais, envio de expedições tripuladas para o espaço e viagens para a Lua. A “conquista” do espaço era algo fundamental dentro da disputa travada por americanos e soviéticos, pois o domínio dessa nova fronteira deixaria bem claro o papel de potência mundial daquele que o fizesse. A figura 2 mostra um satélite lançado pelos Soviéticos em 04 de Outubro de 1957, sendo o primeiro satélite artificial em órbita terrestre, o que mostra uma verdadeira disputa para conquistar o espaço entre os americanos e soviéticos.



Figura 2. Em 4 de outubro de 1957, os soviéticos enviaram o Sputnik 1, o primeiro satélite artificial em órbita terrestre. Fonte: Corrida Espacial.htm

Além disso, dominar o espaço poderia ser utilizado em questões estratégicas do âmbito militar. Isso porque dominar o espaço poderia permitir monitorar o inimigo por meio de satélites, realizar ataques se necessário etc. Por isso a disputa pelo espaço era tão importante assim. Tratava-se de uma nova fronteira do progresso humano a ser atravessada pela nação ganhadora.

### **Principais acontecimentos**

Neste trecho do texto, traremos um resumo dos principais acontecimentos que se passaram durante a corrida espacial.

Os soviéticos deram o primeiro passo na corrida espacial e, em 4 de outubro de 1957, foi lançado o primeiro satélite em órbita, o Sputnik 1. Foi esse acontecimento que deu início à corrida espacial, e o Sputnik 1 funcionou na órbita da Terra durante 22 dias. Nesse período, o satélite enviou sinais de rádio que foram fundamentais para o estudo do planeta.

Pouco tempo depois do lançamento do satélite, a imprensa soviética celebrou o acontecimento como um grande marco da ciência soviética, e o lançamento do Sputnik 1 repercutiu no mundo todo, incluindo os Estados Unidos. O satélite soviético era uma **esfera feita de alumínio com 58 centímetros de diâmetro** e pesava cerca de **83 kg**.

Os soviéticos continuaram inovando e, um mês depois, realizaram o lançamento do **Sputnik 2**, que pesava **508 kg** e foi responsável por levar o **primeiro ser vivo para o espaço**. Nessa ocasião, os soviéticos enviaram ao espaço a **cadela Laika**, que morreu 10 dias depois do lançamento por conta do superaquecimento da estrutura. O Sputnik 2 desintegrou-se ao entrar na atmosfera, no dia 14 de abril de 1958.

Ao todo, a União Soviética enviou para o espaço 10 satélites designados Sputnik,



Figura 3. A cadela Laika foi o primeiro ser vivo a ser enviado para o espaço e estava a bordo do Sputnik 2, em 1957. Fonte: Corrida Espacial.htm

e o último deles foi lançado em 25 de março de 1961. O Sputnik 10 enviou outra cadela para o espaço (chamada Zvezdochka), e essa, diferentemente de Laika, foi trazida para a Terra viva.

Em resposta ao lançamento dos Sputnik 1 e 2 realizado pelos soviéticos, os Estados Unidos anunciaram o lançamento de seu próprio satélite artificial. Assim, os americanos lançaram o Explorer 1, no dia 31 de janeiro de 1958. Esse satélite foi responsável por descobrir uma região radiativa ao redor da Terra. Essa região ficou conhecida como **Cinturão de Van Allen**.

O Explorer 1 parou de enviar sinais cerca de quatro meses depois e entrou na atmosfera somente em março de 1970. Em seguida, ainda como parte da reação americana aos lançamentos soviéticos, foi criada a *National Aeronautics Space Administration*, mais conhecida como **NASA**. Sua criação aconteceu no dia 29 de julho de 1958, durante o governo de Dwight D. Eisenhower (1953-1961).

Outro acontecimento importante da corrida espaço deu-se com o lançamento de **Lunik 1**, uma sonda que foi lançada em 2 de janeiro de 1959 pelos soviéticos. Cerca de 34 horas depois, a sonda tinha passado pela Lua e, depois disso, entrou na órbita do Sol, sendo



Figura 4. A NASA foi criada como parte dos esforços americanos para a competição contra os soviéticos na exploração espacial. Fonte: Corrida Espacial.htm

a **primeira sonda a orbitar essa estrela**. Uma segunda sonda foi lançada em 12 de setembro de 1959, e a terceira foi lançada no dia 4 de outubro de 1959.

A União Soviética foi a primeira nação a enviar um satélite artificial com um ser vivo para o espaço e a enviar uma sonda que orbitou o Sol. Depois de ter feito tudo isso, os soviéticos foram ainda os **primeiros a enviar um homem para o espaço**. A seleção para essa empreitada foi iniciada por eles em janeiro de 1961.

Essa seleção levou à escolha de **Yuri Alekseyevich Gagarin** e **Gherman Stepanovich Titov**. Yuri Gagarin tinha um biótipo adequado para a expedição e era um homem de origem humilde. Sua escolha, além de tudo, aconteceu como forma de propaganda, pois ele era o ideal de homem soviético. Gagarin foi enviado para o espaço na **Vostok 1**, e o lançamento aconteceu no dia 12 de abril de 1961. A nave em que Gagarin estava ficou na órbita da Terra durante 108 minutos e, nessa ocasião, Gagarin proferiu a famosa frase “a Terra é azul”. Durante o retorno ao planeta, Gagarin ejetou-se da nave a 8000 metros de altura e completou a descida de paraquedas. Isso fez dele o primeiro homem da história a ir para o espaço.

Os americanos, no rastro dos soviéticos, enviaram o seu primeiro homem ao espaço no dia 5 de maio de 1961. Alan Bartlett Shepar Jr foi enviado na Freedom 7 e esteve durante 15 minutos em uma trajetória suborbital. A primeira mulher enviada para o



Figura 5. O soviético Yuri Gagarin foi o primeiro homem a ser enviado ao espaço, em 1961. Fonte: Corrida Espacial.htm

espaço foi a soviética Valentina Vladimirovna Tereshkova, no dia 16 de junho de 1963. Ela esteve durante quase três dias no espaço.

O projeto americano de enviar o homem para a Lua iniciou-se em 1961, por meio de um discurso do então presidente John F. Kennedy. Nesse momento da corrida espacial, os soviéticos haviam realizado todas as grandes inovações. Conforme mencionamos, eles foram os primeiros a enviar um satélite artificial, uma sonda lunar, uma sonda que orbitou o Sol, um ser vivo e o homem para o espaço. Assim, o envio do homem para a Lua era uma obsessão para o governo americano, que não poupou esforços (e dinheiro) para viabilizar esse projeto. Para que isso fosse possível, a NASA criou o Programa Apollo (nome em homenagem a Apolo, deus grego relacionado à colonização).

A chegada do homem à lua em 1969 representa uma significativa conquista, especialmente no campo da propaganda para os Estados Unidos. Estar na dianteira das viagens espaciais, conferiu à potência Ocidental, legitimidade trabalhada exaustivamente com os recursos múltiplos de imagens à sua disposição. Revistas, fotos, filmes representaram, em cenas estandardizadas, vinhetas diversas, que até hoje, rememoram o fato. A memória da superação de desafios no campo das produções de avanços rumo às viagens espaciais era e continua sendo copiosamente revisitada. Tecida na data em que aconteceu, ela é periodicamente reeditada em consonância com o Tempo Presente. A ideia do domínio tecnológico estadunidense passa a ser um pensamento inquestionável, a ser mantido. Reforça-se a capacidade de defesa que as ações governamentais, as pesquisas nucleares, os investimentos em produção de novas tecnologias, os armamentos, conferiam (ao menos em tese) no sentido de proporcionar a segurança ao cidadão estadunidense e ao chamado mundo Ocidental por extensão.



Figura 6. O americano Neil Armstrong foi o primeiro homem a pisar na superfície lunar, em 1969.  
Fonte: Corrida Espacial.htm

Os envolvidos com o Programa Apollo escolheram a estratégia de “encontro na órbita da Lua” para dar prosseguimento à missão. O cientista brasileiro Elbert Einstein definiu essa estratégia da seguinte maneira:

A espaçonave seria modular, composta pelo Módulo de Comando e Serviço (CSM) e pelo Módulo Lunar (LM). O CSM conteria todo o sistema de suporte de vida para que uma tripulação de três homens pudesse ir e voltar à Lua mais o escudo de calor para a reentrada na atmosfera da Terra. O LM se separaria do CSM em órbita da Lua e levaria dois astronautas até a superfície dela e, de lá, de volta ao CSM. (Elbert Einstein 2007.)

O programa Apollo selecionou Niel Armstrong, Edwin Aldrin e Michael Collins como integrantes do programa. Os três astronautas americanos foram enviados para a Lua, no dia 16 de julho de 1969, como tripulantes da Apollo 11. Doze minutos depois, já estavam na órbita terrestre, no dia 19, já estavam na órbita lunar, e no dia 20, iniciaram a descida até a Lua.

A aeronave americana **alunissou** (pousou na Lua) às 17h17, do dia 20 de julho de 1969, e, às 23h56, Neil Armstrong pisou em solo lunar. Na ocasião, o astronauta pronunciou a frase: “Este é um pequeno passo para o homem, mas um gigante salto para a humanidade.” Dois dos astronautas (Armstrong e Aldrin) exploraram a superfície lunar durante 2 horas e 31 minutos, e, no dia 24 de julho de 1969, pousaram no Oceano Pacífico.

Dessa expedição, foram trazidas 21 kg de rochas lunares para análises científicas e uma quantidade enorme de lixo foi deixada na superfície lunar. O Programa Apollo empregou diretamente cerca de **400 mil pessoas e envolveu mais de 20 mil indústrias e universidades** americanas. Foram gastos, em valores da época, cerca de **24 bilhões de dólares** para enviar o homem à Lua. Essa quantidade de dinheiro, reajustada em valores de 2006, correspondia a 136 bilhões de dólares.

Considera-se o fim da corrida espacial, a missão conjunta realizada por americanos e soviéticos em 17 de julho de 1975. Na ocasião, uma nave americana e uma soviética acoplaram-se na órbita terrestre. As naves que participaram dessa missão conjunta foram Apollo 18, do lado americano, e Soyuz 19, do lado soviético. Os astronautas envolvidos foram Thomas P. Stafford, Vance D. Brand, Donald K. Slayton, Alexei Leonov e Valeri Kubasov. Esse acontecimento marcou o fim da disputa espacial e deu início a um processo de reaproximação e cooperação científica entre as nações na questão espacial.

## 2.1 História dos Foguetes

A história dos foguetes está intimamente ligada ao desejo do homem em conhecer mais sobre o universo e sobre si mesmo. Muitas culturas, ao redor do mundo, em diferentes épocas, mostraram o seu interesse pelo universo e procuraram, de alguma forma, um modo de poder explorá-lo. É nesse contexto que surge o mito grego de Dédalo e Ícaro, o relato mais antigo que se tem notícia sobre a curiosidade do homem pelo universo.

A primeira referência possivelmente é o mito grego de Dédalo e Ícaro, pai e filho que teriam fugido do labirinto da ilha grega de Creta (o mesmo que abrigava o mítico Minotauro) ao desenvolverem para si mesmos pares de asas. Dédalo atravessou o mar Egeu e pousou no solo em segurança. Já Ícaro acabou seduzido pela curiosidade; ao voar, decidiu tentar alcançar o Sol. Ao se aproximar do astro-rei, a cera que colava as penas de suas asas começou a derreter e os artefatos se desmancharam, levando o intrépido aeronauta a despencar dos céus e encontrar seu fim no mar. Obviamente, esse mito era apenas uma alegoria – quem quer que o tenha criado, não tinha em mente discutir viagens espaciais, mas sim enfatizar o espírito curioso, audaz e às vezes inconsequente que o ser humano abriga dentro de si. Outros escritos da Antiguidade seguiram nessa mesma linha, usando o que seriam precursoras conceituais das viagens espaciais como formas metafóricas de discutir a condição humana.

Os chineses foram os primeiros a desenvolver um artefato capaz de impulsionar sozinho voo, as chamadas “flechas de fogo voadoras” (NASA, 2001, p. 13). Entretanto, devido a sua política nacional, para Marchionatti (2012), todas as descobertas chinesas deviam ser postas à disposição do imperador, que diria qual seria o fim da invenção. Por isso, o restante do mundo só veio a conhecer os primeiros foguetes em 1232, na batalha de Kai-Keng, entre os chineses e os mongóis, conforme NASA (2001).

A china saiu vitoriosa do combate, contudo, os mongóis usurparam sua tecnologia e, em 10 anos, essa técnica de construção já havia sido espalhada pelo mundo todo. Porém, mesmo com esse avanço, trabalhar com esses artefatos ainda era algo extremamente perigoso, uma vez que nem sempre as flechas acertavam seus alvos, podendo até mesmo atingir a base que a lançou.

Historicamente, a ciência avançou conforme a necessidade daqueles que detém o poder, ou dos que querem tomá-lo para si – conforme Guerra (2015). Para ganhar uma guerra, uma nação se empenha totalmente e, ao final, os possíveis avanços tecnológicos obtidos são inseridos posteriormente em benefícios da sociedade em diversos campos do conhecimento. Apesar do fascínio do ser humano com o espaço, o que motivou o grande avanço tecnológico nessa área, conforme os autores Damineli e Steiner (2010), foi a

disputa pelo poder mundial. Com isso, trabalhos como os de Konstantin Tsiolkovsky, Robert Goddard, entre outros, passaram a ser estudados mundialmente para fins bélicos, e, por fim, como uma ferramenta de exploração espacial. Nesse campo, destacaram-se: Wernher Magnus Maximilian von Braun, alemão naturalizado americano, e o soviético Sergei Korolev (NASA, 2001).

Atualmente, nós temos satélites de todo tipo orbitando a Terra, como o Telescópio Espacial Hubble, um telescópio colocado em órbita terrestre para evitar os efeitos da atmosfera sobre as imagens, gerando imagens muito mais nítidas.

Se não fosse os testes do americano Robert Goddard com o primeiro foguete de combustível líquido da história, que subiu apenas 12 metros em 16 de março de 1926, o homem nunca teria chegado a Lua, os meteorologistas dificilmente teriam emprego, e provavelmente muitas pessoas ainda acreditavam que os marcianos invadiriam a Terra a qualquer momento.

Os foguetes são a peça fundamental no desenvolvimento da Astronomia, pois lançaram e ainda hoje lançam instrumentos muito poderosos ao espaço, como sondas interplanetárias, que nos revelam os segredos dos planetas mais distantes, telescópio espaciais, que nos revelam os segredos das estrelas e galáxias mais distantes, e satélites voltados para a própria Terra, lembrando-nos que ainda existem muitos segredos a serem revelados aqui mesmo. Como já foi citado, os satélites também são de extrema importância na astronomia, pois orbitando a Terra eles capturam dados científicos impossíveis de serem obtidos do solo.



Figura 7. Goddard e o seu primeiro foguete de combustível líquido. Fonte: [foquetes-e-satelites.jpg](#)  
[11.18 KB](#) Astronomia e Astronáutica. (Breve História).

O desenvolvimento de todos esses equipamentos começou no início do século XX, que talvez fique marcado como "o século em que o homem saiu da Terra". Já que eles são extremamente importantes, nós vamos fazer um resumo de sua evolução ao longo do século.

É óbvio que no começo do século XX já existiam alguns objetos que poderiam ser chamados de foguetes: algumas armas militares e até os fogos de artifício. No entanto, esses foguetes utilizavam combustível sólido (pólvora, por exemplo), e os cientistas que começaram a pensar em utilizar os foguetes para voos espaciais já sabiam que esses combustíveis não eram poderosos o suficiente. Os foguetes precisariam utilizar combustível sólido. Outro desenvolvimento importante: os foguetes deveriam usar estágios para ir mais longe, ou seja, o foguete teria várias partes, e à medida que ia acabando o combustível de uma parte, ela se desprenderia do conjunto, tornando-o mais leve.

Três homens, Goddard, Hermann Oberth (alemão) e Kostantin Tsiolkovsky (russo) trabalharam seriamente na ideia de desenvolver os foguetes, quando a comunidade científica achava que não valia a pena: Os três estudavam seriamente a viabilidade de se construir um foguete espacial, e chegaram a conclusões bem próximas. Nunca se encontraram e desconheciam os trabalhos individuais dos demais entre si. Isso foi no final do século XIX e começo do século XX, mas eles começaram a apresentar resultados entre 1903 e 1926 (data do teste do foguete de Goddard). Por isso, os três podem ser considerados os pais da astronáutica, apesar de cada um ser considerado pai da astronáutica em seu país.

Foi apenas em 30 de maio de 1942 que foi lançado o primeiro foguete com capacidade para sair realmente da atmosfera: o V-2 alemão. Esse foguete foi desenvolvido por um aluno de Oberth: o alemão Werhner Von Braun. O foguete foi projetado para servir de arma na Segunda Guerra Mundial, e grande parte dos cientistas foram obrigados a trabalhar no projeto – inclusive Von Braun, que chegou a ser preso por estar fazendo pesquisas que se desviavam de fins militares, mas ele foi logo solto porque os alemães perceberam que ele era essencial ao projeto. O foguete chegou a ser usado na guerra, contra Londres e Paris, por exemplo, e apesar de ter matado milhares de pessoas não impediu a derrota dos alemães, pois ficou pronto muito tarde. Com o fim da guerra, a equipe de Von Braun foi para os Estados Unidos como prisioneiros de guerra. Era isso ou ficarem na Alemanha e serem mortos, pois Hitler já havia ordenado a execução deles, para que a tecnologia dos V-2 não se espalhasse a outros países.

Nos Estados Unidos a equipe foi obrigada a continuar o desenvolvimento dos V-2, o que fizeram. Eles então desenvolveram o Bumper, primeiro foguete de dois estágios a ser lançado (em 1948), que usava o V-2 como primeiro estágio. Enquanto isso, os russos trabalhavam no projeto de um ICBM (sigla para míssil balístico intercontinental, em inglês), que chamaram de R-7. Ele era bem parecido com o V-2, pois os primeiros projetos russos eram baseados nos projetos alemães. Alguns chegavam a ser cópia, onde os engenheiros russos trocavam apenas o texto, deixando o desenho original alemão. Em 1957 os russos lançam com sucesso o R-7, primeiro míssil intercontinental da história.

Os americanos, sabendo do trabalho dos russos, desenvolveram com urgência o seu ICBM: o Atlas, lançado cerca de quatro meses depois do R-7 russo. Esses dois foguetes resumem bem o início da astronáutica: os foguetes eram desenvolvidos como armas, e depois usados como veículos lançadores, como os Atlas, R-7, Titan (americanos) e a série UR (Universal Rockets – foguetes universais) russa. Todos eles passaram a ser utilizados como foguetes lançadores, e são usados em lançamentos de naves e satélites até hoje, em versões melhoradas. Um fato curioso é que todos os foguetes, mesmo hoje em dia, seguem os mesmos padrões, sejam eles americanos, russos ou de outro país. Isso acontece porque os foguetes se desenvolveram do V-2 alemão, já que as pesquisas continuaram, com a mesma equipe, nos Estados Unidos, e já que os russos tinham bastante informações sobre o desenvolvimento científico alemão. Esses fatos fizeram com que atualmente os foguetes sejam bem parecidos entre si.

O ano de 1957 é um ano marcante na história da astronáutica: em outubro desse ano foi lançado o Sputnik 1, primeiro objeto feito pelo homem colocado em órbita terrestre, em outras palavras, o primeiro satélite artificial lançado pelo homem. O Sputnik era um satélite russo, pesando cerca de 84 kg e feito às pressas para poder ser lançado antes do satélite que os americanos estavam desenvolvendo. De fato, os russos conseguiram

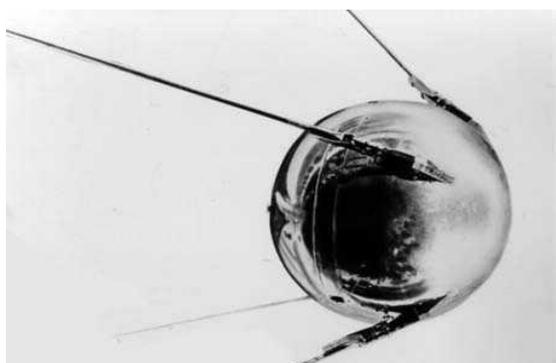


Figura 8. O Sputnik - Primeiro Satélite Artificial. Fonte: [foguetes-e-satelites.jpg](#)  
[9.15 KB](#) Astronomia e Astronáutica. (Breve História).

lançar o Sputnik primeiro, mas a única coisa que esse satélite fazia era emitir sons em determinadas frequências, que podiam ser captados por rádio receptores aqui na Terra – apenas para provar que ele estava lá. Ainda assim o satélite chegou a causar pânico em muitos americanos, pois eles não sabiam do que o satélite era realmente capaz. Resumindo, apesar de o Sputnik ter colocado os russos na frente na corrida espacial, a única coisa que ele fazia era barulho.

Cerca de três meses depois do Sptunik, os americanos lançavam seu primeiro satélite: o Explorer 1, bem mais leve que seu concorrente (pesava apenas 14 kg) e bem mais útil também: foi o responsável pela descoberta do Cinturão de Van Allen um cinturão magnético que protege a Terra da radiação solar. A largada tinha sido dada: agora americanos e russos tinham tecnologia para lançar objetos ao espaço. A partir daí, a evolução da astronomia tomou uma velocidade realmente astronômica, como lhe cabe.

Muitos satélites passaram então a ser lançados. Os primeiros a serem desenvolvidos foram os satélites para fins militares. Existem vários tipos desses satélites: uns tiram fotos do terreno inimigo, outros são responsáveis pela comunicação entre as tropas e alguns até pela interceptação da comunicação entre tropas inimigas. Ainda em 1958 foi lançado o primeiro satélite espião. Vieram então os satélites meteorológicos: em 1960 os americanos lançaram o primeiro desse tipo. Cada vez mais poderosos, eles nos dão previsões de tempo cada vez mais precisas, apesar de esta ser uma área muito complicada da ciência. Em 1962, foi lançado o primeiro satélite para transmissão de televisão intercontinental. Os satélites de comunicação são hoje extensamente utilizados e eles que nos permitem, por exemplo: assistirmos as Olimpíadas ao vivo, nem que para isso



Figura 9. Ônibus Espacial Discovery momento antes de prendê-lo ao braço do sistema manipulador remoto as 18:03:40 GMT, Dec. 21, 1999. Fonte: [foquetes-e-satelites.jpg 12.15 KB](#). Astronomia e Astronáutica. (Breve História).

tenhamos que ficar acordados a madrugada inteira. Para que alguns satélites pudessem ser realmente eficientes, foram desenvolvidos os satélites geoestacionários: satélites que parecem estarem parados no céu. Esses satélites na verdade são colocados em órbitas bem altas ao redor do equador, e giram junto com a rotação da Terra, estando então em posição fixa em relação a quem estiver na superfície terrestre.

A intensa corrida espacial durante a Guerra Fria ajudou muito toda essa evolução, e foi responsável pelo maior foguete já lançado: o Saturno V, com cerca de 100 metros de comprimento. Desenvolvido pela equipe de Von Braun, ele surgiu da necessidade de um veículo lançador poderoso o suficiente para lançar uma nave tripulada a Lua. Foi ele quem lançou a Apollo 11 em 1969, colocando os primeiros homens na Lua. No entanto, com o fim da Guerra Fria e da corrida espacial, o interesse em mandar homens à Lua caiu, não sendo mais necessário um foguete tão poderoso, e por isso o maior foguete já construído na história está aposentado.

Bem mais tarde, em 1981, chegaram os "Ônibus Espaciais", ou melhor, os STS (Sistema de Transporte Espacial). Eles surgiram da necessidade de veículos lançadores reutilizáveis, podendo assim economizar dinheiro nos lançamentos, já que não precisariam construir um novo foguete a cada lançamento. Apenas alguns tanques de combustível são inutilizados a cada lançamento. Apesar de surgir como uma boa ideia, os custos bem acima do previsto do projeto do STS tornaram ele uma dúvida. Então, em 1986, quando um deles (Challenger) explodiu matando seus sete tripulantes, a NASA decidiu repensar o projeto. Depois de cerca de três anos sem lançamentos e muitos testes, o Ônibus Espacial voou de novo, e está até hoje na ativa.

Mesmo não sendo a alternativa mais barata em todos os casos de lançamento, ele foi responsável por colocar, continuamente e por cerca de vinte anos, americanos no espaço, dando experiência em voos tripulados a eles. É o veículo americano utilizado para levar seus astronautas ao espaço, nas estações espaciais, por exemplo. Os russos usam ainda uma nave Soyuz, que deve ser lançada de um foguete.

Apenas americanos e russos têm tecnologia para colocar um homem no espaço, mas outros países também tem indústrias astronáuticas que merecem respeito. Talvez as mais relevantes sejam a francesa, com seus foguetes lançadores Ariane, responsáveis por muitos lançamentos comerciais atualmente, e a chinesa, com seus foguetes Longa Marcha. Os chineses também têm um projeto de colocar um homem em órbita, e estão trabalhando bastante nisso atualmente. O Brasil tem uma participação modesta no desenvolvimento do

seu Veículo Lançador de Satélites (VLS) do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), do Centro Técnico Aeroespacial (CTA).

Atualmente, nós temos satélites de todo tipo orbitando a Terra, como o Telescópio Espacial Hubble, um telescópio colocado em órbita terrestre para evitar os efeitos da atmosfera sobre as imagens, gerando imagens muito mais nítidas.

Os foguetes e satélites tiveram inevitável importância no desenvolvimento da astronomia moderna (assim como em outras ciências), e sem dúvida continuarão a ter por um longo tempo. Eles continuarão dominando o lançamento de objetos ao espaço por um tempo inimaginável, pois as novas tecnologias de propulsão em desenvolvimento se aplicam melhor a naves espaciais: objetos colocados no espaço pelos foguetes, para de lá seguirem seu caminho pelo espaço e em conjunto com os satélites, eles são poderosos instrumentos de observação espacial e terrestre, além de terem muitas outras aplicações, por sua localização privilegiada. Esses objetos estão entre as invenções mais espetaculares do século XX.

Quando o assunto é foguete os olhos do mundo se focam no Cabo Canaveral na Flórida, EUA ou em Baikonur, Cazaquistão. Estes lugares e outros espalhados pelo mundo são grandes polos de lançamento.

Se formos citar exemplos, só do Cabo Canaveral partiram as missões lunares Apollo, dos Space Shuttle (Ônibus Espaciais) e agora os lançamentos da SpaceX, ULA e Boeing.

No entanto, aqui em nosso país também tem como lançar foguetes e a localização das bases brasileiras estão entre as melhores do mundo.



Figura. 10. Lançamento do Columbia em 12 de Abril de 1981 - Missão STS-1. Fonte: [foguete-e-satelites.12.34 KB](#). Astronomia e Astronáutica. (Breve História).

Antes de falarmos das duas bases de lançamentos brasileiras, não podemos deixar de citar o nome de dois ícones brasileiros quando falamos em conquistar o espaço.

O primeiro, o de Alberto Santos Dumont, inventor contumaz, criador do avião, ele próprio, piloto do primeiro voo, que há mais de cem anos, com o 14BIS, cruzou o céu de Paris. O outro, masterizado pelo sonho de menino de interior que olhava o céu, cobiçando-o como parte de seu ser. Marcos Pontes, desde menino, dedica-se a ajudar sua família, conjugando os estudos em escola pública e o trabalho nas horas restantes, de modo a cumprir o ideal de tornar-se militar e piloto da força Aérea Brasileira.

Aproveita as inscrições abertas pela Agência Espacial Brasileira (AEB), em 1998, para fazer frente à futura demanda do Brasil por astronautas, no projeto da Estação Espacial Internacional (ISS). Inscreve-se no concurso e sai vencedor. Por esse motivo, Marcos renuncia à carreira militar, pela qual entregara o esforço de sua juventude, em razão das características pacífica e civil que, em todo mundo, são atribuídas às funções dos astronautas. Isso vai ligá-lo inexoravelmente à figura do pai da aviação, uma vez que o centenário do voo de Dumont será comemorado com a missão que tem esse nome e que o levará a tornar-se o brasileiro a ganhar o espaço sideral, em 2006. Dumont e Pontes têm em comum, além do gosto pelo céu, a entrega abnegada e determinada a conquistar metas e desafios. Para isso, não medem esforços que incluem: a mudança de para outros países, a distância da família, o convívio inusitado e a necessidade de adaptação ao clima, ao modo de vida e aos idiomas. (extraído do prefácio: Missão Cumprida- A História Completa da Primeira Missão Espacial Brasileira, 1ª ed.

Trazemos aqui algumas curiosidades dos dois Centros de Lançamento no Brasil, o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), no Maranhão e o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), em Natal-RN.

### **Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)**

A História deste centro espacial que mudaria a rotina da cidade de Alcântara começou em 1979 quando a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais – COBAE, propôs ao governo federal que um novo Centro de Lançamento fosse criado para atender as demandas da época de foguetes maiores, como o VLS-1 (Veículo Lançador de Satélites). Dado ao tamanho do foguete a operação de lançamento não poderia acontecer no CLBI, no estado do Rio Grande do Norte.

Porém antes de criar o que vem a ser hoje o CLA, foi necessário criar a Missão Espacial Completa Brasileira – MECB, que tinha como objetivo desenvolver, projetar um



Figura 11. Imagem mostrando a Base de lançar Foguetes localizada na cidade de Alcântara. FAB. Fonte – Bases lançadora de Foguetes do Brasil.

programa espacial completo, abrangendo tanto a área de satélites, quanto a de foguetes lançadores.

Após estudos para se chegar a uma conclusão foi decidido que o novo Centro de Lançamento Brasileiro iria se instalar na cidade de Alcântara - MA. A localização a apenas 2° abaixo da Linha do Equador é bem satisfatória para alguns tipos de lançamentos.

Em 1982 criado o Grupo para Implantação do Centro de Lançamento de Alcântara – GICLA, hoje chamado apenas de CLA. No ano seguinte foi a vez de criar o Núcleo do Centro de Lançamento de Alcântara – NUCLA, que tinha como missão oferecer a infraestrutura local, bem como garantir a segurança dos técnicos e engenheiros.



Figura 12. Veículo Lançador de Satélites (VLS)- Foto: Autor desconhecido. Fonte – Bases lançadora de Foguetes do Brasil.

## Lançamentos no CLA:

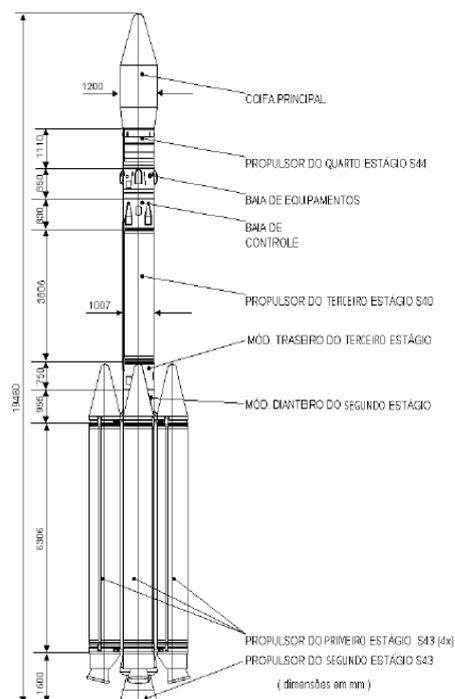
O projeto espacial VLS (Veículo Lançador de Satélite) nasceu quase junto com o próprio CLA, mais especificamente em 1985.

Passados os anos de estudo para desenvolver o VLS-1, o seu voo o aconteceria em 1997. Todavia, durante a ignição um dos quatro propulsores teve um problema e o foguete teve que ser destruído. Em 1999 foi a vez de testar o VLS-2 que após o lançamento acabou explodindo. De acordo com a investigação da época a causa do acidente foi a penetração de chama na parte superior do bloco de propelente do propulsor do segundo estágio.

Quando falamos do CLA não tem como não lembrar do acidente com um foguete na torre de lançamento do centro. Estamos falando do V03 da Operação São Luiz que em 2003, explodiu enquanto técnicos estão trabalhando nele. O acidente além de destruir a estrutura de montagem do foguete, matou 21 técnicos, a figura 14 mostra o triste episódio.

A investigação apontou que houve um acionamento prematuro ocorrido três dias antes do lançamento do V03.

Em 2012 foi instalada na nova torre de 33 metros uma fiação que fornecia corrente elétrica para os um dos estágios do foguete.



Arte dos detalhes do VLS Figura 13. Veículo Lançador de Satélites (VLS)- Foto: Autor desconhecido.  
Fonte – Bases lançadora de Foguetes do Brasil.



Figura 14. Foto: Via Internet. Fonte – Bases lançadora de Foguetes do Brasil. (Essa figura mostra o trágico acidente na base de Alcântara -MA onde na ocasião morreram 21 técnicos).

No ano de 2015 uma outra explosão aconteceu no CLA, desta vez foi com um foguete sub-orbital VS-40M V3 explodiu no momento de ignição destruindo todo o foguete, neste caso, no entanto, não houve vítimas.

### **CLA Atualmente**

O triste episódio com o V03 foi bem negativo para os projetos espaciais do Brasil que após o acidente não ganharam muita força. No entanto, o CLA continuou a fazer lançamentos menores da FAB.

No ano de 2019 o CLA voltou a ser destaque devido a abertura do centro para lançamentos internacionais, ou seja, empresas de fora poderão usar o espaço do CLA para realizar seus lançamentos. Vale lembrar que o local de instalação do centro tem um grande destaque positivo para a realização de lançamentos.

Em 2020

a AEB (Agência Espacial Brasileira) fez um chamamento público para as empresas que pudessem se interessar para o uso do espaço do CLA. E o primeiro lançamento a partir do centro de Alcântara está previsto para 2021.

### **CLBI (Centro de Lançamento da Barreira do Inferno)**



Figura 15. Foto: Via internet. Centro de Lançamento de Foguetes em Natal - RN Fonte – Bases lançadora de Foguetes do Brasil.

Outro centro de lançamento que temos no Brasil é o da Barreira do Inferno, sediado na cidade de Natal-RN.

O CLBI nasceu em 1965 sendo assim a primeira base de lançamentos do Brasil, bem como da América do Sul.

No centro são concentrados os lançamentos de pequenos e médios veículos, e o primeiro lançamento aconteceu em 1965, no mesmo ano de sua inauguração. O estreante foi um foguete sonda dos EUA, conhecido por Nike Apache.

Os lançamentos ocorrem no CLBI desde sua criação, lançamento estes dos mais variados desde sondagem meteorológicas até veículos de quatro estágios.

O CLBI tem uma grande presença militar inclusive das demais forças o que significa que tem uma coletividade de ideias entre os militares.

Neste centro também funciona a central de rastreamento do foguete francês Ariane V, que é lançado do Centro Espacial de Kourou, Guiana Francesa.

### 2.1.1 As Contribuições da OBA e MOBFOG

A astronomia é um ramo da ciência que estuda os corpos celestes e os fenômenos que se originam fora da atmosfera da Terra. A mais antiga das ciências, sempre despertou no homem a vontade de conhecer cada vez mais sobre a sua existência, sobre o universo que o cerca.

As olimpíadas científicas, particularmente a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) e a Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), são competições para

alunos do ensino fundamental e médio que objetivam a encontrar talentos nas diversas áreas de conhecimento.

Segundo Rezende (2012), as olimpíadas científicas pautam-se na ideia de que a construção do conhecimento científico se baseia na contribuição de conhecimentos individuais, mais também na realização de encontros, debates e trocas de experiências. Essas competições podem servir como desafio para os estudantes, para que eles possam entender melhor os conceitos estudados em sala de aula, aumentar o interesse, além de melhorar o rendimento escolar.

Porém, sabemos que existem muitas dificuldades em compreender os conteúdos que estão sendo incluídos no currículo da disciplina, tais como abstrações teóricas e aplicações de fórmulas. Portanto, buscar formas e métodos que possam favorecer este ensino nos parece apropriado.

À vista disso, percebe-se a necessidade de propiciar atividades experimentais, pelo fato de serem ferramentas capazes de promover uma percepção dos fenômenos estudados, favorecendo e contribuindo para uma boa formação dos alunos em sala de aula, para que, assim, eles possam compreender de forma consistente os conteúdos apresentados no âmbito escolar.

De acordo com os autores Wilsek e Tosin (2009), “Ensinar Ciências por Investigação significa inovar, mudar o foco da dinâmica da aula deixando de ser mera transmissão de conteúdo.

A OBA é uma competição científica organizada anualmente pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) em parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB). E tem como objetivos a promover o estudo da Astronomia entre alunos do ensino fundamental e médio; incentivar e colaborar com os professores.

A OBA surgiu com o interesse para o desenvolvimento da ciência, dando a oportunidade de o Brasil participar de eventos internacionais, pois em 1998, o mesmo só participava da Olimpíada Internacional de Matemática. Assim, podemos afirmar que a OBA tem um papel fundamental para o desenvolvimento da educação dos jovens que buscam interesse pela astronomia e astronáutica, sendo uma importante ferramenta de alfabetização científica. A primeira OBA, que na época chamava-se apenas Olimpíada Brasileira de Astronomia, foi realizada no dia 22 de agosto de 1998, com aplicação simultânea em todo o país, voltada aos conhecimentos de astronomia. A prova teve dois níveis: nível 1, para estudantes até 16 anos e, nível 2, para estudantes até 18 anos. A idade

se enquadrava na III Olimpíada Internacional de Astronomia (OIA). Os cinco melhores resultados representaram o Brasil na III OIA que ocorreu na Rússia, em 1998.

A primeira edição da OBA contou com a participação de 150 escolas representando 12 estados brasileiros. Esse evento só cresceu aumentando o número de participantes e alcançando todos os estados brasileiros. Hoje a OBA é aplicada por níveis da seguinte maneira:

- Nível 1: Destinada aos alunos do 1º ao 3º ano do ensino fundamental. Duração: 2 horas;
- Nível 2: Destinada aos alunos do 4º ao 5º ano do ensino fundamental. Duração: 2 horas;
- Nível 3: Destinada aos alunos do 6º ao 9º ano do ensino fundamental. Duração: 2 horas;
- Nível 4: Destinada aos alunos de qualquer série ou ano do ensino médio. Duração: 4 horas.

Com a grande expansão da OBA, nasceu a Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), um evento que teve início em 2007 e desde então só cresceu o número de participantes, como mostra o site da OBA1. Para participar da MOBFOG, o aluno é primeiramente incentivado a realizar a prova teórica da OBA com questões de astronomia e astronáutica. Após essa etapa, são realizados os lançamentos de foguetes com os alunos da escola, sendo que o maior alcance poderá representar a escola, em nível nacional, no Rio de Janeiro. Para isso acontecer é preciso alcançar a meta estipulada pela organização do evento. Por exemplo: a meta é 120 m, a equipe A atingiu 118 m e a equipe B 122 m, assim, a equipe B será convocada para representar a escola na MOBFOG. Em função dos níveis explicitados, são desenvolvidos quatro diferentes tipos de foguetes, a saber:

- Nível 1: Foguete construído pelos alunos a partir de dois canudos de refrigerantes (um grosso e outro fino) que voa por simples impulso.
- Nível 2: Foguete construído pelos alunos a partir de um canudo de papel que voa também por simples impulso.
- Nível 3: Foguete construído pelos alunos a partir de duas garrafas pets de qualquer volume. Construção de uma base de lançamento. Combustível permitido: somente o ar comprimido por uma bomba manual.
- Nível 4: Foguete construído pelos alunos a partir de duas garrafas pets de qualquer volume. Construção de uma base de lançamento. Combustível permitido:

somente a mistura, em qualquer proporção, de vinagre com concentração de 4% de ácido acético e bicarbonato de sódio (puro ou contido no fermento em pó).

### 2.1.2 A Construção de Foguetes no Contexto do Ensino da Física

No contexto educacional atual, o ensino desenvolvido nas escolas brasileiras, de uma maneira geral, tem buscado inovar com recursos didáticos e estratégias metodológicas para que os estudantes se envolvam e compreendam os conceitos científicos. Isso é promissor, principalmente na área da Física, pois geralmente os estudantes enfrentam dificuldades para analisar os aspectos físicos de determinados fenômenos, sendo que utilizar recursos didáticos alternativos pode ser crucial para entender os conceitos em pauta.

Ademais, o estudo sobre as diferentes práticas pedagógicas, vem sendo bastante discutido nas últimas décadas. Dentre elas, destaca-se o uso das atividades experimentais, considerada, por muitos professores, como indispensável para o bom desenvolvimento do ensino. A experimentação como estratégia de ensino pode ser um fator importante no desenvolvimento das aulas, em especial as de Física, ainda mais que boa parte dos estudantes sentem dificuldades ao estudarem essa ciência.

Do ponto de vista científico, o lançamento de foguete, a partir de materiais alternativos, permite analisar e explorar vários conceitos físicos, que, no geral, não são vistos em sala de aula. Além disso, a atividade é capaz de aguçar a curiosidade dos estudantes quanto a alguns conceitos físicos importantíssimos, tais como: momento, energia, trajetória e movimento.

Cabe ressaltar que o funcionamento básico de um foguete se dá pela conservação de momento, que é basicamente quanto movimento um corpo tem (OLIVEIRA, 2018). Um exemplo clássico é uma pessoa segurando uma pedra em cima do gelo; se ela joga a pedra para frente a pedra ganha momento, só que na ausência de forças externas um momento sempre é conservado. Isso significa que, como a pedra ganha movimento e se move para uma direção, a pessoa também ganha momento e se move para direção contrária. Agora vamos supor que essa pessoa queira ir mais rápido, ela pode fazer isso de duas maneiras: ou ela aumenta massa da pedra e joga uma massa maior, ou ela joga a mesma pedra com uma velocidade maior. Nos dois casos o resultado seria o mesmo, uma pessoa deslizando no gelo com uma velocidade maior. (Hewitt, Paul G - 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015).

Esse mesmo princípio supracitado faz nossos foguetes funcionarem, só que ao invés de jogar pedras, eles estão queimando combustível. No contexto desse estudo, elaboramos foguetes de garrafa PET, utilizando como combustível uma mistura de vinagre e bicarbonato de sódio. Quando o vinagre entra em contato com o bicarbonato de sódio gera como produto o ácido carbônico, e esse ácido imediatamente se decompõe em dióxido de carbono. Tal reação química com desprendimento gasoso aumenta a pressão no interior da garrafa. A pressão aumenta a tal ponto, que o mecanismo de lançamento é acionado, a água e o gás resultantes da reação são violentamente expulsos (ação) e empurram (reação) a garrafa na mesma direção, mas no sentido oposto. (Fonseca, M. R. M. Química – 1ª Edição – 2013.)

Outro fator importante é que a resultante das forças que atuam em foguete pode ser calculada entre o empuxo, que o direciona para cima, e o peso do mesmo, direcionando-o para baixo (OLIVEIRA, 2018). Ou seja, para que um foguete suba seu empuxo deve ser maior do que a força peso que atua sobre ele.

De uma maneira mais ampla, ao pesquisar e construir o experimento, esperou-se que os estudantes desenvolvessem habilidades de comunicação, controle de variáveis, interpretação de fórmulas e dados, visão, criatividade e capacidade de investigação. Assim, o objetivo do presente texto é descrever uma atividade experimental para ensinar conceitos físicos envolvidos no lançamento de foguetes com materiais alternativos a estudantes ingressantes no Ensino Médio.

Esse estudo buscou ainda analisar os aspectos históricos e conceituais envolvidos no lançamento de foguete e investigar as percepções de estudantes do Ensino Médio do Centro de Ensino Eugênio Barros, sobre essa prática experimental realizada com o 1º ano do Ensino Médio.

Para melhor organização do texto, inicialmente comentaremos sobre o contexto histórico dos foguetes, princípios e seu funcionamento. Com isso, elucidamos a importância da prática experimental no ensino de Física na Educação Básica. Ao término da descrição da atividade pedagógica, são ilustrados os lançamentos e os dados coletados via questionário, a fim de verificar se a prática de experimentação foi eficaz para o aprendizado desses estudantes.

## **2.2 O Foguete de garrafa pet no Ensino e Aprendizagem da Física no Ensino Médio: o que dizem as pesquisas?**

Nos dias atuais, o ensino de Física no Brasil ainda é pouco pesquisado e difundido, sendo muitos os fatores que contribuem para essa realidade. Analisando alguns dados históricos, segundo Rosa e Rosa (2005, p. 4), no Brasil, o ensino de Física passou a atuar de forma mais efetiva nas escolas em 1837, com a fundação do Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro. E no ano de 1934 foi criado o primeiro curso de graduação em Física no Brasil, *Sciencias Physica*, junto a Faculdade de *Philosophia Sciencias e Letras* da Universidade de São Paulo. Nota-se que a formação era de bacharéis e licenciados, onde esses últimos lecionavam em escolas, desde o Ensino Fundamental até o Ensino Superior.

É importante discorrer que, segundo Rezende (1987), o desenvolvimento científico no Brasil, em particular a Física, só veio ocorrer em meados dos anos 50. Os motivos desse atraso estão ligados à política de colonização exploratória, imposta pela metrópole, Portugal, que por sua vez também teve um atraso científico e cultural em relação ao restante dos países da Europa (COSTA; BARROS, 2015).

Silva (2018, p. 13) afirma que:

Apesar disso, é oportuno ressaltar que nos últimos 18 anos foram delineadas políticas públicas com o propósito de reformular a prática escolar vigente, tais como: a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional-LDBEN, em 1996, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-PCNEM, em 1997, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação-DCN, em 2001, o Exame Nacional do Ensino Médio ENEM, em 1998, o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes-ENADE, em 2004, e a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, em 2008.

Em outras palavras, mesmo com o notório atraso científico brasileiro, é preciso considerar que também ocorreram avanços para a divulgação da ciência por meio das instituições de ensino. Atualmente contamos com o auxílio das novas tecnologias da informação e comunicação e de metodologias de ensino que podem contribuir significativamente para contornar esses fatos. Um exemplo evidente são as práticas experimentais, bem como as simulações computacionais e os jogos didáticos, que estão cada vez mais sendo utilizados em sala de aula, ou seja, práticas com materiais alternativos e de baixo custo podem potencializar o aprendizado dos estudantes por associar teoria e prática. Ainda nessa linha de raciocínio, Santos (2005, p. 61) enfatiza que:

O ensino por meio da experimentação é quase uma necessidade no âmbito das ciências naturais. Ocorre que podemos perder o sentido da construção científica se não relacionarmos experimentação, construção de teorias e realidade socioeconômica e se não valorizarmos a relação entre teoria e experimentação, pois ela é o próprio cerne do processo científico.

O que é possível entender é que novas metodologias podem ser fundamentais no ensino de Física, assim como uma boa teoria aliada com a prática por meio da experimentação. Para Nascimento et al. (2018), o objetivo principal das atividades experimentais deve ser levar os estudantes a pensar, debater, justificar e organizar as suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, encontradas em seu cotidiano tornando capaz de fazer a relação da prática com a teoria.

Em uma perspectiva mais lógica, analisamos um jogo de xadrez, onde todas as peças têm papel fundamental, no ensino as características são semelhantes, de maneira geral o professor torna-se coadjuvante há mediar os conhecimentos dos estudantes. Moraes (2014) acredita que para tornar a aula experimental um momento de aprendizagem e motivar os estudantes a participem de forma efetiva, a ajuda pedagógica do professor é essencial. A experimentação, quando realizada de forma planejada, torna mais efetivo os processos de ensino e aprendizagem, até mesmo por ser considerada como um fator que desperta o interesse dos estudantes em todos os níveis e modalidades da escolarização. Gonçalves e Marques (2006, p. 228) afirmam que:

Entretanto, vários são os motivos que levam professores a não realizarem essa prática em suas aulas. Os professores alegam “com frequência, justificam o não desenvolvimento das atividades experimentais devido à falta de condições de infraestrutura”. Podemos citar também: a alegação de que a escola não apresenta com laboratórios de ciências, a experimentação não estar presente nos currículos, a ausência dessa prática na formação inicial e continuada dos professores de ciências, entre outros.

Em virtude dos fatos supracitados, para alcançar os objetivos propostos, as atividades a experimentais desenvolvidas pelo professor devem ser evidenciadas como fator importante, tanto quanto os conteúdos expositivos. Os temas da experimentação devem ser pensados, analisados e delimitados previamente pelo professor antes de sua aplicação e que possamos abusar sempre dessa ferramenta poderosa que fomenta o ensino e revela o potencial do estudante.

Nós, professores de Ciências, sabemos que a experimentação é de supra importância no Ensino de Ciências, pois ela consegue unir teoria e prática e funciona como um meio de motivar os alunos, além de facilitar a compreensão dos conteúdos que estão em pauta.

De acordo com as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná,

“As atividades experimentais estão presentes no ensino de Ciências desde sua origem e são estratégias de ensino fundamentais. Podem contribuir para a superação de obstáculos na aprendizagem de conceitos científicos, não somente por propiciar interpretações, discussões e confrontos de ideias entre os estudantes, mas também pela natureza investigativa” (PARANÁ, 2008, p.71).

Contudo, o que se observa é que essas atividades ou não acontecem por falta de laboratório ou por falta de preparo dos professores que não tiveram em sua formação aulas de laboratório ou quando acontecem são atividades que visam apenas relacionar teoria e prática não provocando assim uma aprendizagem significativa.

Historicamente, a ciência avançou conforme a necessidade daqueles que detém o poder, ou dos que querem tomá-lo para si (GUERRA, 2015). Para ganhar uma guerra, uma nação se empenha totalmente e, ao final, os possíveis avanços tecnológicos obtidos são inseridos posteriormente em benefício da sociedade em diversos campos do conhecimento. Seguindo essa linha, em 1650, Kazimierz Siemienowicz, tenente-general lituano de Artilharia, escreveu um manuscrito bastante detalhado sobre foguetes e pirotecnia. Sua obra: *A grande arte da artilharia* (1651) se tornou um manual fundamental para a construção dos foguetes, influenciando até mesmo nos foguetes que levaram o homem ao espaço (SHEARER, VOGT; 2008).

Apesar do fascínio do ser humano com o espaço, o que motivou o grande avanço tecnológico nessa área, conforme Damineli e Steiner (2010), foi a disputa pelo poder mundial. Com isso, trabalhos como os de Konstantin Tsiolkovsky, Robert Goddard, entre outros, passaram a ser estudados mundialmente para fins bélicos, e, por fim, como uma ferramenta de exploração espacial. Nesse campo, destacaram-se: Wernher Magnus Maximilian von Braun, alemão naturalizado americano, e o soviético Sergei Korolev (NASA, 2001).

Dentre as principais conquistas desse período, podemos citar o primeiro satélite a ser posto em órbita, o Sputnik 1 (1957), por parte da URSS, e a resposta americana no ano seguinte, com o Explorer 1, um foguete de 14 quilogramas que é posto em órbita, marcando o início da corrida ao espaço. Essa corrida foi marcada por vários acontecimentos, dentre os mais importantes se destacam: o primeiro animal – a cadela Laika - a ir para espaço num satélite, a bordo do Sputnik 2 (1957); o primeiro homem a ir ao espaço, o soviético Yuri Gagarin, que deu uma volta completa na Terra a bordo da

Vostok 1; a chegada do homem à Lua em 1969; a construção da Estação Espacial 31 Internacional (ISS) em parceria entre EUA e URSS, que tinha como objetivo comum o melhorar as condições de vida na Terra.

Tanto os cientistas da URSS quanto os do EUA não tinham certeza se o homem poderia sobreviver a um voo num foguete espacial, nem mesmo conseguiam estimar todos os perigos de uma viagem ao espaço. Para resolver esse problema, ambas as superpotências recorreram a uma ajuda animal: a URSS (antiga União Soviética) utilizando cães, e os EUA utilizando chimpanzés. Ambas as potências fizeram o possível para poupar seus homens, o que não quer dizer que eles sempre tivessem o mesmo empenho para proteger seus pets, como foi o caso da cadela Laika (BURGESS, DUBBS; 2007).

Ainda de acordo com os autores supracitados, Laika foi uma cadela espacial soviética que se tornou um dos primeiros animais a serem lançados no espaço e o primeiro deles a orbitar a Terra. Laika, uma vira-lata das ruas de Moscou, foi selecionada para ser a ocupante da nave espacial soviética Sputnik 2, que foi lançada ao espaço sideral em 3 de novembro de 1957 (BURGESS, DUBBS; 2007).

Em entendimento sobre a utilização dos animais na pesquisa passou por várias mudanças ao longo da história, tendo o seu marco principal a proclamação da Declaração Universal dos Direitos dos Animais, em 1978, que reconhecia o direito à vida a todos os seres vivos, propondo que todos os animais deviam ser tratados com dignidade e respeito (BAEDER; 2012).

Para finalizar, cabe ressaltar sobre os novos rumos dos programas espaciais em todo o planeta. Em retrospectiva, a exploração espacial por muitos é considerada como uma aventura heroica da espécie humana, atingindo seu ápice na saga APOLLO 13 na década de 70 e depois perdeu muito do seu fervor. Do lado positivo, é inegável que de 1970 até os dias atuais, ocorreu evolução tecnológica e desenvolvimento industrial na área, ao de grande progresso científico (BURGESS, DUBBS; 2007).

Cabe ressaltar que os primeiros modelos de foguetes surgiram na China, em forma de fogos de artifícios em festivais religiosos, feitos de canos de bambu cheios de pólvoras. Os chineses foram os primeiros de forma experimental a utilizarem esse tipo de artefato para fins militares. Nos seus experimentos descobriram que os tubos contendo pólvora, poderiam ser lançados de forma abrupta, com o impulso dos gases liberados nessa reação química.

Em seu estudo, Oliveira (2019) conota a que os primeiros foguetes chineses só apareceram em 1232, na batalha de KaiKeng como “flechas voadoras”, entre os chineses e

mongóis. Nascia então projeto dos primeiros foguetes, somente na transição do século XIX para século XX, os foguetes mais desenvolvidos surgiram, conhecidos como mísseis balísticos, e utilizados como propulsor para veículos espaciais, desenvolvendo em grande escala os estudos em astronomia.

### **3 PRESSUPOSTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL**

#### **3.1 Os organizadores prévios**

Quando o aprendiz não dispõe de subsunçores adequados que lhe permitam atribuir significados aos novos conhecimentos, costuma-se pensar que o problema pode ser resolvido com os chamados organizadores prévios, solução proposta até mesmo por Ausubel, mas que, na prática, muitas vezes não funciona. Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.

Há dois tipos de organizadores prévios: quando o material de aprendizagem é não familiar e o aprendiz não tem subsunçores, recomenda-se o uso de um organizador expositivo que, supostamente, faz a ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o material fosse potencialmente significativo. Nesse caso, o organizador deve prover uma ancoragem ideacional em termos que são familiares ao aprendiz. Quando o novo material é relativamente familiar, o recomendado é o uso de um organizador comparativo que ajudará o aprendiz a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo, a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes nessa estrutura que são essencialmente diferentes, mas que podem ser confundidos.

Em outras palavras, organizadores prévios podem ser usados para suprir a deficiência de subsunçores ou para mostrar a relacionalidade e a discriminabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos já existentes, ou seja, subsunçores.

Com a primeira finalidade os resultados têm sido modestos: a pesquisa (e.g., Luiten et al., 1978) tem mostrado que o efeito dos organizadores prévios existe, mas é pequeno. Se o aluno não tem subsunçores relevantes à aprendizagem de novos conhecimentos, o melhor é facilitar, promover, a sua construção antes de prosseguir.

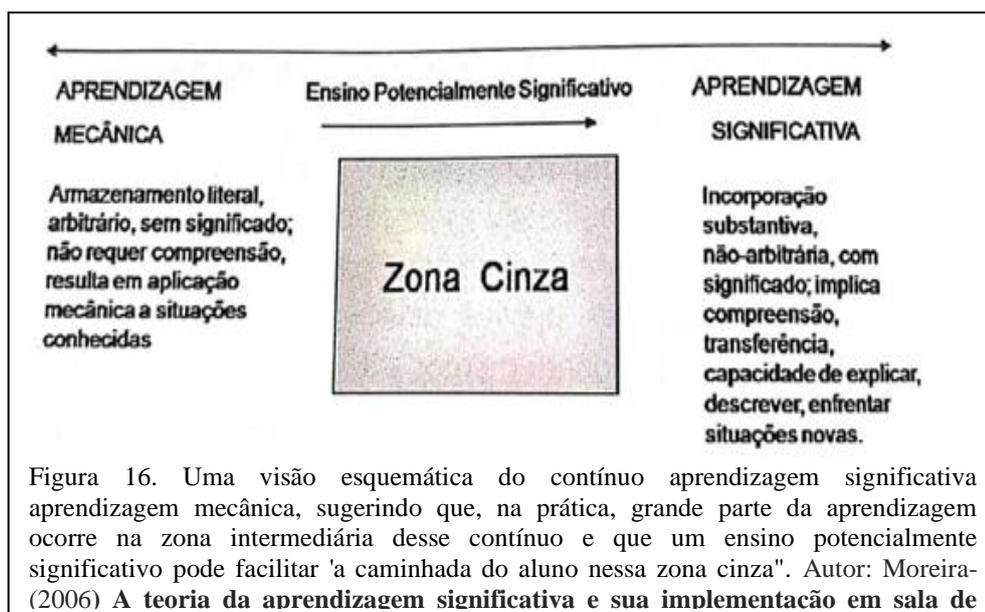
Como recurso para mostrar que novos conhecimentos estão relacionados com conhecimentos prévios, organizadores devem ser sempre utilizados no ensino, pois o aluno muitas vezes não percebe essa racionalidade e pensa que os novos materiais de aprendizagem não têm muito a ver com seus conhecimentos prévios. Organizadores prévios devem ajudar o aprendiz a perceber que novos conhecimentos estão relacionados a ideias apresentadas anteriormente, a subsunções que existem em sua estrutura cognitiva prévia.

Por exemplo, antes de introduzir o conceito de campo eletromagnético, o professor deve retomar o conceito de campo em um nível mais alto de abstração e inclusividade e, também, "resgatar" o conceito de campo gravitacional anteriormente aprendido. Outros exemplos: antes de trabalhar o conceito de emulsão, pode-se discutir com os alunos a maneira de preparar maionese; antes de falar em taxonomia, pode-se classificar de várias maneiras um conjunto de botões de diferentes cores, tamanhos, materiais, finalidades.

### **3.1.1 Aprendizagem Significativa X Aprendizagem mecânica**

Até agora, falou-se muito em aprendizagem significativa, na variável que mais a influência, nas suas condições de ocorrência e em um recurso instrucional que pode facilitá-la. No entanto, a aprendizagem que mais ocorre na escola é outra: a *aprendizagem mecânica*, aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada, logo após. Em linguagem coloquial, a aprendizagem mecânica é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos alunos e tão incentivada na escola. Puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada, logo após. Em linguagem coloquial, a aprendizagem mecânica é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos alunos e tão incentivada na escola.

Cabe, no entanto, destacar que aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia: estão ao longo de um mesmo contínuo. Tal como sugere a figura 16, há uma “zona cinza” entre elas.



A existência desse contínuo entre aprendizagem significativa e mecânica implica alguns esclarecimentos:

- a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica, pois, ao final do processo, a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; na prática, tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica.
- a aprendizagem significativa é progressiva, a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados que não é imediato. Ao contrário, é progressivo, com rupturas e continuidades e pode ser bastante longo, analogamente ao que sugere Vergnaud (1990) em relação ao domínio de um campo conceitual;
- aprendizagem significativa depende da captação de significados (Gowin, 1981), um processo que envolve uma negociação de significados entre discente e docente e que pode ser longo. É também uma ilusão pensar que uma boa explicação, uma aula "bem dada" e um aluno "aplicado" são condições suficientes para uma aprendizagem significativa. O significado é a parte mais estável do sentido e este depende do domínio progressivo de situações-problema, situações de aprendizagem. No caso da aprendizagem de conceitos, por exemplo, Vergnaud (op.cit.) toma como premissa que são as situações-problema, que dão sentido aos

conceitos e que o aprendiz vai dominando situações progressivamente mais complexas, dentro de uma dialética entre conceitos e situações.

### **3.1.2 Aprendizagem Receptiva X Aprendizagem por Descoberta**

Aprendizagem receptiva é aquela em que o aprendiz "recebe" a informação, o conhecimento, a ser aprendido em sua forma final. Mas isso não significa que essa aprendizagem seja passiva, nem que esteja associada ao ensino expositivo tradicional. A "recepção" do novo conhecimento pode ser, por exemplo, através de um livro, de uma aula, de uma experiência de laboratório, de um filme, de uma simulação computacional, de uma modelagem computacional, etc. Aprender receptivamente significa que o aprendiz não precisa descobrir para aprender. Mas isso não implica passividade. Ao contrário, a aprendizagem significativa receptiva requer muita atividade cognitiva para relacionar, interativamente, os novos conhecimentos com aqueles já existentes na estrutura cognitiva, envolvendo processos de captação de significados, ancoragem, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

Aprendizagem por descoberta implica que o aprendiz primeiramente descubra o que vai aprender. Mas, uma vez descoberto o novo conhecimento, as condições para a aprendizagem significativa são as mesmas: conhecimento prévio adequado e predisposição para aprender. Exceto em crianças pequenas, a aprendizagem por descobrimento não é condição para aprender de maneira significativa. De um modo geral, não é preciso descobrir para aprender significativamente. É um erro pensar que a aprendizagem por descoberta implica aprendizagem significativa. Adultos, e mesmo crianças já não tão pequenas, aprendem basicamente por recepção e pela interação cognitiva entre os conhecimentos recebidos, i.e., os novos conhecimentos e aqueles já existentes na estrutura cognitiva. Seria inviável para seres humanos aprender significativamente a imensa quantidade de informações e conhecimentos disponíveis no mundo atual se tivessem que descobri-los.

Mas dizer que a aprendizagem humana é essencialmente receptiva ou dizer que não é preciso descobrir para aprender não significa ser contra a aprendizagem a aprendizagem por descoberta, a qual do ponto de vista didático pode, por exemplo, ser importante como motivadora ou mais adequada para facilitar certas aprendizagens, tais como procedimentos científicos.

É preciso também ter claro que a aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta não constituem uma dicotomia. Assim como há um contínuo entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, há outro entre aprendizagem por recepção e aprendizagem por descobrimento. Que dizer, o conhecimento não é necessariamente, construído ou por recepção por descoberta. Novamente aí há uma “zona cinza” entre os extremos do contínuo. Determinados processos de ensino-aprendizagem situar-se-ão em distintas posições nesse contínuo dependendo, por exemplo, do nível de escolaridade em que se está trabalhando. No ensino médio e superior predomina fortemente a aprendizagem receptiva. Ensino centrado no aluno não é sinônimo de aprendizagem por descoberta.

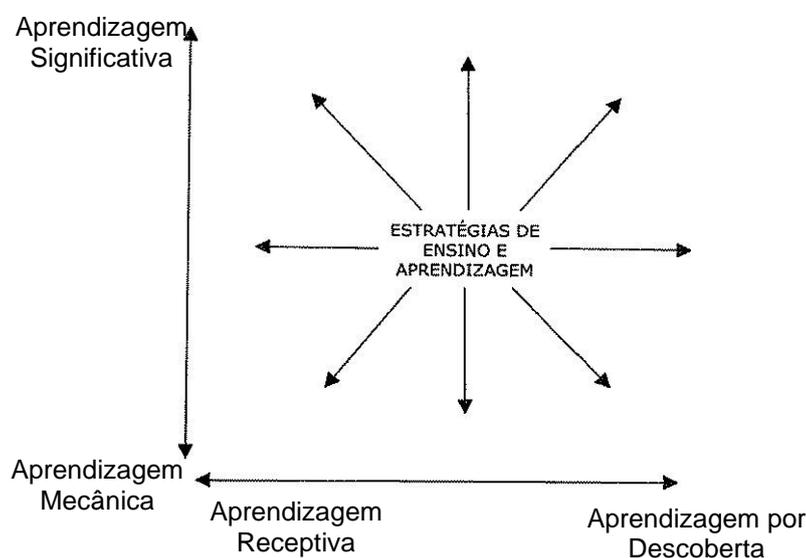


Figura 17. Um hipotético sistema de coordenadas formado pelos eixos aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa e aprendizagem receptiva x aprendizagem por descoberta. Autor: Moreira – (2006). **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.**

Aprendizagem por descoberta não leva necessariamente à aprendizagem significativa. Aprendizagem receptiva não é o mesmo que aprendizagem mecânica. É preciso ter cuidado com certas associações e falsas dicotomias e aprender a trabalhar na “zona cinza”. A aprendizagem por descoberta dirigida, tão defendida por Bruner (1963), é um exemplo de metodologia que se situa na zona intermediária entre a recepção e a descoberta. Pode ser muito adequada para as aulas de laboratório, por exemplo.

A Figura 2 (17) sugere que diferentes estratégias de ensino/aprendizagem podem situar-se em distintas posições em um hipotético sistema de coordenadas formado pelos

eixos aprendizagem mecânica x significativa e aprendizagem receptiva x por descobrimento.

### **3.1.3 Formas e Tipos de Aprendizagem Significativa**

Pode-se distinguir entre três formas de aprendizagem significativa: por subordinação, por superordenação e de modo combinatório. Analogamente, pode-se identificar três tipos de aprendizagem significativa: representacional (de representações), conceitual (de conceitos) e proposicional (de proposições).

A aprendizagem significativa é dita subordinada quando os novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados, para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos já existentes na sua estrutura cognitiva.

Por exemplo, se o aprendiz já tem uma ideia, uma representação do que seja uma escola, a aprendizagem significativa de distintos tipos de escola como escola técnica, aberta, normal, pública e outros serão aprendidos por ancoragem e subordinação à ideia inicial de escola. Mas, ao mesmo tempo, como o processo é interativo, essa ideia inicial vai se modificando, ficando cada vez mais elaborada, mais rica e mais capaz de servir de ancoradouro cognitivo para novas aprendizagens.

Suponhamos agora que o aprendiz não tivesse uma ideia mais ampla, ou o conceito, de escola, e fosse aprendendo de modo significativo o que é uma escola pública, uma escola aberta, uma escola confessional, uma escola militar etc. Ele poderia começar a fazer ligações entre diferentes tipos de escola, buscando semelhanças e diferenças e chegar, por meio de um raciocínio indutivo, ao conceito de escola. Esta seria uma aprendizagem superordenada.

A aprendizagem superordenada envolve, então, processos de abstração, indução, síntese, que levam a novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem. É um mecanismo fundamental para a aquisição de conceitos, como no exemplo dado.

Há casos, no entanto, em que a aprendizagem significativa não é nem subordinada (a mais comum) nem superordenada (mais frequente na conceitualização). É o caso em que o significado é adquirido por interação não com um determinado subsunçor (conhecimento prévio já existente na estrutura cognitiva), mas sim com um conhecimento mais amplo, mais abrangente, uma espécie de "base cognitiva", ou "base subsunçora", que

o sujeito já tem em determinado campo de conhecimentos. Por exemplo, para entender relações escola-sociedade, ou perguntas do tipo "Que escola a sociedade quer?", provavelmente, não é suficiente ter os conceitos de escola e de sociedade. Ou, para entender o significado de certas fórmulas físicas ou químicas, não basta ter os conceitos nela envolvidos, é preciso um conhecimento mais amplo de Física ou Química.

Aprendizagem *combinatória* é, então, uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específica do que os conhecimentos originais. Possui alguns atributos criteriais, alguns significados comuns a eles, mas não os subordina nem *superordena*.

No que se refere a tipos de aprendizagem significativa, a mais elementar, porém a mais fundamental, pois dela dependem os outros tipos, é a aprendizagem representacional.

Aprendizagem representacional é a que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa apenas o referente que representa.

Por exemplo, se para uma criança a palavra mesa (um símbolo linguístico) significa apenas a mesa de sua casa, ela não tem ainda o conceito de mesa apenas uma representação. O mesmo vale para um adulto frente a eventos e objetos em relação aos quais não identificou atributos e regularidades que definiriam o conceito correspondente.

Ainda que a aprendizagem representacional seja próxima à aprendizagem mecânica, ela é significativa porque o símbolo significa um referente concreto. Na aprendizagem mecânica a relação símbolo objeto/evento é apenas associativa, sem significado.

A aprendizagem representacional está muito relacionada a um segundo tipo de aprendizagem significativa, a aprendizagem conceitual, ou de conceitos. Conceitos indicam regularidades em eventos ou objetos. Retomando o exemplo da mesa, quando uma pessoa tem o conceito de mesa, o símbolo mesa representa uma infinidade de objetos (não apenas um, como no caso da aprendizagem representacional) com determinados atributos, propriedades, características comuns. No entanto, para chegar ao conceito de mesa, provavelmente, o sujeito passou por representações de mesa. Por outro lado, uma vez construído o conceito, ele passa a ser representado por um símbolo, geralmente linguístico.

A aprendizagem conceitual ocorre quando o sujeito percebe regularidades em eventos ou objetos, passa a representá-los por determinado símbolo e não mais depende de

um referente concreto do evento ou objeto para dar significado a esse símbolo. Trata-se, então, de uma aprendizagem representacional de alto nível.

O terceiro tipo, a aprendizagem proposicional, implica dar significado a novas ideias expressas na forma de uma proposição. As aprendizagens representacional e conceitual são pré-requisito para a proposicional, mas o significado de uma proposição não é a soma dos significados dos conceitos e palavras nela envolvidos.

A aprendizagem proposicional pode ser subordinada, superordenada ou combinatória. Analogamente, a aprendizagem conceitual pode ocorrer por subordinação, superordenação ou combinação, relativamente a conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva. Isso sugere que as formas e tipos de aprendizagem significativa são classificações plenamente compatíveis.

### 3.1.4 Esquecimento e Reaprendizagem

Como já foi destacado, a aprendizagem significativa não é aquela que o aprendiz nunca esquece. O esquecimento é uma consequência natural da aprendizagem significativa; é o que Ausubel chamava de assimilação obliteradora, ou seja, a perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos em relação aos conhecimentos que lhes deram significados, que serviram de ancoradouro cognitivo.

Consideremos o esquema a seguir, em que **a** é um novo conhecimento (um conceito, uma proposição, uma fórmula,) e **A** um subsunçor (um conceito, uma proposição, uma ideia, um modelo,) especificamente relevante à aprendizagem significativa de **a**:

**a** interage com **A** gerando um produto interacional **a'A'** que é dissociável em **a'+A'** durante a fase de retenção, mas que progressivamente perde dissociabilidade até que se reduza simplesmente a **A'**, o subsunçor modificado em decorrência da interação inicial. Houve, então, o esquecimento de **a'**, mas que, na verdade, está obliterado em

Portanto, diferentemente da aprendizagem mecânica, na qual o esquecimento é rápido e praticamente total, na aprendizagem significativa o esquecimento é residual, ou seja, o conhecimento esquecido está "dentro" do subsunçor, há um "resíduo" dele no subsunçor.

Quando não usamos um conhecimento por muito tempo, se a aprendizagem foi significativa, temos a sensação (boa, tranquilizante) de que, se necessário, podemos reaprender esse conhecimento sem grandes dificuldades, em um tempo relativamente

curto. Se a aprendizagem foi mecânica, a sensação (ruim, de perda de tempo no passado) é de que esse conhecimento nunca foi aprendido, e não tem sentido falar em reaprendizagem.

No início, a vantagem da aprendizagem significativa sobre a mecânica é a compreensão, o significado, a capacidade de transferência a situações novas (na aprendizagem mecânica o sujeito é capaz apenas de lidar apenas com situações conhecidas, rotineiras). Mais tarde, a vantagem está na maior retenção e na possibilidade de reaprendizagem (que praticamente não existe quando a aprendizagem é mecânica) em muito menos tempo do que a aprendizagem original.

### **3.1.5 Unidade de Aprendizagem Potencialmente Significativa (UAPS)**

Nossa proposta é a construção de uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa. Porém, partindo das premissas de que não há ensino sem aprendizagem, de que o ensino é o meio e a aprendizagem é o fim, decidimos fazer uma relação entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Com a intenção de contribuir para modificar, pelo menos em parte, essa situação, propõe-se neste trabalho a construção de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. São sequências de ensino fundamentadas teoricamente e práticas (experimentação- Construção da Base Lançadora do Foguete e a Construção do Foguete), voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula.

Captação de significados: os conhecimentos (conceitos, proposições, construtos, ...) de uma determinada matéria de ensino têm significados que são aceitos no contexto dessa matéria, que são compartilhados por uma comunidade de usuários; para aprender significativamente essa matéria, o aluno tem que, primeiramente, captar esses significados para, então, decidir se quer incorporá-los a sua estrutura cognitiva de maneira substantiva e não-arbitrária; para Gowin (1981), a captação de significados é anterior, e condição, à aprendizagem significativa.

A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa. (Marco Antonio Moreira. Pág. 04 – versão 06.).

A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais. Marco Antonio Moreira. Pág. 05- versão 06.).

### **3.2 O Foguete de Garrafa Pet no ensino e aprendizagem significativa da Física na BNCC no Ensino Fundamental e Ensino Médio**

O Ensino de Física tem passado e ainda passará por grandes mudanças com a implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). De acordo com o Ministério da Educação e Cultura (MEC), a BNCC é um documento normativo que define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. Seu principal objetivo é sustentar a qualidade da educação no país por meio de um patamar de aprendizagem e desenvolvimento a que todos os alunos têm direito.

Os documentos da BNCC referentes às etapas da Educação Infantil e do Ensino Fundamental foram homologados em 2017. O processo de implementação se deu nos dois anos após a sua homologação. No momento em que esse trabalho está sendo feito, 2020, a BNCC já é obrigatória. No entanto, ainda há muitas dúvidas tanto por parte das escolas como por parte dos professores sobre como o Ensino de Física se encaixa na BNCC especialmente no Ensino Fundamental.

De acordo com a BNCC, o Ensino Fundamental está organizado em cinco áreas do conhecimento: Linguagens; Matemática; Ciências da Natureza; Ciências Humanas; e Ensino Religioso. A Física junto com a Química e a Biologia foram agrupadas na Área de Ciências da Natureza já que partilham do mesmo caráter empirista e/ou indutivista, visão de Ciência do século XVII, defendida por Francis Bacon.

Convém destacar, de acordo com Zanatta 2019, que na BNCC, os conhecimentos de Física, Química e Biologia estão igualmente distribuídos no Ensino Fundamental. Essa alteração vem corrigir um problema histórico, no qual sempre se priorizou os conhecimentos de Biologia, em detrimento dos conhecimentos de Física e Química, que receberam alguma atenção devido a Revolução Industrial.

A BNCC leva em conta que a sociedade contemporânea está fortemente organizada com base no desenvolvimento científico e tecnológico. A área de Ciências da Natureza deve assumir o compromisso com a formação integral dos alunos. Para tanto, precisam desenvolver competências e habilidades para debater e tomar posição sobre temas tais como alimentos, medicamentos, combustíveis, transportes, comunicações, contracepção, saneamento e manutenção de vida na Terra, dentre outros.

A versão final da BNCC justifica o ensino de Ciências, como meio necessário para:

[...] o desenvolvimento do letramento científico, que envolva a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR, 2017, p. 321).

Em outras palavras, de acordo com A BNCC (2017, p. 321)

Aprender ciências não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania.

Destaca-se, ainda, que para trabalhar o letramento científico é necessário incluir mais investigação no processo de aprendizagem. A área de Ciências, de acordo com a BNCC, precisa aproximar os alunos do Ensino Fundamental aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica. Para isso é necessário:

“[...] organizar situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras e, reconhecendo a diversidade cultural, estimulem o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilitem definir problemas, levantar, analisar e representar resultados; comunicar conclusões e propor intervenções” (BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR, 2017, p. 322).

Nessa perspectiva podemos dizer que a participação na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) está alinhada a BNCC. A MOBFOG organiza situações de aprendizagem que parte de questões desafiadoras: o que são e como funcionam os foguetes. Essas questões, somadas ao trabalho em equipe e ao exercício do protagonismo em fazer seus próprios foguetes e bases de lançamentos estimulam o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilita uma aprendizagem significativa de conceitos de física, que também, estão de acordo com o que propões a Base Nacional Comum Curricular.

O documento da BNCC da Etapa do Ensino Médio foi reformulado ao longo do ano de 2018, recebeu mais de 44 mil contribuições e foi aprovado pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) em 4 de dezembro do mesmo ano. O documento será obrigatório e irá nortear os currículos das escolas de Ensino Médio. O processo de implementação iniciará a partir do segundo ano letivo após sua publicação. De acordo com o Ministério da Educação e Cultura (MEC) o principal objetivo da BNCC para a Etapa do Ensino Médio é:

“Promover a elevação da qualidade do ensino no país, por meio de uma referência comum obrigatória para todas as escolas da educação básica, respeitando a autonomia assegurada pela Constituição aos entes federados e às escolas. No caso do Ensino Médio, o ensino não vinha atendendo aos anseios e necessidades da juventude. A BNCC – Etapa Ensino Médio é um instrumento que contribuirá na inserção dos jovens no mundo do trabalho e para que se tornem cidadãos plenos, preparados para os desafios do Século 21” (MEC, 2020).

Para tanto, de acordo com a BNCC, é necessário repensar a organização curricular para essa etapa da Educação Básica aproximando os alunos do mundo do trabalho e das dinâmicas e questões sociais e contemporâneas. Nesse sentido, para substituir o modelo único de currículo do Ensino Médio por um modelo diversificado e flexível, A Lei nº 13.415/2017 alterou a LDB, estabelecendo que:

O currículo do Ensino Médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a saber:

- I – Linguagens e suas tecnologias;
- II – Matemática e suas tecnologias;
- III – ciências da natureza e suas tecnologias;

IV – Ciências humanas e sociais aplicadas;

V – Formação técnica e profissional (LDB, Art.36; ênfase adicionada

Dessa forma, percebemos que assim como no Ensino Fundamental, a BNCC do Ensino Médio também está organizada por áreas do conhecimento. Essas áreas têm por finalidade integrar dois ou mais componentes do currículo. Também, para cada área do conhecimento, são definidas competências específicas, articuladas às respectivas competências das áreas do Ensino Fundamental, com as adequações necessárias as especificidades dos Estudantes do Ensino Médio.

Assim como no Ensino Fundamental, no Ensino Médio a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias se compromete com o letramento científico dos seus alunos. Nessa perspectiva:

“[...] a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das ciências da Natureza” (MEC, 2020).

Isso significa que a BNCC, Etapa Médio, se propõe a aprofundar os conhecimentos conceituais, sistematizados em leis, teorias e modelos, das temáticas: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Quando se fala em processos e práticas de investigação podemos destacar a necessidade de planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo. Nessa abordagem investigativa o professor deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos levando os alunos a relatar, avaliar e comunicar suas conclusões (MEC, 2020).

Nesse sentido, podemos fundamentar esse trabalho e dizer que, também está alinhado à Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio. Ao participar na Mostra Brasileira de Foguetes os estudantes se envolvem em atividades experimentais que partem de questões desafiadoras e contextualizadas que

estimula a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. Além disso, vale a pena ressaltar que a aprendizagem ocorre de forma significativa, sobretudo, de conhecimentos científicos indispensáveis relacionado as propriedades dos materiais e a mecânica newtoniana como as Leis de Newton.

Convém destacar que ao participar de atividades experimentais de construir e lançar foguetes os alunos irão desenvolver a competência específica 3 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Segunda a versão final da BNCC Etapa Ensino Médio, página 558, essa competência dentre outras coisas se propõe a investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprias das Ciências da Natureza:

Destacamos ainda que no exercício dessa competência os alunos são levados a desenvolver a habilidade 1 relacionada a essa competência, que diz respeito a:

“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” (BNCC, Versão final, p. 559, ênfase adicionada).

Portanto, não resta dúvidas que esse trabalho voltado a atividade experimental integrado a participação na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) também está alinhado à BNCC, versão final para o Ensino Médio e, promove a aprendizagem significativa de conceitos de física corroborada pela Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

David Ausubel (1918-2008) em 1963, propôs A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) em sua obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Nascido em Nova York, nos Estados Unidos, Ausubel era filho de imigrantes judeus. Segundo Rosália Maria Ribeiro de Aragão, professora aposentada da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), “seu interesse pela forma como ocorre a aprendizagem é resultado do sofrimento que ele passou nas escolas norte americanas”. Mais afinal, o que é aprendizagem significativa? Segundo Marcos Antônio Moreira:

é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Caracteriza-se

pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2010).

De acordo com Moreira, substantiva significa não literal, não ao pé-da-letra. O que o aluno incorpora é a substância do novo conhecimento e não as palavras precisas usadas para expressá-las. E não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aluno ao qual Ausubel chamava de 22 subsunçor ou ideia-âncora. Podemos dizer que substantivada e não-arbitrariedade são características básicas da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Assim, na perspectiva ausubeliana, aprender significativamente é ampliar e reorganizar ideias já existentes na estrutura cognitiva e com isso ser capaz de relacionar e acessar novos conhecimentos. Quanto maior o número de “links” feitos, mais consolidado estará o conhecimento. Fica, então, claro que:

“O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influência novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito” (MOREIRA, 2010).

Vale a pena ressaltar que o conhecimento prévio nem sempre é uma variável facilitadora, ou seja, não é sinônimo de aprendizagem “correta”, de acordo com Moreira. Mesmo que um aluno consiga atribuir significados a um novo conhecimento, ancorando-o interativamente em conhecimentos prévios, a aprendizagem é significativa, independente de se estes são os aceitos ou não no contexto de alguma matéria de ensino.

Fica claro, então, que quando se leva em conta o que o aluno já sabe e, se usa um material potencialmente significativo contando, também, com a predisposição do aluno em aprender, é grande a probabilidade de o processo de ensino ocorrer de forma significativa. No entanto, a aprendizagem que mais ocorre na escola, segundo Moreira (2010), é:

“a aprendizagem mecânica, aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada, logo após. Em linguagem coloquial, a aprendizagem mecânica é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos alunos e tão incentivada nas escolas” (MOREIRA, 2010).

Cabe, no entanto, destacar que aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não constituem uma oposição entre si. Ambas podem aparecer durante o mesmo processo de ensino e de aprendizagem em situações que se aproximem mais de uma ou de outra.

No processo de ensino os conhecimentos prévios dos alunos, as representações que fazem da realidade em que estão inseridos, sempre devem ser levados em consideração. Isso é, coerente com as correntes cognitivas da aprendizagem incluindo a Teoria da Aprendizagem Significativa e a própria BNCC. O aluno passa a ser o protagonista no processo de aprendizagem, deixa de ser um mero receptor de informações e é considerado como um sujeito capaz de perceber e representar o mundo ao seu redor.

Portanto, ficou claro com esses fundamentos que a aprendizagem significativa é adequada para a formação de um cidadão capaz de transformar o meio em que vive de forma consciente e contribuindo de forma adequada mais justa para um desenvolvimento de uma sociedade mais igualitária.

## 4 ESTUDO DA DINÂMICA NO LANÇAMENTO DE FOGUETES

É importante destacarmos que o voo dos pássaros despertou no ser humano a conquistar o espaço, os conhecimentos de Cinemática explicam algumas características desse movimento, como velocidade e aceleração. Porém podemos destacar ou questionar: Qual é a causa ou o agente que provoca o movimento dos pássaros? O que altera a sua velocidade? E como se mantêm essa velocidade? Tais perguntas tratam das relações entre as causas e seus efeitos. Que é o objetivo da Dinâmica, parte da Mecânica que estuda os movimentos, suas causas e seus efeitos. Pelos princípios da Física, podemos calcular teoricamente o valor da altura máxima e a velocidade inicial de lançamento, trabalharemos com a construção da lei que descreve o movimento parabólico do foguete. Com a aplicação da dinâmica, pode-se perceber a quantidade de fenômenos físicos e matemáticos que é possível abordar em uma atividade de baixíssimo custo.

Galileu Galilei, imagino um objeto móvel projetado em um plano horizontal, supondo que não há impedimentos. Se o plano fosse tamanho infinito, a velocidade desse objeto seria constante. Mas se o plano for infinito e se tiver alguma inclinação, o objeto (que imagino dotado de peso), ao passar da extremidade do plano, terá acrescentado seu movimento horizontal uniforme uma tendência a cair devido o seu próprio peso. O movimento composto resultante, que denomino “projeção” terá uma forma definida, ou seja:

Quando um projétil segue um movimento composto de um movimento horizontal constante um movimento para baixo naturalmente acelerado, descreve uma linha parabólica em sua trajetória. (Galileu Galilei – ed. 2008.)

### 4.1 As Leis de Newton

Pelo que sabemos, há pelo menos cerca de 2500 anos o homem já se preocupava em explicar os movimentos, tanto dos corpos terrestres como dos corpos celestes. Porém, foi Isaac Newton (físico e matemático inglês, 1642-1727) primeiro a apresentar uma teoria que explicava de forma clara e objetiva os movimentos, em seu trabalho intitulado *Princípios matemáticos da filosofia natural*, pode ser considerado o primeiro livro de física teórica no sentido moderno publicado em 1686. Newton propôs um conjunto único de leis para descrever todos os movimentos existentes no universo. Desse modo, envolveremos a

Dinâmica no lançamento de foguete, que é parte da mecânica que estuda os fatores envolvidos no movimento.

Os princípios básicos da dinâmica foram formulados por Galileu e por Newton. Procuraremos chegar a eles, baseando-nos o máximo possível em noções intuitivas. Sabemos todos por experiência que o movimento é afetado pela ação do que costumamos chamar de “forças”. Nossa ideia intuitiva de forças está relacionada com o esforço muscular, e sabemos que, exercendo “forças” desse tipo, somos capazes de colocar objetos em movimento ou, mais geralmente, alterar seu estado de movimento. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

#### **4.1.1 Primeira Lei de Newton (Princípio da Inércia)**

Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças que atuem sobre ele. Imaginemos um passageiro sentado no banco de uma moto em movimento, durante uma freada brusca o corpo do passageiro continua em movimento até que uma força aja sobre ele. Nesse caso, ao sofrer a ação de uma força, a moto para, enquanto o corpo do passageiro continua em movimento, continuando a ir para a frente. Para entendermos como se aplica a primeira Lei de Newton no foguete, basta imaginarmos o foguete fixo ainda na base de lançamento (em repouso), agora, quando os motores são ligados, ou quando ocorre a reação do combustível (bicarbonato de sódio e vinagre), é gerado uma força superior à da gravidade e a partir de então, o foguete entra em movimento, tal força só acabará quando o combustível for expelido, a força deixará de existir sendo nula e logo em seguida o foguete cai.

É sempre bom lembrar, que a tendência de um corpo permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme só é real quando a resultante das forças que atuam sobre for nula.

Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele. (Principia – Livro I. ed. 2016).

Projéteis continuam em seus movimentos, desde que não sejam retardados pela resistência do ar, ou impelidos para baixo pela força da gravidade. Um pião, cujas partes por sua coesão são continuamente afastadas de movimentos retilíneos, não cessa sua rotação a não ser quando retardado pelo ar. Os corpos maiores dos planetas e cometas,

encontrando menos resistência em espaços livres, preserva seus movimentos, tanto progressivo como circular, por tempo muito maior. (Principia – Livro I. ed. 2016).

“Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele”. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

O que significa realmente esta lei? Como podemos saber que não existem “forças impressas sobre o corpo”? Pelo fato de que permanece em repouso ou movimento retilíneo e uniforme? se assim fosse, Eddington teria tido razão quando criticou o enunciado da 1ª lei, dizendo ser equivalente a “... persiste... exceto quando não persiste” (o que corresponderia à bem conhecida previsão meteorológica: “Tempo bom, salvo se chover”). Esta crítica é injusta. Se todas as forças fossem devidas ao contato com outros corpos, bastaria a ausência de contato para estabelecer a ausência de forças. O exemplo da força peso, e das forças elétricas e magnéticas, mostra, porém, a existência de forças que atuam sem que haja contato direto com o corpo responsável pela força. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

#### 4.1.2 Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica)

De acordo com o princípio da inércia, quando a resultante de forças externas que agem num corpo é nula a velocidade é constante, agora considerando a possibilidade de a resultante de forças externas que agem sobre um corpo não ser nula, a velocidade deixará de ser constante e o corpo passará a apresentar aceleração. Quando um corpo de massa  $m$  é submetido à ação da  $R$  (não nula) de forças, ele adquire uma aceleração a cuja direção e sentido são os mesmos de  $R$ , e a intensidade é proporcional a  $R$ .

Sabemos que, os casos em que a massa é constante, a segunda lei de Newton diz que:

$$\vec{F}_R = m\vec{a} \quad (1)$$

onde  $m$  é a massa (constante) do corpo,  $\vec{F}_R$  é a resultante das forças que atuam sobre ele e  $\vec{a}$  é a aceleração que o corpo adquire sob a influência da força resultante.

Porém, no caso dos foguetes, em que a massa é variável (em virtude da perda de combustível)? No caso em que a massa é variável a segunda Lei é escrita como:

$$\vec{F}_R = \frac{dm}{dt} \vec{v} + m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2)$$

onde  $d\vec{p}/dt$  indica a como o vetor momento linear varia com o tempo,  $dm/dt$  indica como a massa varia com o tempo e  $d\vec{v}/dt = \vec{a}$  indica como o vetor velocidade varia com o tempo, sendo está a aceleração instantânea da partícula.

Segundo Moysés a 2ª lei permite estabelecer uma escala de massas inerciais, e neste sentido ela pode ser considerada como permitindo definir o conceito de massa inercial, mas não é tão pouco apenas uma definição deste conceito. De fato, a ideia implícita na 2ª lei é que a massa inercial  $m$  é uma característica da partícula; uma vez determinada quando atua sobre a partícula uma força conhecida, devemos empregar o mesmo valor de  $m$  para descrever o movimento da partícula sob a ação de quaisquer outras forças. Admite-se também tacitamente que  $m$  (ou seja, o efeito de uma força em produzir aceleração) é independente da posição e velocidade da partícula, pelo menos enquanto se mantém a sua identidade (isto não se aplicaria a uma gota de chuva que aumenta de volume enquanto cai, ou a um foguete que ejeta combustível à medida que sobe. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

Se “ $M$ ” não varia com o tempo, ou seja, se excluirmos sistemas de massa variável, obtemos, derivando em relação ao tempo ambos os membros: (Nussenzveig – 5ª edição 2013). Então:

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\vec{a} \quad (3)$$

Comparando temos  $d\vec{p}/dt = \vec{F}$ , o que resulta na segunda Lei de Newton.

#### 4.1.3 Terceira Lei de Newton (Princípio da Ação e Reação).

O objetivo do estudo do *princípio da ação e reação* é analisar as forças nos corpos quando há interação sobre eles. Exemplo. um jogador de tênis batendo com a raquete na bola, um jogador chutando uma bola. Todas essas situações nos ajudam a entender que as forças de ação e reação agem simultaneamente e aos pares, sem necessidade de identificar qual delas é reação, e tem resultante não nula pois age em corpos diferentes.

Para Newton, a ação das forças presentes durante a interação entre corpos pode ser analisada pelo princípio da ação e reação:

Quando um corpo X imprime determinada força num corpo Y, então o corpo Y imprimirá outra força. Essas forças têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos

opostos. No lançamento de foguete, a terceira Lei de Newton, os gases expelidos (que é a ação) empurram o foguete em sentido contrário (reação). Lembrando que a força reação deve ser maior que a força peso do foguete, para que ele seja colocado em movimento. Não podemos esquecer de que a Terceira Lei de Newton está sempre atuando no foguete, independentemente desse foguete estar se movendo dentro ou fora da atmosfera terrestre.

Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são sempre iguais em módulo e têm sentidos opostos. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

## 4.2 Lançamento de Projéteis ou Lançamento Oblíquo

Lançamento de projéteis está associado ao movimento não vertical de corpos nas proximidades da superfície terrestre, quando nos referimos a queda livre dos corpos e o lançamento vertical, desconsiderando a gravidade do ar, nesses movimentos, o que torna a aceleração constante e igual à aceleração da gravidade. Porém, quando falamos em movimento, levando em conta a composição de dois movimentos, temos que aplicarmos o movimento horizontal e vertical para o nosso estudo, lançamento de foguete construído com garrafas pet, o que nos interessa é o alcance máximo no lançamento. Más, não podemos deixar de lado também, o lançamento vertical, pois é importante o entendimento de ambos em nossos trabalhos.

Uma aplicação importante dos resultados é o movimento dos projéteis na vizinhança da superfície da Terra. Na balística usual, podemos considerar a Terra como plana e a aceleração da gravidade como constante (isto não seria verdade para foguetes balísticos intercontinentais!). Desprezaremos, também, o efeito da resistência do ar. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

Temos de tomar o eixo  $Oy$  segundo a vertical. Vamos orientá-lo apontando para

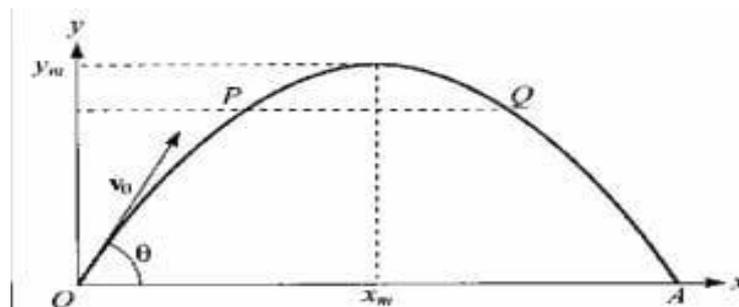


Figura 18. Fonte. Nussenzveig – 5ª edição 2013. Lançamento Oblíquo. (o movimento dos projéteis na vizinhança da superfície da Terra).

cima, de modo que,  $a = -g$ :

$$\vec{a} = -g\vec{j} \quad (4)$$

Com  $x_0 = y_0 = 0$ , tomando a posição inicial na origem, e vamos tornar  $t_0 = 0$ .

Seja  $\theta$  é o ângulo entre  $v_0$  e Ox, temos:

$$V_{0x} = V_0 \cos \theta \quad V_{0y} = V_0 \sin \theta \quad (5)$$

ou ainda:

$$V_y = v_0 \sin \theta - gt \quad e \quad V_x = v_0 \cos \theta \quad (6)$$

Que após integração resulta

$$Y = v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2}at^2 \quad (7a)$$

$$X = v_0 \cos \theta t \quad (7b)$$

Eliminando o tempo nas equações (7), então obtemos a equação da trajetória que é uma parábola.

$$y = (\tan \theta)x - \left( \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \theta} \right) x^2 \quad (8)$$

para calcularmos a altura em  $y_m$  atingida pelo projétil no tempo  $t_m$  em que se anula, usamos:

$$t_m = \frac{v_0 \cos \theta}{g} \quad (9)$$

e o valor correspondente a  $y$  é dado pela equação:

$$Y_m = v_0 \sin \theta \frac{v_0 \sin \theta}{g} - \frac{1}{2} g \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{g^2}$$

ou seja

$$Y_m = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g^2}. \quad (10)$$

Ainda baseado na figura acima (figura 18), quanto tempo o projétil leva para atingir o ponto  $x = A$ , fazendo  $y = 0$ , obtemos uma equação do 2º grau em  $t$ , sendo uma das raízes em  $t = 0$ , que corresponde ao ponto de lançamento, sendo a outra assim:

$$t = t_A = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} = 2t_m \quad (11)$$

Percebemos que, o tempo que leva para atingir a altura máxima dobra, ou seja:  $x = x_m$ .

Perguntamos agora, qual a velocidade do projétil ao atingir o solo? Fazemos  $t = t_A$

$$\left. \begin{array}{l} v_y = v_0 \sin \theta - gt_A = -v_0 \sin \theta \\ v_z = v_0 \cos \theta \end{array} \right\} v(t_A) = v_0 \quad (12)$$

Ao atingir o solo, a velocidade do projétil só é diferente, da velocidade  $\vec{v}_0$  por conta da inversão na componente vertical ( $v_y \rightarrow -v_y$ ), tendo o mesmo módulo, com  $y = 0$ , pois, arbitrariamente, vale o mesmo em qualquer plano horizontal.

Podemos entender as componentes da velocidade diretamente em função da altura  $y$ , da seguinte forma:

$$\begin{aligned} v_y &= \pm \sqrt{v_0^2 \operatorname{sen}^2 \theta - 2gy} , \\ v_x &= v_0 \cos \theta \end{aligned} \quad (13)$$

o sinal de + e -, mostra a descida ou subida do projétil.

A distância  $x = A$  entre o ponto de lançamento O e o ponto em que o projétil volta a passar pelo plano  $y = 0$  chama-se alcance do projétil, podemos encontrar com a seguinte equação:

$$A = v_0 \cos \theta \frac{2v_0 \operatorname{sen} \theta}{g} = \frac{v_0^2}{g} \operatorname{sen} (2\theta) \quad (14)$$

onde, já conhecemos a famosa relação da trigonometria:  $\operatorname{sen} 2\theta = 2 \operatorname{sen} \theta \cos \theta$ , que para atingir o alcance ou distância máxima, o ângulo de elevação  $\theta = 45^\circ$ , percebi isso na competição da MOBFOG (Mostra Brasileira de Foguete) no ano de 2019, quando algumas bases de lançamento não eram bem fixadas ao chão, o ângulo de  $45^\circ$  era desfeito com a componente horizontal e o foguete não conseguia um bom alcance.

Na última jornada dos “Diálogos”, Galileu discute o movimento dos projéteis. Precusores de Galileu acreditavam que uma bala de canhão se move em linha reta até esgotar seu impulso, e depois cai verticalmente (um deles propôs juntar esses dois segmentos de reta por um arco de círculo tangente a ambos para descrever a trajetória). Galileu foi o primeiro a demonstrar que a trajetória é uma parábola. Além disso, obteve vários dos resultados discutidos acima, inclusive que o alcance é máximo para  $\theta = 45^\circ$ , enunciando ainda o seguinte resultado: (Nussenzveig – 5ª edição 2013.).

“As amplitudes das parábolas descritas por projéteis disparados com a mesma velocidade, mas em ângulos de elevação acima e abaixo de  $45^\circ$  e equidistantes de  $45^\circ$ , são iguais entre si”. (Nussenzveig – 5ª edição 2013)

#### 4.2.1 Lançamento Horizontal

Na componente horizontal o movimento tem velocidade constante e sem interferência do ar, o que caracteriza o movimento uniforme, pois, não existe aceleração na

horizontal, sendo assim, a velocidade  $v_x$  de um projétil permanece constante, sendo o valor da velocidade igual a  $v_{0x}$ . É o que vamos ver na equação abaixo:

$$X - X_0 = V_{0x}t_0$$

Como  $v_{0x} = v_0 \cos \theta_0$ , temos:

$$(X - X_0) = (v_0 \cos \theta_0) t. \quad (15)$$

#### 4.2.2 Lançamento Vertical

E na componente vertical do movimento com aceleração, que é a aceleração da gravidade  $g$ , caracterizando assim o movimento uniformemente variado. Quando, o eixo  $y$  é orientado de baixo para cima, o que torna  $a_y = -g$ . Substituindo  $a$  por  $-g$ , e substituindo o eixo  $x$  pelo eixo  $y$ , temos:

$$y - y_0 = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = (v_0 \sin \theta_0) t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (16)$$

tornando a velocidade  $v_{0y}$  (inicial), da componente vertical, sendo substituída por  $v_0 \sin \theta_0$ , tornando-a:

$$V_y = v_0 \sin \theta - gt \quad (17)$$

$$V_y^2 = (V_0 \sin \theta_0)^2 - 2g(Y - Y_0) \quad (18)$$

Segundo Hallyday e Resnick, no movimento de projéteis, o movimento horizontal e o movimento vertical são independentes, ou seja, um não afeta o outro. (Hallyday/Resnick/Walker – 8ª edição 2011).

Quando a altura final é diferente da altura de lançamento, como acontece no arremesso de peso, lançamento de disco e basquetebol, a distância horizontal máxima não é atingida para um ângulo de  $45^\circ$ . (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

#### 4.3 Forças que Atuam Num Foguete Durante o Voo

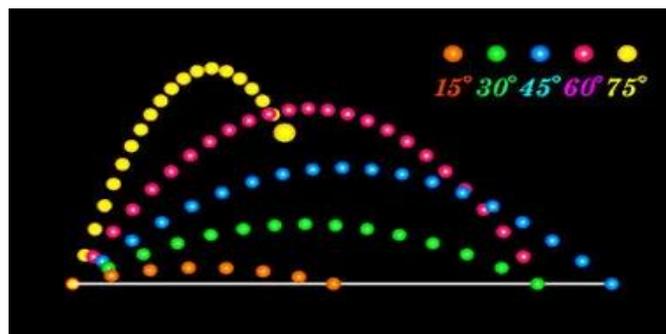


Figura 19. Mostrando o movimento na horizontal e Vertical. Fonte: Brasil Escola – Lançamento Oblíquo.

Na Figura 20 estão mostradas as quatro forças aplicadas que atuam num foguete durante o voo.

Como já vimos nos exemplos acima, fica nítido os discursões a respeito do alcance máximo, atingido por um foguete de garrafa pet, quando ele é lançado, observando a figura, só reforçamos as conclusões a respeito de um ângulo de  $45^\circ$ , ou seja, uma base de lançamento para obter sua eficácia, sempre deve estar regulada com essa medida.

Observando as bolinhas lançadas obliquamente com velocidade inicial  $\vec{v}_0$ , o movimento pode ser descrito também, como a soma de dois movimentos, que é o movimento na horizontal e o movimento na vertical, realizando uma **trajetória parabólica**.

#### 4.3.1 Força Peso

Esta força está associada à atração gravitacional que a Terra exerce sobre os corpos, puxando-os para baixo em direção ao centro da Terra, inclusive sobre o foguete. Vale lembrar que a gravidade está sempre afetando no voo de um foguete, estando ele parado ou em movimento, em qualquer uma das situações ele apontará sempre no mesmo sentido: na direção ao centro da Terra (direção vertical próximo a superfície terrestre). Como esta força está sempre presente, para o foguete voar são necessárias outras forças para superá-la.

Segundo Halliday e Resnick, o **peso**  $P$  de um corpo é o modulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente em relação ao solo. Assim, por exemplo, para manter uma bola em repouso em sua mão enquanto você está parado de pé você deve aplicar uma força para cima para equilibrar a força

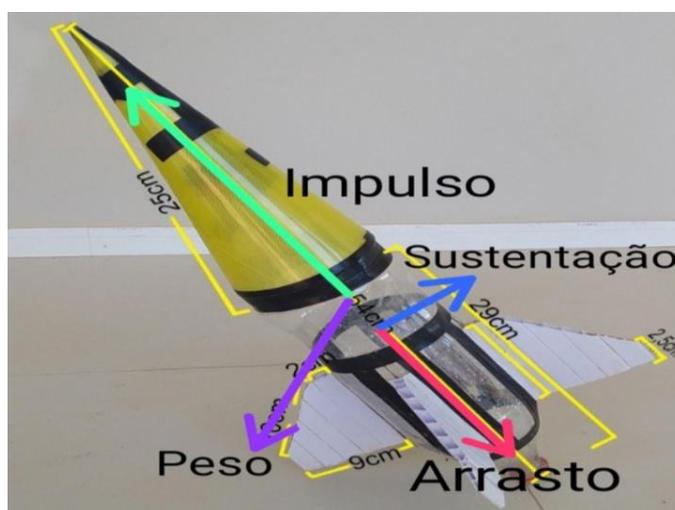


Figura. 20. Essa figura mostra as Forças que atuam no foguete durante o voo  
Fonte: Próprio autor.

gravitacional que a Terra exerce sobre a bola. (Halliday/Resnick/walker – 8ª edição 2011).

O peso de um corpo é igual ao módulo  $F_g$  da força gravitacional que age sobre o corpo. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Substituindo  $F_g$  por  $mg$  obtemos a seguinte equação:

$$P = mg \quad (\textit{peso}) \quad (19)$$

Trabalhando a equação acima:  $F_{res} = ma_y$ . O que torna a equação:

$$P - F_g = m(0) \quad (20)$$

ou

$$P = F_g \quad (21)$$

### 4.3.2 Força de Empuxo

Mergulhando um corpo em um fluido (líquido ou gás), ele sofre a ação de uma força na direção vertical, de baixo para cima, que é chamado de empuxo  $\vec{E}$  ou impulsão. Ex: se mergulharmos uma bola de vôlei em um líquido, percebemos que o líquido vai oferecer uma resistência de baixo para cima. Ou seja, o empuxo é uma força que um fluido executa sobre um objeto quando há diferença de pressão. É essa força que impulsiona o foguete, provocada pela queima do propelente (combustível), pois há um desequilíbrio entre a pressão interna e externa ao foguete, dando origem ao empuxo (ação), exercendo uma força no foguete no sentido oposto aos gases que são expelidos durante a (reação), provocada pela reação química entre o vinagre e o bicarbonato de sódio. Essa força impulsiona o foguete para adquirir o alcance máximo ou mínimo se houver algum erro no momento do lançamento, essa força vale também para os foguetes de grande porte. Essa força, depende da quantidade e da velocidade de escape dos gases, normalmente, a direção do impulso, é ao longo do eixo longitudinal do foguete através do centro de gravidade. Lembrando que, a força de empuxo, só permanece até o momento em que os motores estiverem funcionando, ou enquanto a reação química estiver acontecendo, no caso dos foguetes de garrafa pet, caso contrário essa força desaparece, e o foguete cai, sob a ação da gravidade.

Segundo Paul G. Hewitt, se o momentum de um objeto variar, então ou a massa ou a velocidade ou ambas sofreram variação. Se a massa se mantém constante, como é mais frequente, a velocidade varia e existe aceleração. E o que produz a aceleração? A resposta é: uma força. Quanto maior a força que atua num objeto, maior será a variação ocorrida na sua velocidade e, daí, no seu momentum. (Paul G. Hewitt - 12ª edição 2015).

Mas outra coisa importa na variação do momentum: o tempo – quão longo é o tempo durante o qual a força atua. Aplique uma força breve a um carro enguiçado e você conseguirá produzir apenas uma pequena alteração em seu momentum. Aplique a mesma força por um período prolongado e resultará numa variação maior do momentum. Uma força mantida por um longo período produz mais alteração no momentum que a mesma força aplicada brevemente. Assim, para alterar o momentum de um objeto, são importantes tanto a força como o tempo durante o qual ela atua. (Paul G. Hewitt - 12ª edição 2015)

A grandeza força intervalo de tempo é chamada de impulso. Em notação sintética,

$$\text{Impulso} = Ft \quad (22)$$

### 4.3.3 Força de Sustentação

É a componente da resultante aerodinâmica perpendicular ao vento, ou seja, é a força criada quando o ar que se move acima do objeto. Podemos citar como exemplo: uma pipa um avião, pois ambos se movem mais rápido que o ar que se move para baixo deles, tornando assim a força (pressão de ar), menor na parte superior do que na parte inferior. No caso do foguete de garrafa pet, é importante desenvolver um modelo de bico ou coifa, e a parte mais resistente do foguete (entre o bico e as aletas), e as aletas, tais partes se tornam uma fonte de sustentação se o foguete tiver um bom lançamento, o que torna o voo com uma boa trajetória dependendo também do ângulo em que a base de lançamento com a componente horizontal, que é de 45°. Já para um foguete padrão, quanto maior o ângulo formado entre o foguete e o fluxo de ar, maior a força de sustentação.

Nos fluidos que se movem mais rápido, exercem menor pressão lateralmente do que aqueles que se movem mais lento. Pois, ao fazer com que o ar se mova mais rápido sobre certas superfícies de um foguete, as aletas (ou asas, no caso de aviões), a pressão pode ser reduzida nessas superfícies criando a força de sustentação. no foguete de garrafa pet, as aletas são utilizadas para aumentar a estabilidade do mesmo durante o voo, por conta do aumento da força de sustentação na parte traseira. Observamos na MOBFOG no ano de 2019, quando fizemos o primeiro lançamento, ao ser lançado da base o foguete teve alguns desequilíbrios por conta das condições climáticas influenciando em sua sustentação, o que levou o foguete a se chocar com uma palmeira, prejudicando assim, o

nosso lançamento, atingindo 229m de distância. Se as aletas fossem móveis, também chamado de controle ativo, o foguete poderia ter corrigido seus distúrbios em pleno voo, retornando sua trajetória pré-estabelecida. Mas na época, nossa equipe não tinha conhecimento desse tipo de aletas.

#### 4.3.4 Força de Arrasto

Quando um corpo sólido (um foguete), movido por um fluido (gás ou líquido), este corpo resiste ao movimento. O corpo sólido é submetido a uma força aerodinâmica em direção oposta ao movimento. Essa força é denominada: força de arrasto. Ela é resistiva como a força de atrito (de deslizamento entre as superfícies sólidas), no foguete por exemplo, essa força depende da velocidade ligada a geometria do foguete, ou seja, forma das aletas, coifa, que influi de maneira importante no desempenho da força de arrasto. Pois sabemos que os projetos de foguetes são elaborados para garantir cada vez mais uma aerodinâmica estável e assim, produzir o mínimo de arrasto.

Segundo Halliday/Resnick/Walker, um **fluido** é uma substância, em geral um gás ou um líquido, que é capaz de escoar. Quando existe uma velocidade relativa entre o fluido e um corpo sólido (seja porque o corpo se move através do fluido, seja porque o fluido passa pelo corpo), o corpo experimenta uma **força de arrasto**,  $\vec{D}$  que se opõe ao movimento relativo e é paralelo à direção do movimento relativo do fluido. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Abaixo, segue a equação da força de arrasto,  $\vec{D}$ , relacionado à velocidade escalar  $v$ :

$$D = \frac{1}{2} C \rho A v^2 \quad (23)$$

onde  $C$  é um parâmetro determinado experimentalmente conhecido como **coeficiente de arrasto**,  $\rho$  é a massa específica do ar (massa por unidade de volume) e  $A$  é área **da seção reta efetiva** do corpo (a área de uma seção reta perpendicular à velocidade  $\vec{v}$ ). O coeficiente de arrasto  $C$  (cujos valores típicos variam de 0,4 a 1,0) não é constante para um dado corpo, já que depende da velocidade. Ignoremos as complicações.

Podemos relacionar essas forças à aceleração do corpo usando a segunda lei de Newton para um eixo vertical  $y$  ( $F_{res,y} = m_{ay}$ ):

$$D - F_g = ma \quad (24)$$

vamos determinar a equação da **velocidade terminal**  $v_t$ , fazendo  $a = 0$ , na eq. E substituindo o valor de D na eq. 24, obtendo

$$\frac{1}{2} C \rho A v t^2 - F_g = 0$$

e, portanto,

$$v_t = \frac{\sqrt{2F_g}}{C \rho A} \quad (25)$$

#### 4.4 A Estabilidade de um Foguete Durante o Voo

Para um foguete adquirir, uma boa estabilidade durante um voo, precisamos conhecer, além, das quatro forças descrita acima, seu centro de massa ou de gravidade e o centro de pressão.

##### 4.4.1 Centro de Massa (ou de gravidade)

Segundo Halliday/Resnick/Walker, em todos os sistemas que examinamos até agora a massa permanecia constante. Em certos casos, como o de um foguete, isso não é verdade. A maior parte da massa de um foguete, antes do lançamento é constituída de combustível, que será posteriormente queimado e ejetado pelo sistema de propulsão. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Levamos em consideração a variação de massa do foguete aplicando a segunda lei de Newton não ao foguete, mas ao conjunto formado pelo foguete e todos os produtos ejetados. A massa desse sistema não com o tempo. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Portanto, sendo um corpo pequeno e/ou grande, compacto ou oco, o centro de massa ou de gravidade, é o ponto onde toda massa está em equilíbrio ou equilibrada,



Figura. 21. Essa figura mostra como encontrar o centro de massa de um foguete Fonte: Próprio autor.

portanto, o centro de massa ou de gravidade de um foguete, está associada ao ponto em que seu peso está em equilíbrio, onde estão atuando as forças **peso** e de **empuxo**, abaixo, segue uma figura mostrando como encontrar a estabilidade de um foguete de forma bem simples. Fazendo esse tipo de técnica, encontramos ao mesmo tempo, a estabilidade do foguete e o CG, pois, o cordão deve ser amarrado no foguete, onde está localizado o CG.

Para calcularmos o CG, usamos a seguinte equação:

$$CG = \frac{1}{MT} \sum_{i=1}^N (x_i M_i), \quad (26)$$

sendo:  $N$  o número de partes do foguete,  $M_i$  a massa em gramas de cada parte  $i$  do foguete,  $MT$  = massa total em gramas do foguete,  $x$  = comprimento (mm) entre a ponta do nariz do foguete e o centro geométrico em  $x$  de cada parte  $i$  do foguete (CG de cada parte  $i$ ).

Agora, veremos a primeira equação do foguete:

$$Rr_{rel} = Ma \quad (27)$$

(primeira equação do foguete), na ausência de forças externas a aceleração instantânea de foguete.

Vale para qualquer instante, contanto que os valores da massa  $M$ , da taxa de consumo de combustível  $R$  e da aceleração  $a$  sejam os valores para esse instante.

Vejamos agora, a segunda equação do foguete:

$$V_f - V_i = V_{rel} \text{Inde} \frac{M_i}{M_f} \text{ (segunda equação do foguete),} \quad (28)$$

para um foguete com  $R$  e  $v_{rel}$  constantes, cuja velocidade varia de  $v_i$  para  $v_f$  quando a massa varia de  $M_i$  = massa inicial do Foguete e  $M_f$  = massa final menos o combustível queimado e  $\text{Inde}$  é um decaimento exponencial.

para Halliday/Resnick, o aumento na velocidade do foguete quando a massa muda de  $M_i$  para  $M_f$ . O símbolo “ $\text{In}$ ”, significa *logaritmo natural*.) Essa equação ilustra muito bem a vantagem dos foguetes de vários estágios, nos quais  $M_f$  é reduzida descartando cada estágio quando seu combustível se esgota. Um foguete ideal chegaria apenas com a carga útil. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

#### 4.4.2 Centro de pressão

O centro de pressão de um foguete, é caracterizado por todas as forças aerodinâmicas externas, que atua no foguete, essas forças estão centralizadas, ou seja, é o

ponto onde atuam a resultante das forças aerodinâmicas que o foguete está sujeito. E existem, enquanto o foguete está passando através do ar, não podemos esquecer que essas forças aerodinâmicas são: as forças de arrasto e forças de sustentação já vistas, pois, elas atuam através do CP.

O CP é encontrado através da equação representada abaixo:

$$N = C_N \alpha \frac{1}{2} \rho V^2 \alpha A_r \quad (29)$$

Onde o valor de  $N$  é dado em Newton,  $C_N \alpha$  = coeficiente de força normal (adimensional),  $\rho$  = massa específica ar ( $kg\ m^{-3}$ ),  $V$  = velocidade do foguete (m/s)  $\alpha$  é o ângulo de ataque do foguete (radiano) e  $A_r$  = área de referência do foguete (normalmente é a seção transversal circular)  $m^2$ .

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Caracterização da Pesquisa

Sobre a caracterização desta proposta de pesquisa e, levando em conta seu problema e os objetivos, trata-se de uma pesquisa de campo de abordagem qualitativa, pois estamos entendendo que esse tipo de pesquisa apreende melhor à multiplicidade de sentidos presentes nos alunos em um ambiente. Através dessa abordagem, cria-se uma relação entre o professor/pesquisador e os alunos, trabalhando com um universo de significados de uma realidade que não pode ser quantificada.

[...]. Os pesquisadores que seguem tal corrente não se preocupam em quantificar, mas, sim, em compreender e explicar a dinâmica das relações sociais que, por sua vez, são depositárias de crenças, valores, atitudes e hábitos. Trabalham com a vivência, com a experiência, com a cotidianidade e com a compreensão das estruturas e instituições como resultados da ação humana objetivada. Ou seja, desse ponto de vista, a linguagem, as práticas e as coisas são inseparáveis. (MINAYO, 1994, P. 24).

Dessa forma, entendemos que a pesquisa qualitativa não se preocupa exclusivamente com a quantificação dos dados, mas isso não impede que, de certa, forma, se trabalhe com alguns dados estatísticos, através de tabelas e/ou quadros, por exemplo. Assim, nesta proposta de pesquisa os dados a serem coletados consistirão na descrição de alunos, de situações, de acontecimentos ou de lugares, configurando-se que a descrição é fundamental para o desenvolvimento da pesquisa qualitativa e deve atentar para o maior número de aspectos relevantes presentes na situação estudada.

Ainda sobre a caracterização desta proposta de pesquisa, essa também se qualifica como descritiva, pois, em conformidade com Gil (2008), nesse tipo de pesquisa, são empregadas técnicas/instrumentos padronizados para a produção/coleta de dados, como por exemplo, os questionários e a observação sistemática.

### 5.2 Campo Empírico da Pesquisa

A pesquisa/Produto Educacional é uma sequência Didática, foi desenvolvida no Centro de Ensino Eugênio Barros, na cidade de Matões-MA, localizada na Avenida Mundico Moraes, Nº 216 centro. Funciona nos turnos matutino e vespertino, possui 10 salas de aulas, sala de professores, refeitório, quadra de esportes, banheiros para

professores e alunos, porém, não possui laboratório. Na escola, no turno matutino, estudam 130 alunos e no vespertino 197. No matutino só funcionam quatro salas de aula e no vespertino seis. Dessa forma, o total de alunos que estudam nos dois turnos equivalem a 327. Quanto ao número de professores, dezessete no matutino e dezessete no vespertino, totalizando trinta e quatro professores.

O município de Matões encontra-se situado na mesorregião leste maranhense, na microrregião de Caxias, entre as Bacias do Rio Parnaíba e do rio Itapecuru, possuindo uma área territorial de 1.976 Km<sup>2</sup>, altitude de 38 m, e aproximadamente 487 Km da capital do estado, São Luís, limitando-se ao Norte com Timon – MA, ao Sul Com Parnarama – MA, ao leste com o Rio Parnaíba e Teresina – PI e ao Oeste com Caxias – MA.

A taxa de urbanização apresentou alteração entre os censos Demográficos de 2000 e 2010. A população urbana em 2000 representava 35,5% e em 2010 passou a representar 43,96% do total. A estrutura demográfica também aparentou mudanças no município. Entre 2000 e 2010 foi verificada ampliação da população idosa que cresceu 3,5% em média ao ano. Em 2000, este grupo representava 8,5% da população, já em 2010 detinha 10,2% do total da população municipal.

Para chegar ao município de Matões, vindo de Teresina – PI deve-se seguir a Rodovia PI-130, atravessar o Rio Parnaíba de balsa, passando então para a cidade Parnarama – MA, percorrendo-se, daí mais 25 Km de estrada asfaltada até Matões. Outras formas seriam saindo de Timon – MA (BR-226), percorrendo 94 Km de estrada vicinais via Buriti Cortado ou Barra da Ininga, enfrentando muita poeira na estação seca e atoleiros na chuvosa. Há ainda uma quarta opção via Caxias (BR-316) seguindo por rodovias asfaltadas até o povoado Baú, e a partir daí, percorre -se a (BR-034), que liga Matões ao Baú. Diante disso, observa-se que o acesso da população de Matões para cidades de médio e grande porte para tratamento de saúde, compras ou para tratar de assuntos particulares tornou-se árduo, principalmente para aqueles que não possuem veículos e dependem de veículo de transportes intermunicipais de forma precária.

Matões possui clima tropical com temperatura variando entre 16° a 38°. Quanto à vegetação, predomina matas as quais justificam o nome do município, e as palmeiras, com destaques para o babaçu, seguido de outras variedades como carnaúba, buriti, tucum, macaúba etc. O município de matões é rico em água possuindo lagoas e riachos.

### **5.3 Participantes da Pesquisa**

Os participantes da pesquisa e do Produto Educacional são alunos do 1º ano do Ensino Médio do Centro de Ensino Eugênio Barros. Suas faixas etárias de idade estão entre 14 e 15 anos de idade. Todos esses alunos(a), vem da escola pública municipal e suas famílias são quase que exclusivamente de baixa renda, ou seja, eles nunca tiveram acesso a uma escola particular, nem mesmo em sua alfabetização.

Inclusive, a Secretaria Municipal de Matões-MA, a fim de promover a igualdade e a equidade de direitos educacionais elaborou uma Proposta Pedagógica, tendo como referência os documentos norteadores da educação, como a Constituição Federal de 1998, o Plano Nacional de Educação (2014), a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN 9.394/96) a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o Documento Curricular do Território Maranhense (DCTMA), dentre outros os quais se constituem como marco histórico das políticas públicas educacionais brasileiras orientadas para a garantia de uma educação que reúna qualidade e equidade a todos os estudantes.

### **5.4 Técnicas e instrumentos de Produção de Dados**

Em conformidade com Gil (2008), por se tratar de uma pesquisa de campo de abordagem qualitativa e, ainda, por considerar os seus objetivos, para a produção de dados, pretendemos aplicar questionários (pré-teste e pós-teste) e a observação sistemática.

### **5.5 Procedimentos de Análise de Dados**

Atualmente, existem diversas técnicas de produção e tratamento de dados de pesquisas na área da educação, como entrevistas, diários de campo, vídeos, entre outras, que são utilizadas a fim de promover a investigação de estudos qualitativos (GIBBS, 2009).

No que diz respeito ao ensino e aprendizagem, dois fatores são relevantes: uma prática pedagógica que garanta condições para que todos aprendam e a predisposição do aluno para aprender, portanto, processo e a qualidade do que se aprende deve ser resultado de arranjos metodológicos e estratégias construtivas, criativas e com produções significativas, pois, segundo Freire “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção” (Freire, 1996), p. 21).

Na produção de dados desta pesquisa foram utilizados dois questionários avaliativos. Um antes da aplicação da sequência didática (SD), o Questionário inicial (Qi), e outro após todo o processo de aplicação do Produto Educacional, o Questionário final (Qf). Outro meio bastante utilizado para observar a participação dos alunos foi a fotografia, pois, mostra de forma clara e objetiva o engajamento dos alunos durante todo o trabalho aplicado, procuramos sempre proteger a imagem do aluno. Lembramos que o Questionário (Qi) é igual ao Questionário final (Qf), a única diferença, é o acréscimo de uma questão a mais no Qf, totalizando 07 questões, pois, o Qi é composto de 06 questões. Nossa intenção de aplicar as mesmas questões tanto no Qi quanto no Qf, foi justamente analisar a melhora do nível de conhecimento adquirido, com base no conhecimento prévio desse aluno ao longo de toda a aplicação do Produto Educacional.

## 5.6 Produto Educacional

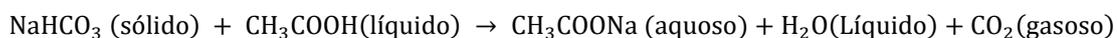
A proposta do Produto Educacional é A Construção de Foguetes com o Uso de Garrafas Pet Num Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física, através de uma Sequência Didática direcionada, aos alunos do 1ºAno do Ensino Médio, contemplando um estudo teórico, reflexões e uma proposta de atividades, enfatizando o ensino e aprendizagem da Física.

Para isso, abordaremos os mais variados exemplos relacionados ao contexto histórico e científico no ramo da Física, utilizando os mais diversos materiais presentes no cotidiano do aluno, pois, para o conhecimento e autonomia serem alcançados, devemos possibilitar ferramentas que facilitem a construção do conhecimento a nível básico, potencializando o seu desenvolvimento futuro e, assim, fortalecendo as bases educacionais de nossa sociedade.

Vale esclarecer que a aplicação do Produto Educacional ocorrerá com a participação de alunos do 1º ano do Ensino Médio exemplificando as mais variadas descobertas dentro da Física, mostrando a construção e o lançamento de um foguete utilizando garrafas descartáveis de refrigerante, garrafas PET, de 2 litros, bem como na montagem de um sistema de propulsão capaz de propiciar energia suficiente para a decolagem do foguete usando como combustível: **Vinagre** ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) e **Bicarbonato de Sódio** ( $\text{NaHCO}_3$ ), e que possibilite a coletas de dados para a validação de teorias estudadas

em classe. Para isso, serão usados métodos práticos e inovadores, levando em conta as considerações físicas de maior relevância no âmbito escolar.

A reação química é dada pela seguinte equação:



À direita da equação temos o produto da reação: um sal ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), este último é o que nos interessa para o lançamento de foguetes. Para mais detalhes e aprofundamentos trabalhamos em parceria com a professora de Química, Mariza Coutinho.

É muito comum os estudantes veem a Física como uma das grandes vilãs do Ensino Médio, o que cria uma barreira quase intransponível à aprendizagem durante toda a vida acadêmica dos alunos. Dessa forma, escolhemos trabalhar com: **A CONSTRUÇÃO DE FOGUETES COM O USO GARRAFAS PET NUM CONTEXTO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA**, que além do baixo custo dos materiais, faz aplicação de praticamente todos os conceitos aprendidos em Mecânica, de forma simples e bem empolgante. Com isso, esperamos que os alunos vejam a Física sob uma perspectiva mais amigável, o que facilitará na construção da sua aprendizagem.

Vale esclarecer que a aplicação do Produto Educacional ocorrerá com a participação de alunos do 1º ano do Ensino Médio exemplificando as mais variadas descobertas dentro da Física, mostrando a construção e o lançamento de um foguete utilizando garrafas descartáveis de refrigerante, garrafas PET, de 2 litros, bem como na montagem de um sistema de propulsão capaz de propiciar energia suficiente para a decolagem do foguete usando como combustível: **Vinagre** ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) e **Bicarbonato de Sódio** ( $\text{NaHCO}_3$ ), e que possibilite a coletas de dados para a validação de teorias estudadas em classe. Para isso, serão usados métodos práticos e inovadores, levando em conta as considerações físicas de maior relevância no âmbito escolar.

A reação química é dada pela seguinte equação:



À direita da equação temos o produto da reação: um sal ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), este último é o que nos interessa para o lançamento de foguetes. Para mais detalhes e aprofundamentos trabalhamos em parceria com a professora de Química, Mariza Coutinho.

Cada uma das atividades proposta a seguir visa aproximar os estudantes dos conteúdos estudados em Física ao longo do Ensino Médio, possibilitando uma assimilação mais eficiente dos conceitos físicos.

Este trabalho inclui discussão teórica sobre a Física envolvida nos lançamentos de foguetes com garrafas pet, além claro das atividades experimentais e os conteúdos a serem trabalhos.

Todas as aplicações, do Produto Educacional, tanto práticas quanto teóricas, garantem a compreensão e a facilitação de novas aprendizagens construídas pelo sujeito (Ausubel, 1982). A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio. É com base nessas ideias que desenvolverei o meu Produto Educacional.

O produto foi aplicado na primeira série do ensino médio da escola Centro de Ensino Eugênio Barros na cidade de Matões - MA. Foram necessários 08 encontros.

A proposta do Produto Educacional será a construção de foguetes com garrafas pet, direcionada aos alunos do Ensino Médio (1º Ano), contemplando um estudo teórico, reflexões e uma proposta de atividades, enfatizando o ensino e aprendizagem da Física. A construção destes conhecimentos é guiada por paradigmas que influenciam a observação e a interpretação de certos fenômenos (Ensino de Física. Página. 110).

Abaixo, segue um quadro contendo a Sequência Didática que aplicamos em nosso Produto Educacional. Mostrando de forma clara e objetiva como aconteceu os nossos encontros para a realização e conclusão de nossas atividades durante toda a aplicação do Produto Educacional.

Quadro 1 (Esboço com a Sequência Didática)

<b>Encontros</b>	<b>Duração (aulas)</b>
1º: Apresentação da Sequência Didática e aplicação do Questionário Inicial (QI); História dos Foguetes; Contexto Histórico do Ensino e Aprendizagem da Física; As Leis de Newton;	3 aulas
2º: Lançamento de Projéteis; Forças que atuam num Foguete Durante o voo	2 aulas
3º: A Estabilidade de um Foguete Durante o Voo; Atividade Experimental I – Preparação do Kit.	2 aulas
4º: Atividade Experimental II – Construção da Base Lançadora do Foguete.	2 aulas
5º: Atividade Experimental III e IV – A Construção do Foguete e o Lançamento do Foguete.	2 aulas
6º: Corrigindo erros na base de lançamento do foguete e no foguete.	2 aulas
7º: Lançamento dos Foguetes.	3 horas
8º: Encerramento dos encontros e Aplicação do Questionário (Qf).	2 aulas

Fonte: Próprio autor.

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS

Essa pesquisa foi aplicada em uma escola de Ensino Médio na cidade de Matões – MA, tendo como objetivo, construir uma sequência didática direcionada aos alunos do 1º ano do Ensino Médio, contemplando um estudo teórico, reflexões e uma proposta de atividades, a fim de orientá-los na Construção de foguetes com uso de garrafas pet, visando o ensino e aprendizado da Física.

Para uma análise qualitativa dos possíveis avanços desse trabalho, tomamos como base a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, proposta em 1963 e reiterada em 2000. O núcleo da Aprendizagem Significativa é a interação cognitiva entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios, aos quais Ausubel (Moreira, 2000, 2006) chama de conceitos subsunções ou, simplesmente, subsunsores.

Visando este objetivo, foram elaborados dois questionários, o Questionário inicial ( $Q_i$ ), composto de seis questões e o Questionário final ( $Q_f$ ), composto de sete questões. Os dois questionários foram baseados, no Estudo da Dinâmica no Lançamento de Foguetes, que serve como ancoragem para entendermos o Lançamento de um Foguete de Garrafa Pet. O quadro 1 contendo o esboço Sequência Didática mostra como foi desenvolvido o nosso trabalho.

O Produto Educacional foi aplicado em uma turma de 1º Ano de Ensino Médio composta por 24 alunos (a), porém o Questionário inicial ( $Q_i$ ) foi aplicado para 23 alunos (a), já o Questionário final ( $Q_f$ ) foi aplicado para 19 alunos(a). Dentre os vinte e quatro alunos (a), havia duas alunas com necessidades especiais, porém, as duas participaram de forma ativa de quase todas as atividades propostas a elas, deixando de participar somente da última etapa que foi o lançamento de foguete, tal atividade foi realizada fora das dependências da escola. Para realizarmos os nossos trabalhos, foram necessários 08 encontros na escola, além de encontros on line, e em minha residência totalizando 17h.

Abaixo apresentaremos as perguntas e respostas, sem identificar o nome do aluno (a). Identificaremos por aluno 1, aluno 2 e assim por diante.

### **Resposta dos alunos ao Questionário inicial**

Dos 19 alunos que responderam aos dois questionários, escolhemos apresentar as respostas dadas por quatro alunos (que são representativas dos restantes).

**1) Descreva o que ocorre com os corpos que interagem nas situações a seguir, de acordo com seus conhecimentos Físicos;**

a) Uma pessoa inicia uma caminhada. O que ocorre quando o pé está em contato com o chão?

Resposta do Aluno 1: *Ela começa correr.*

Resposta do Aluno 2: *Ocorre a pressão do pé no chão junto com o peso do corpo.*

Resposta do Aluno 3: *Ele firma seus pés no chão para que assim obtenha mais força, velocidade e equilíbrio.*

Resposta do Aluno 4: *acontece um toque magnetico do chão com o pé acontece uma energia um contato expreso de força e equilíbrio.*

b) Uma criança solta uma bexiga cheia de ar, aberta, e percebe que ela descreve um movimento enquanto expelle o ar. Por que ocorre esse movimento?

Resposta do Aluno 1: *Porque o ar que estava dentro dela sai.*

Resposta do Aluno 2: *Porque o ar acumulado dentro da bexiga, fez o balão se movimentar.*

Resposta do Aluno 3: *Por que ela está cheia de ar, quando a ar sai ela se movimenta.*

Resposta do Aluno 4: *por que quando o balão tem um buraco o ar de dentro sai de maneira tão rápida que o balão se movimenta.*

**2) É muito comum, em uma partida de futebol um jogador ou os jogadores cabecear a bola. Explique o que acontece com a bola ao ser cabeçada:**

Resposta do Aluno 1: *Ela vai para cima depois vai para o chão.*

Resposta do Aluno 2: *A bola muda de direção.*

Resposta do Aluno 3: *Quando a bola bate na cabeça ela sofre uma força.*

Resposta do Aluno 4: *por que quando o balão tem um buraco o ar de dentro sai de maneira tão rápida que o balão se movimenta.*

**3) Alguns de seus colegas que estudam no turno vespertino, vem para a aula no ônibus escolar, enfrentando péssimas condições da estrada dentre outros fatores que estão presentes durante a viagem. Imagine que o ônibus venha a 70 km/h, o que acontece se o motorista frear o ônibus bruscamente?**

Resposta do Aluno 1: *Os alunos batem em alguma coisa porque não dar para eles se segurarem.*

Resposta do Aluno 2: *O ônibus para ligeiro e as pessoas cai batendo em algo.*

Resposta do Aluno 3: *O ônibus para e meus colegas não.*

Resposta do Aluno 4: *O ônibus de determinada forma sai arrastando as penus até quando ele mas o impulso da velocidade.*

**4) Após sofrer uma falta um jogador de futebol fica encarregado de chutar a bola para converter ou fazer o gol, para encobrir a barreira, tenta fazer com que a bola descreva uma trajetória parabólica. Em sua opinião, a barreira tem que ficar próxima ou distante do gol? Por quê?**

Resposta do Aluno 1: *Próxima porque foi falta.*

Resposta do Aluno 2: *Longe, porque o goleiro ver a bola.*

Resposta do Aluno 3: *Depende do cobrador ou do goleiro.*

Resposta do Aluno 4: *próximo: por quê os jogadores da barreira tem que fazer a defeza em determinada forma.*

**5) Analisando o lançamento de um foguete de garrafa pet, para adquirir melhor altura e um melhor alcance, em que ângulos devo lançar tal foguete?**

Resposta do Aluno 1: *Em um lugar que tem muito espaço tipo um campo de futebol*

Resposta do Aluno 2: *No 90 grau.*

Resposta do Aluno 3: *Ângulo de 45.*

Resposta do Aluno 4: *devemos lançar o foguete de forma horizontal meio variado.*

**6) Para entendermos melhor o lançamento de um foguete é necessário conhecermos a direção horizontal e a vertical, ambas pertencem a quais eixos?**

Resposta do Aluno 1: *de lado e para cima.*

Resposta do Aluno 2: *Eixo horizontal abcissas eixo vertical das ordenadas.*

Resposta do Aluno 3: *horizontal pertence ao eixo “x” vertical pertence ao eixo “y”*

Resposta do Aluno 4: *vertical.*

Entre o questionário 1 e 2 fizemos uma intervenção: aplicamos a sequência didática.

Diante das dificuldades e limitações de nossos alunos, vale destacar o empenho e dedicação de cada um, pois, mesmo vindo de um ano letivo pandêmico que foi o ano de 2020, ou seja, tiveram todo o 9º “Ano” de forma on line, inclusive, quando iniciamos os

trabalhos a pouco tempo atrás as aulas estavam sendo de forma híbrida mesmo assim mostraram satisfação e entusiasmo no início dos trabalhos. Basta observar suas respostas com base nas respostas do Qi. Fizemos a análise de 04 alunos claro, mas as respostas dos demais foram satisfatórias mesmo de forma leiga já tiveram contato com alguma ideia física estando todas em mesmo nível de compreensão. Percebemos uma grande dificuldade desses alunos, o uso da escrita. Vale destacar que a aplicação de nosso Produto Educacional foi todo presencial, só tivemos um encontro on-line para acelerar nossas atividades, mas não por causa da pandemia. Feita esses comentários, mostraremos logo abaixo todas as produções e descobertas feitas por esses alunos durante a aplicação dos nossos trabalhos.

E o que nos deixou fascinado foram os resultados obtidos na aplicação do produto por parte dos alunos(a), com nossas orientações no que envolve a MOBFOG – Mostra Brasileira de Foguete e OBA – Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica, mesmo com nossas sugestões de vídeos e nossa fala de como funciona a MOBFOG, pois vivenciamos esse momento em outubro de 2019, participando e sendo campeão. Eles foram além, construíram uma base de lançamento totalmente diferente mostrada pelo coordenador da MOBFOG no vídeo requisitado a eles(a), vídeo 76 (youtube.com) – Foguete de Garrafa Pet Nível 3 da MOBFOG.

**A Base** de Lançamento, mostrada no vídeo 76 (youtube.com) – Foguete de Garrafa Pet Nível 3 da MOBFOG, é construída com cinco canos de pvc marrons de 20mm de diâmetro, sendo dois pedaços de 20cm, um pedaço de 25cm e dois pedaços de 10cm de comprimento, dois joelhos ou cotovelos e 1 “te”, veja a figura 22 para detalhes. Para se lançar o foguete com essa base é necessário fazer movimentos com o foguete fixado nela durante a reação entre o bicarbonato e o vinagre o que pode ocasionar o estouro da garrafa



Figura 22. Fonte: MOBFOG. Base lançadora de foguete construída como cano pvc.

durante a reação nas mãos de quem estiver manipulando. Outra observação sobre essa base, ela não possui um lugar de colocar o manômetro.

A nova base criada pelos alunos (a), muito mais eficiente, foi mostrado isso nos lançamentos feitos na conclusão dos trabalhos. Como mostrado na Figura 23, ela é construída com dezessete canos de pvc marrons de 20 mm de diâmetro, sendo um pedaço

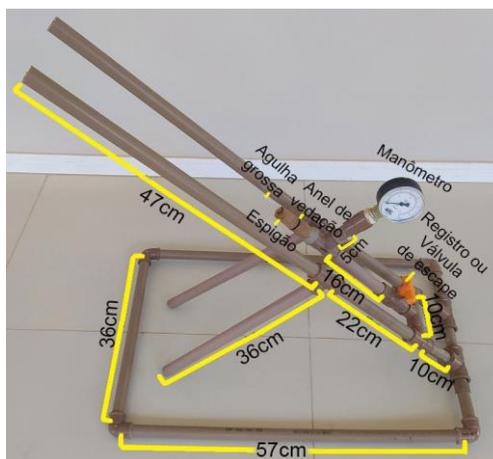


Figura 23. Nova base de lançamento, proposta e construída pelos próprios alunos.  
Fonte: Próprio autor.

de 5,0 cm, dois pedaços de 10 cm, um pedaço de 16 cm, dois pedaços de 22 cm, quatro pedaços de 36cm, dois pedaços de 47cm, dois pedaços de 57cm três pedaços de 4 cm. Quatro joelhos ou cotovelos e cinco ‘te’, também de 20mm e duas luvas lisas e uma luva com rosca (20mm), além claro de dois ‘te’ de 25mm. Com essa nova base, podemos fazer o movimento do combustível com ela fixa ao chão, pois, parte dela fica presa e a outra podemos fazer movimentos de ida e volta para misturar o combustível e assim medir a pressão registrada no manômetro, caso o manômetro não registre nem uma pressão podemos abortar o lançamento abrindo o registro ou a válvula de escape.

**Na ponta (coifa) do foguete**, é colocado um balão contendo em média 50g de água, a figuras 25 mostra detalhes, este peso ajuda na estabilidade do foguete, orientações da MOBFOG, a figura 26 estar mostrando um pedaço de cano pvc de 20mm marrom com 10cm de comprimento cheio de massa de modelar em média, contendo 50g. Os alunos chegaram a conclusão de que o balão pode estourar muito fácil o que pode dificultar a realização dos experimentos, então, produziram um novo modelo de estabilizador. A figura 24 mostra pastas de colocar documentos sendo usadas não para fazer aletas de foguetes e sim cortadas em formatos cônicos para produzir o bico do foguete e assim desenvolver aerodinâmica mais eficiente no foguete, a figura 28 mostra mais detalhes. Para realizar os trabalhos com o novo peso para a estabilidade do foguete foi comprado uma caixa de massa de modelar, pois, uma caixa contém 12 tabletes ideal para a confecção dos 12

foguetes. Usamos o balão selecionando duas garrafas idênticas de, aproximadamente, 2 litros, de paredes retas, ou seja, não serve da Coca-Cola, porém, pois estas têm “cinturas”, mesmo assim usamos no projeto. Corte uma delas a, aproximadamente, 15 ou 20 cm da sua boca. Coloque, aproximadamente, 50 g de água dentro de um balão de aniversário, isto é obtido com um volume de água semelhante ao volume de um ovo de galinha médio ou pequeno. Amarre a ponta deste “saquinho” de água e passe a ponta pelo interior do bico da garrafa cortada. Em seguida coloque a tampinha na boca da garrafa prendendo junto o bico do balão. Já o novo estabilizador é feito com cano pvc medindo cerca de 10cm de comprimento cheio com massa de modelar e fácil de fixar no foguete (dentro do bico).



Figura 24. Fonte: Próprio autor. Recorte e montagem de foguetes de garrafas pet.



Figura 25. Fonte: MOBFOG – Figura mostrando um balão contendo água para o foguete adquirir estabilidade.

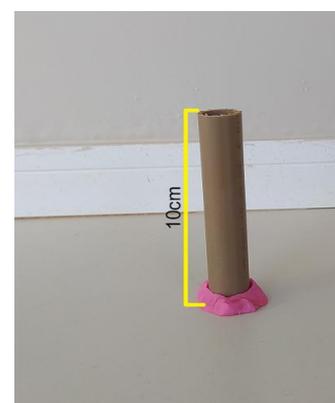


Figura 26. Fonte: Próprio autor. Figura mostrando o novo estabilizador do foguete feito de cano pvc.

**O foguete** da mesma forma, totalmente inovado e uma eficácia extraordinária, as aletas não foram confeccionadas com pastas de colocar documentos, como já falamos usamos para confeccionar o bico do foguete. Elas (aletas) foram feitas com material de pvc de colocar forro em residências, o que foi aproveitado com base em vídeo e orientações, só o uso de garrafa pet de dois litros. Para confeccionar o novo foguete, foi usado em cada um, duas garrafas de Coca-Cola de dois litros, lembrando que a MOBFOG em suas orientações não permite o uso de garrafa de Coca-Cola, pois, a garrafa não tem paredes retas, mesmo assim, os alunos ousaram inovar até o tipo de garrafa usando na construção do foguete, pura criatividade, usamos 24 garrafas para confeccionar 12 foguetes. Os alunos(a), tiveram a ousadia de usar duas garrafas para cada foguete, pois, para eles mesmo o modelo visto em vídeo sendo com duas garrafas parece ser frágil e uma aerodinâmica muito simples, percebemos isso, basta olharmos e compararmos as duas figuras abaixo, figura 27 orientações da MOBFOG e a figura 28 que mostra a criatividade dos alunos. E

isso foi comprovado também na conclusão dos trabalhos, teve foguete que atingiu um alcance de 141m, o segundo lançamento da base 2, e boa parte desses foguetes mesmo depois dos lançamentos ficaram em perfeitas condições, inclusive se quiséssemos aproveitar para lançarmos novamente, poderíamos, esse foguete da foto abaixo, figura 28 foi lançado (foto do lado direito), isso mostra a importância do trabalho realizado e modificado pelos alunos(a). Lembrando que para os alunos fazer tais descobertas além do incentivo pessoal como campeão da 13ª MOBFOG realizada no ano de 2019 e as discussões acerca de cada tema no que se refere ao lançamento de foguete, solicitamos o vídeo 76 – construção da base de foguete pelo professor. Dr. Canalle.



Figura 27. Fonte: MOBFOG. Modelo de foguete indicado pela MOBFOG.



Figura 28. Fonte: Próprio autor. Modelo de um novo foguete produzido pelos alunos.

**O espigão** não foi feito de cano pvc mostrado também em vídeos, por conta de ser revestido com esparadrapos, como mostra a figura 29, durante os lançamentos dos foguetes iam sofrer danos levando, em conta a reação do combustível que é líquido (bicarbonato de sódio e vinagre), então, os lançamentos poderiam ser prejudicados, como já falamos, presenciei tal feito nas competições no ano de 2019 na Fazenda Ribeirão – Barra do Piraí- Rio de Janeiro. Então, os alunos(a), desenvolveram um feito de madeira mostrado na figura 30 feito de madeira. Inclusive quando fomos numa marcenaria pedimos para o carpinteiro usar a madeira cedro que é fácil de ser cortada ou furada, e ao ter contato com líquidos infla que para nossa finalidade é perfeito. Foram feitos quatro espigão, cada um medido cerca de 10cm de comprimento com um furo no meio para ligar a passagem de combustível a válvula de escape (registro de pvc, 20mm), e o manômetro. A base lançadora de foguete da figura 23 mostra os detalhes de como funciona esse espigão.



Figura 29. Fonte: MOBFOG. Modelo de gatilho feito de cano pvc enrolado com esparadrapo.

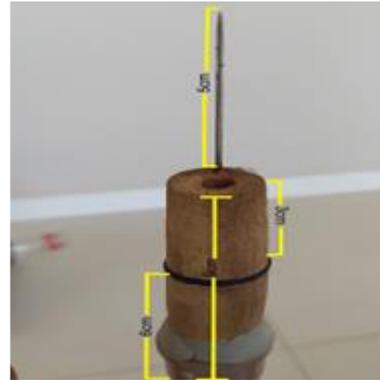


Figura 30. Fonte: Próprio Autor. modelo de um novo gatilho feito com madeira.

**O anel de vedação do espigão**, não foi criado pelos alunos(a), digo produzido, mas a ideia de usarmos esse tipo de anel para colocar no espigão e vedar a passagem de combustível durante o contato do mesmo com o foguete figura 32 já que o anel do modelo da figura 31 é frágil, por ser de balão, então, pensaram em um mais resistente para suportar a pressão entre o foguete e o registro, permitindo assim, que o manômetro meça a pressão. Esse tipo de anel é encontrado em oficinas de moto, medindo aproximadamente 2,5cm de diâmetro. Colocado no espigão cerca de 3,0cm medindo da ponta espigão, fazendo um corte circular para que ele fique de forma quase que zerada com o espigão, facilitando assim, o encarte do foguete na hora do lançamento e claro vedando a pressão do combustível.



Figura 31. Fonte: MOBFOG. Anel vedação feito com balão.



Figura 32. Fonte: Próprio autor. Modelo de um novo Anel de vedação.

O novo modelo de anel de vedação pode ser encontrado em oficinas de moto e claro bem barato o que facilitou os nossos trabalhos. Como a anel de vedação indicado pela MOBFOG é feito com balão no momento da reação do bicarbonato de sódio e o

vinagre, esse tipo de anel de vedação pode sofrer danos e com isso atrapalhar os lançamentos durante experimentos e em competições nacionais como a MOBFOG.

O **gatilho** da figura 33 é de cano pvc branco de 40mm, amarrado a um cordão medindo em média 4,0m a 5,0m de comprimento para soltar o foguete da base na hora do lançamento, e assim, evitando



Figura 33. Fonte: MOBFOG. Modelo de gatilho feito com cano pvc de 40mm.

**Novo modelo de gatilho**, figura 34 também criado pelos próprios alunos(a), feito totalmente de ferro, com dois pedaços de ferro medindo 6,5cm, dois pedaços medindo 11cm, um pedaço de 8,5cm, um pedaço de 6,5cm, que a trava do gatilho, mais cinco poucas de medidas compatíveis com o protótipo, mais dois parafusos com poucas e uma mola para revestir um dois pedaço de ferro, essa mola mede 5,0cm, antes de ser comprimida. Para confeccionar o gatilho tivemos que ir até uma oficina de um soldador. Lembrando que esse gatilho possui uma trava que é amarrado a um cordão, para ser puxado na hora do lançamento liberando o foguete da base, ele é fixado na base com duas

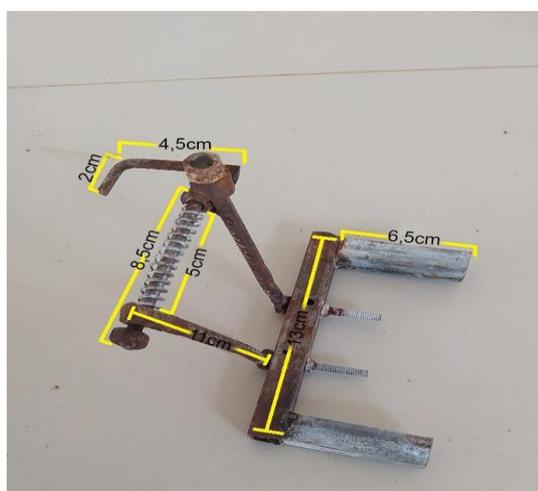


Figura 34. Fonte: Próprio autor. Novo gatilho feito com ferro.

braçadeiras de aço. O mais interessante desse gatilho, ele é móvel, foi usado o mesmo nas

quatro bases para a realização dos lançamentos, fácil de ser removido e pode ser utilizado por várias equipes na apresentação de trabalhos que envolvam lançamento de foguete, muito versátil.

Com base nos resultados obtidos e as confecções da base do foguete, construção do foguete, anel de vedação, gatilho, todos os acessórios no que se refere ao lançamento de foguete de garrafa pet, dentre outros assuntos trabalhados na aplicação do produto educacional. É bastante interessante destacarmos o conhecimento de cada aluno(a) acerca de qualquer tema trabalhado seja familiar ou não, pois, mesmo com suas dificuldades ou limitações, por conta de alguns que veem da zona rural, além claro, do momento vivido por conta da pandemia. Tais fatores interferem de forma agravante no ensino e aprendizagem dos alunos. Porém, observando o que esses alunos trazem consigo é muito útil e importante para a construção do conhecimento científico. Podemos observar durante quase toda a aplicação do produto, na verdade, todo o resultado do produto foi inovado por eles. Eles aplicaram os conhecimentos prévios, mesmo sem ter conhecimento do que é o conhecimento prévio e desenvolveram habilidades para a realização de todas as tarefas nas quais estavam envolvidas com bastante empolgação. Vale ressaltar que eles(a), inovaram todos os trabalhos, em nenhum momento da aplicação do produto deixaram de ser criativos, houve aprendizagem com ideias de cada um, troca de conhecimentos que é muito importante para a construção de seus conhecimentos.

A cada descoberta durante a aplicação de nossos trabalhos os alunos eram perguntados sobre essas inovações dentro de cada tarefa exigida. E as respostas que mais se ouvia foi justamente a importância do trabalho em grupo, pois, para os alunos é uma forma de aproximar cada um(a) e assim desenvolver melhor suas habilidades naquilo que vão produzir. Para se ter uma ideia as quatro bases de lançar foguetes e os 24 foguetes foram produzidos ao mesmo tempo por todos os alunos mesmo estando divididos em grupos. Outra observação sobre o trabalho em grupo foi no momento dos lançamentos dos foguetes, usaram o mesmo gatilho nos 24 lançamentos.

Elaboramos objetivo geral e específico, e ao término da aplicação do produto percebemos que os alunos foram além de tais objetivos, o ensino nos traz tantas descobertas que ainda hoje fico me perguntando como um adolescente entre 14 ou 15 anos consegue descobrir algo novo que às vezes o próprio professor ou professora não é conhecedor(a). Basta observar o que eles produziram simplesmente com algumas ideias ou dicas dadas durante os trabalhos, sugestão de vídeo no you tube, o vídeo 76 ministrado

pelo professor Dr. Canalle com duração de 47,26min. Vale ressaltar que durante a realização dos trabalhos, a cada encontro surgia algo novo para a realização das tarefas solicitadas por mim, os alunos se envolveram de forma tão empolgante que conseguiram concluir todos os trabalhos.

Nos nossos primeiros encontros, quando começamos a falar da base do foguete, surgiu novas ideias de como fazer uma nova base e mais eficiente para os lançamentos do foguete, logo, daí já começou a surgir alguns modelos indicados por eles, digo, boa parte dos alunos discutiam entre se qual um melhor modelo para ser construído, e logo se juntaram, depois das divisões dos grupos e decidiram entre todos, que modelo iam construir, já determinando medidas, a quantidade de canos usados e mostrando como ia ficar a nova base.

Percebemos tais empolgações no que se refere as tarefas direcionadas além da espontaneidade, os conteúdos aplicados. Um dos momentos que mais chamou a atenção dos alunos foi quando contamos a nossa História dentro da MOBFOG, desde a viagem à nossa conquista de medalha de ouro, surgia perguntas do tipo: Se a viagem foi de avião? Se foi de carro? Quanto tempo durou a viagem? Onde foi a MOBFOG? Perguntas importantes para desenvolver um trabalho dessa grandeza.

E isso permaneceu na construção de todos os itens usados na base e no foguete, para confeccionar o foguete, os alunos me perguntaram, professor, essas aletas de pasta de colocar documentos não são muito frágeis? Não podemos fazer o foguete usando garrafas de Coca-Cola, que é mais grossa? Percebe-se que são perguntas para questionar e inovar um trabalho dessa importância, isso mostra as novas descobertas com base no que o aluno já conhece ou tem contato e assim criar novas ideias acerca do novo.

A partir dessas perguntas e questionamentos, eles construíram um foguete com base em suas novas ideias, e conhecimentos adquiridos ou trazidos consigo. Ainda sobre o foguete, eles me perguntaram: Professor o que vamos usar para o foguete ficar equilibrado? Aquele balão que é colocado com água é fácil de se romper, vamos fazer um de cano, e encher de areia sei lá, daí outros(a), falaram, vamos usar massa de modelar para encher o cano! Então, foi usado massa de modelar, outra criatividade útil e eficaz para os trabalhos.

Quando falamos no espigão, dizendo que ele é envolvido com esparadrapo, e que é fácil de ser removido, foi surgindo novamente novas indagações, professor, vamos fazer diferente? Porque esse modelo não vai aguentar os lançamentos, vai descolar do cano

quando molhar com o vinagre e o bicarbonato de sódio, então, diante de novas sugestões, eles desenvolveram um feito com madeira, marcamos um horário com marceneiro, chegando lá, ainda pediram para fazer de cedro que com contato com um líquido infla e faz uma vedação quase perfeita. Esse mesmo aluno, quando fizemos os lançamentos no dia 28/12/2022, iniciamos as 15:00h e concluímos as 18:00h, me lembro, ele dizendo: professor, se nós não tivéssemos feito outro espigão, ainda não tínhamos terminados os lançamentos, porque o esparadrapo tinha saído do cano, tinha desmantelado.

Em seguida, pensando ainda de como melhorar a vedação entre a espigão e o foguete, porque o anel indicado no vídeo 76 é feito com balão, claro, muito frágil também não suporta muitos lançamentos, novamente surge novas ideias, então vamos pensar em um mais resistente! Professor, talvez encontremos uma borrachinha que pode servir como um anel de vedação em uma oficina de moto. E acatando a iniciativa dos alunos de usarmos um novo anel de vedação, fomos até a oficina e encontramos a tal borracha que ficou perfeita anexada no espigão.

Sobre o modelo de gatilho, os alunos desenvolveram um novo modelo, totalmente de ferro, foi desenvolvido pensando na durabilidade e na socialização. Eles, discutiram e criaram um modelo de gatilho para facilitar ainda mais o coletivo, usaram o mesmo gatilho em todas as bases de lançamento, claro, externando ainda mais seus conhecimentos acerca do que foi proposto, é nítido isso, quando se observa seus conhecimentos, suas habilidades, no que diz respeito a produzir ou construir algo novo. Lembrando que todas suas produções inovadas, foi discutida entre os próprios alunos(a), servirmos apenas como um mediador, nessa nova etapa de construção do conhecimento, eles foram provocados(a), a atingir tais objetivos.

Agora, entre 23/11/2021 e 06/12/2021, tivemos que parar nossos encontros presenciais por conta do avanço dos casos de Covid-19, em nossa cidade Matões-MA. Porém, mesmo com tais problemas, tivemos o privilégio de fazer os nossos trabalhos presenciais, ou seja, a aplicação do Produto Educacional, alguns desses encontros extra foi para realizar algo que não foi possível em sala de aula, entre 14/11/2021 e 28/12/2021, foi um recesso de fim de ano, serviu também para manter o distanciamento e evitar o contágio dos casos de Covid-19 que durante a aplicação do produto não teve nenhum caso registrado na escola. Como alguns dos participantes da pesquisa vem da zona rural, existe um grau de compreensão e interpretação diferente de aluno para aluno, porém, cabe a nós educadores buscar meios para fazer uma análise e relacionar de forma que cada discente busque a construção do seu conhecimento.

### Resposta dos alunos ao Questionário Final (questionário 2)

**1) Descreva o que ocorre com os corpos que interagem nas situações a seguir, de acordo com seus conhecimentos Físicos;**

**a) Uma pessoa inicia uma caminhada. O que ocorre quando o pé está em contato com o chão?**

Resposta do Aluno 1: *Quando andamos, empurramos o chão para a trás, com o pé, e chão empurra os pés, exerce uma força de atrito empurrando para frente.*

Resposta do Aluno 2: *Quando o pé toca no chão, o chão recebeu o impacto impulsionando o pé e o corpo da pessoa.*

Resposta do Aluno 3: *Quando se inicia a caminhada, os pés tocam o chão o corpo ganha força e vai ganhando velocidade.*

Resposta do Aluno 4: *a contece uma contante troca de força exemplo: quando o pé impurra o chão o chão devolvi com a mesma força.*

**b) Uma criança solta uma bexiga cheia de ar, aberta, e percebe que ela descreve um movimento enquanto expelle o ar. Por que ocorre esse movimento?**

Resposta do Aluno 1: *por causa da pressão que estar dentro do balão, que é maior do que estar fora.*

Resposta do Aluno 2: *O ar dentro da bexiga sai ligeiro impulsionando e criando o movimento.*

Resposta do Aluno 3: *Por que a bexiga esta cheia de ar quando a o ar é solto a bexiga sai com velocidade.*

Resposta do Aluno 4: *a força do vento é tão forte que a bexiga vai para todos os lados.*

**2) É muito comum, em uma partida de futebol um jogador ou os jogadores cabecear a bola. Explique o que acontece com a bola ao ser cabeceada:**

Resposta do Aluno 1: *a terceira lei de Newton explica.*

Resposta do Aluno 2: *A bola tem um peso menor e por isso muda de direção.*

Resposta do Aluno 3: *Quando a bola é cabeçada sofre uma alteração e com isso muda o sentido.*

Resposta do Aluno 4: *a bola vai numa força externa ao ser cabeçada para o gol.*

3) Alguns de seus colegas que estudam no turno vespertino, vem para a aula no ônibus escolar, enfrentando péssimas condições da estrada dentre outros fatores que estão presentes durante a viagem. Imagine que o ônibus venha a 70 km/h, o que acontece se o motorista frear o ônibus bruscamente?

Resposta do Aluno 1: *Eles podem cair e ir para na frente do ônibus por causa da velocidade.*

Resposta do Aluno 2: *O ônibus para mas as pessoas continuam em movimento que vinham antes.*

Resposta do Aluno 3: *Se os passageiros não estiverem com o cinto, o corpo continua com a mesma.*

Resposta do Aluno 4: *acontece uma tremenda força do ônibus empurrando os alunos para frente do ônibus.*

4) Após sofrer uma falta um jogador de futebol fica encarregado de chutar a bola para converter ou fazer o gol, para encobrir a barreira, tenta fazer com que a bola descreva uma trajetória parabólica. Em sua opinião, a barreira tem que ficar próxima ou distante do gol? Por quê?

Resposta do Aluno 1: *Próxima porque ele tem que tenta não deixa ele fazer o gol.*

Resposta do Aluno 2: *Próxima porque assim a bola tem mais chances de bater na barreira*

Resposta do Aluno 3: *A barreira fica próxima em minha opinião. Para que o jogador possa chutala fazendo com que entre na trave.*

Resposta do Aluno 4: *tem que defender o gol.*

5) Analisando o lançamento de um foguete de garrafa pet, para adquirir melhor altura e um melhor alcance, em que ângulos devo lançar tal foguete?

Resposta do Aluno 1: *na direção horizontal*

Resposta do Aluno 2: *Altura 90 grau e alcance 45 grau.*

Resposta do Aluno 3: *Em um ângulo reto de 45 grau.*

Resposta do Aluno 4: *no sentido horizontal.*

6) Para entendermos melhor o lançamento de um foguete é necessário conhecermos a direção horizontal e a vertical, ambas pertencem a quais eixos?

Resposta do Aluno 1: *na direção horizontal.*

Resposta do Aluno 2: *Abcissas e ordenadas.*

Resposta do Aluno 3: *horizontal x e vertical y.*

Resposta do Aluno 4: *horizontal*.

**7) Durante a aplicação do Produto Educacional: A Construção de Foguetes Com Garrafas Pet Num Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física, tivemos seis encontros presenciais na escola, além de um encontro virtual pelo Google Meet e dois encontros em minha residência, finalizamos com os lançamentos dos foguetes. Para você qual a importância da aplicação do produto para o ensino e aprendizagem da Física? A aplicação do produto teve relevância para uma melhor compreensão dos conteúdos aplicados durante a construção das bases de lançamentos, construção dos foguetes e lançamentos deles ao término dos nossos trabalhos? Por quê?**

Resposta do Aluno 1: *O conteúdo teve a maior ajuda na física e as outras matérias ajudou a entender que a física é importante na vida.*

Resposta do Aluno 2: *É importante por que podemos aprender sobre elementos químicos. sem dúvida, meu conhecimento sobre aumentou, e com a construção desse trabalho, teve grande relevância e compressão.*

Resposta do Aluno 3: *É importante porque ganhamos mais entendimento sobre algumas matérias, principalmente física, pois existem sentidos direções e intensidades diferentes. E no projeto, aprendemos sobre tudo isso.*

Resposta do Aluno 4: *O conteúdo teve a maior ajuda e física e as outras Matérias. Ajudou muito intendo a importância da física em nossa vida.*

Observando o questionário inicial (Qi) e fazendo comparações para uma análise de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, percebemos que houve evolução no aprendizado dos alunos (a), ou seja, as respostas do Questionário final (Qf), abaixo podemos perceber observando o uso de palavras científicas que antes não tinham conhecimento isso mostra os conceitos físicos adquiridos durante a aplicação do Produto Educacional.

Segundo David Ausubel, assim, a *aprendizagem significativa* ocorre quando novos conceitos, ideias, proposições interagem com os outros conhecimentos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade. (David Ausubel 1963, reiterada por Marco Antônio Moreira 2000, pág. 104).

Comparando as respostas do Qi do aluno 1, no diz respeito a letra “a” da primeira questão, o aluno respondeu de forma simples, mostrando o que ele já sabe, já na resposta

da mesma letra “a” da primeira questão do Qf, percebemos a evolução na construção de conceitos físicos desse aluno.

A Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. (David Ausubel 1963, reiterada por Marco Antônio Moreira 2000, pág. 13).

Podemos destacar as respostas do aluno 2, ele pronuncia palavras novas em relação ao Qi e Qf, palavras do tipo: impacto, impulsionando, percebemos a construção de novos conhecimentos. Na questão 07 do Qf, o mesmo aluno 02 mostra a interdisciplinaridade quando ele cita em sua resposta elementos químicos, pois, em momentos da aplicação do Produto Educacional, a professora de Química teve que entrar em cena e explicar para a turma como acontece a reação química entre o bicarbonato de sódio e o vinagre no Lançamento de Foguete.

O aluno 03 pronuncia a palavra cinto de segurança na questão 03 do Qf, ou seja, bem satisfatória, na questão 07, também do Qf, ele diz que aprendeu sobre novas matérias, e ainda destacou palavras como: sentidos, direção e intensidades, tudo isso, é um conhecimento adquirido pelo aluno.

Já o aluno 04 no Qi questão 1ª letra “a”, pronunciou as palavras: magnetismo, energia, força e equilíbrio, palavras essas que o aluno tem contato em seu dia-a-dia. No Qf o mesmo aluno mostrou evolução na criação dos conceitos físicos dando uma resposta mais satisfatória, para uma boa compreensão da questão.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dos conceitos teóricos de Física atrelados à prática laboratorial como, a construção da base lançadora de foguete e a construção do foguete, lançamento de foguete, proporcionaram aos alunos uma aprendizagem significativa despertando, o gosto em aprender física e sua importância em uma sociedade que cada vez mais busca o avanço em tecnologia. Assim, a construção da base e do foguete e lançamentos de foguetes atrelando a vários conceitos da Física, buscamos inserir a prática com a teoria vivenciada, para propor ao aluno(a) uma aprendizagem significativa.

Logo nesse trabalho, Produto Educacional (PE), decidimos trabalhar com uma Sequência Didática (SD) de forma totalmente presencial, direcionada aos alunos do 1º do Ensino Médio, contemplando um estudo teórico, reflexões e uma proposta de atividades, a fim de orientá-los na Construção de foguetes com uso de garrafas pet, visando o ensino e aprendizado da Física. Vale lembrar, que a Construção de Foguetes, além de desenvolver as capacidades de criatividade dos estudantes no que se refere a experimentação, percebemos também que a compreensão dos conteúdos fica mais clara e objetiva.

Quanto a questão norteadora desta pesquisa, trabalhamos com a teoria da aprendizagem de David Ausubel, ou seja, identificamos o nível de conhecimento prévio dos alunos do Ensino Médio de uma escola da Rede Pública Estadual, através de Questionário inicial (Qi), Questionário final (Qf). Além claro, das observações feitas durante toda a aplicação do Produto Educacional, na Construção da Base e do Foguete, ambos foram construídos levando em conta os conhecimentos prévios de cada aluno(a). Tanto a Base quanto o Foguete foram inovados de forma a desenvolver um melhor desempenho nas realizações dos Lançamentos dos Foguetes. Vale destacar na aplicação do Produto Educacional, a interdisciplinaridade, quando citada por alunos na aplicação do Questionário final (Qf). Os próprios alunos fizeram as descobertas durante a aplicação dos trabalhos quando pedimos para a professora de Química trabalhar a Reação entre o bicarbonato de sódio e o vinagre, reação química que acontece quando misturamos os dois no momento do lançamento, destacamos também a Geometria da Base Lançadora do Foguete, onde ela deve estar com um ângulo de  $45^\circ$  com a horizontal.

Levando em conta o que foi observado e tendo em vista os aspectos abordados, o PE atingiu os seus objetivos, pois, possibilitou aos alunos do Ensino Médio um ambiente de estudos, reflexões e desenvolvimento de atividades num contexto histórico do ensino e aprendizagem da Física, a fim de orientá-los na construção de foguetes com garrafas pet. Falamos isso porque, conseguimos despertar nos alunos a curiosidade, desenvolvemos

ainda a interação de compartilhar o conhecimento em grupo de forma a aceitar as opiniões dos colegas nas realizações dos trabalhos. Percebemos ainda que, a Construção de Foguetes e Ensino e Aprendizagem da Física proporciona ao aluno a construção do conhecimento científico, pois, demonstraram o que fizeram para os colegas e para o professor ao longo dos trabalhos realizados.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA – AEB. **Veículos espaciais**. Programa AEB Escola. Formação continuada de professores. Curso Astronáutica e Ciências do Espaço. Brasília DF, 2007.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

BAEDER, F. M. et al. **Percepção histórica da bioética na pesquisa com animais**: possibilidades. *Bioethikos*, v. 6, n. 3, p. 313-22, 2012.

Bases de Lançamento de Foguetes. <https://www.aeroflap.com.br/curiosidade-conheca-os-dois-centros-brasileiros-de-lancamentos-de-foguetes>. Acesso em 18 de junho 2022.

BIBLIOGRAFIA da OBA e da MOBFOG. Disponível em: <http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=5&pag=conteudo>. Acesso em: 22 de Março de 2023.

BNCC – **Documento homologado pela portaria nº 1570**, publicada no D.O.U, de 21/12/2017, seção 1. Pág: 146.

[Brasilecola.uol.com.br>a-corrida espacial.htm](http://brasilecola.uol.com.br/a-corrida-espacial.htm)

BRUNER, J. (1973). **O processo de Educação**. São Paulo: Nacional.

BUCK INSTITUTE FOR EDUCACION. **Aprendizagem baseada em projetos**: guia para professores de Ensino fundamental e médio. 2 ed. Porto Alegre Artmed, 2008.

BURGESS, C.; DUBBS, C. **Animais no espaço: dos foguetes de pesquisa ao ônibus espacial**. Springer Science & Business Media, 2007.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de Física**. 2. reimpr. da 1. ed. de 2010.

CDCC. Centro de Divulgação Científica e Cultura. Século XX – **Astronomia e Astronáutica: Foguetes e Satélites (breve História)**. Disponível em: <Http://cdcc.usp.br/cdasessão-astronomia/seculoxx/textos/foguetes-e-satelites.html>.

COSTA, L. G.; BARROS, M. A. **O Ensino da Física no Brasil: Problemas e Desafios**. V Seminário Internacional sobre Profissionalização Docente- SIPO- Catedral UNESCO. PUCPR. Paraná, 2015.

Curiosidades: **Conheça os dois Centros brasileiros de lançamentos de foguetes**-por André Magalhães-21 de Outubro de 2020. <https://www.aeroflap.com.br/equipe>.

DAMINELI, A.; STEINER J. **O Fascismo no Universo**. São Paulo: Odysseus, 2010. *des Mathématiques*, 10 (23) : 133-170.

Emerson Pereira Branco, Alessandra Batista de Godoi Branco, Lilian Fávaro Algrâncio Iwasse, Shalimar Calegari Zanatta, **Sistema Nacional de Educação: críticas no contexto da implantação da BNCC , Debates em Educação**: v. 11 n. 25 (2019)

FONSECA, M.R.M. **Química**. Com manual do professor. 1.ed. São Paulo: Ática, 2013.  
FRANCO, M.L.P.B. **Análise do Conteúdo**. 3.ed. Brasília: Liber Livro, 2008.  
FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia- saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GADDIS, John Lewis. **História da Guerra Fria**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2006.  
Galileu Galilei: **O primeiro físico**/James Maclachlan; tradução Laura Teixeira Motta – São Paulo: Companhia das letras 2008.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos** Porto Alegre: Artmed, 2009. (Pesquisa em Educação, v. 1).

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.

Gonçalves, F. P. & Marques, Carlos Alberto (2006). **Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de Química. Investigações em Ensino de Ciências**.

Gonçalves, F.P & Marques, Carlos Alberto. **A Circulação inter e intracoletiva de conhecimento acerca das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência de formadores de professores de química. Investigações em Ensino ne Ciências**. V17 (2), pp. 467-488, 2012.

GOWIN, D.B. (1981). **Educating**. Ithaca, N.Y.: Cornell University

GUEERA, W. B. **A influência dos avanços Tecnológicos no poder naval Brasileiro no século XXI**. R. Esc. Guerra Naval, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, Jan/junho. 2015.  
HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**,

**mecânica**, Volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2011

HEWITT, P. G. **Física conceitual** – 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015

LUITEN, J., Ames, W., Ackerson, G (1978). **A meta-analysis of the effect of advance organizers on learning and retention**. American Educational Research Journal, 17 (2): 211-8.

Marco Antonio Moreira Instituto de Física – UFRGS Caixa Postal 15051 – Campus 91501-970 – Porto Alegre, RS moreira@if.ufrgs.br <http://moreira.if.ufrgs.br>

MACAU, E. N. MACAU. Escreveu o capítulo Chegamos à Lua para o livro A conquista do espaço que foi editado pela Livraria da Física Editora em 2007, em comemoração aos 50 anos do lançamento do Sputnik.

MACLACHLAN, James

MARCHIONATTI, W. **China: velho e novo império**. EDIPUCRS, 2012.

MATHIAS, M. S.; RIBEIRO, M. V. F.; GRECO JÚNIOR, P. C. **Simulação numérica do lançamento de um foguete para análise de estabilidade e desempenho**. VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica: ABCM – Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas. São Luís/MA, 2012.

MINAYO, M. C. S. O desafio do conhecimento: **Pesquisa qualitativa**. Rio de Janeiro-São Paulo, ABRASCO – HUCITEC. 1992.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA (MEC). **O que é a BNCC**. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>. Acesso em 04 junho. 2022.

MORAES, E. A. **O desafio das escolas públicas paranaense na perspectiva do professor PDE 2014**. In: Paraná. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor e os desafios da escola paranaense, 2014. V.1. (Cadernos PDE). Disponível em: [www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo.php?conteudo=20](http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo.php?conteudo=20).

MORAES, É. de. **O jornalismo on-line sob o viés discursivo** – o novo e o já dado. In: BRUNELLI, A. F. et. al. (Orgs.). Comunicação, cultura e linguagem. 1.ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014, p.41-58.

MOREIRA, M. A. & Masini, E.A.F.S. (2006). **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo, Centauro. 2ª ed.

MOREIRA, M. A. (2006). **A teoria aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. da UnB, 1998.

MUNHOZ, Sidnei. Guerra Fria: **Um Debate Interpretativo**. In: SILVA, Francisco Carlos Teixeira da (org.). O Século Sombrio: uma História geral do século XX. São Paulo: Editora Campos.

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

NASCIMENTO, M. do C. et al. **Uso de experimentação como metodologia facilitadora do processo de ensino e aprendizagem de Física**. In: Congresso Nacional de Educação 4. Paraíba, 2018.

NOGUEIRA, S; PESSOA FILHO, J. B; 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.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Teoria y practica de la educación**. 1988.

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

OLIVEIRA, F. S. de. **Guia para experimentação com foguetes de garrafa PET**. 2019 53 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2018.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica**: para a rede pública estadual de ensino. Ciências. Curitiba: SEED/DEF/DEM. 2008 Paulo, 2010. (Pg.21 e 25).

PIAGET, Jean. **O diálogo com a criança e o desenvolvimento do raciocínio**. São Paulo: Press.

PRINCIPIA: **Princípios Matemáticos de Filosofia Natural** – Livro I/Isaac, Sir Newton. – 2. Ed. reimpr. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

RERENDE, F. **As Olimpíadas de Ciência: Um Prática em Questão**. Ciência e Educação, n 18, p. 254-256, 2012.

REZENDE, S. M. **A Física no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, Instituto de Física da USP, ISBN: 85-292-0001-2, 1987.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educación** v. 58 n. 2, p. 1-24, 2012.

SANTOS, C. S. Ensino de Ciências: **abordagem histórico – crítica**. Campinas: Armazém do ipê, 2005.

Scipione, 1997. PIERCE, Charles Sanders. *Semiótica*. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 2000. Século XX – **Astronomia e Astronáutica Foguetes e Satélites** (Breve História).

SHEARER, D. A.; VOGT, GL *Rockets: Guia do Educador com Atividades em Ciência*, SILVA, Daniel Neves. "**Corrida espacial**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/a-corrida-espacial.htm>. Acesso em 21 de julho de 2021.

SOUSA, J. A. U foguete de garrafa PET. **Física na Escola**. São Carlos, São Paulo, v. 8, n. 2, p.4 – 11, 2007.

**Tecnologia, Engenharia e Matemática**. Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA), 2008.

VERGNAUD, G. (1990). Lá théorie des Champs conceptuels. *Récherches em Didactique*  
WILSEK, M. & Tosin, J. (2009). **Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas**. Estado do Paraná. <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf>. Acesso: em 22 de mar., 2023,

Your browser can't play this **video**. ... **VÍDEO 76** - Construção de Base de Foguete pelo **Prof. Dr. Canalle**. OBA - MOBFOG. OBA - MOBFOG.

**APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL – SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

**A CONSTRUÇÃO DE FOGUETE DE GARRAFA PET NUM CONTEXTO  
HISTÓRICO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA**



**JOSÉ DE ABREU MATOS**

# MNPEF

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PIAUÍ



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**JOSÉ DE ABREU MATOS**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**A CONSTRUÇÃO DE FOGUETES COM O USO DE GARRAFAS PET NUM  
CONTEXTO HISTÓRICO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA**

**TERESINA**

**2023**

**JOSÉ DE ABREU MATOS**

**PRODUTO EDUCACIONAL**  
**A CONSTRUÇÃO DE FOGUETES COM O USO DE GARRAFAS PET NUM**  
**CONTEXTO HISTÓRICO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA**

Projeto de Pesquisa apresentado à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, polo 26, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho

TERESINA/2023

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Momento do embarque para a disputa da MOBFOG	17
Figura 02 – Nossa chegada no local da competição-MOBOFOG	17
Figura 03 – Trabalhos com o coordenador da MOBFOG-Canalle	17
Figura 04 – Momento da premiação	17
Figura 05 – Troféu conquistado em 2019 na 13ª MOBFOG	18
Figura 06 – Palácio dos Leões-São Luís-Encontro com o Governador	18
Figura 07 – Trajetória parabólica	23
Figura 08 – Distância horizontal-45°	26
Figura 9 – Forças que atuam no Foguete durante o voo	27
Figura 10 – O CG-Estabilidade do Foguete	32
Figura 11 – Partes de um Foguete padrão	42
Figura 12 – Preparação do kit pelos alunos	44
Figura 13 – Alunos concluindo a base do foguete	45
Figura 14 – Procurando a estabilidade do foguete	46
Figura 15 – Foguete na Base de Lançamento	46
Figura 16 – Montagem de um Foguete	47
Figura 17 – Foguetes montado e suas partes diversificadas	47
Figura 18 – Momentos em que chegamos no local de lançamento	47
Figura 19 – Alunos colocando o foguete na Base de Lançamento	48
Figura 20 – Alunos abastecendo os foguetes para serem lançados	49

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Esboço da Sequência Didática	39
Quadro 2 – Esboço da Base de Lançamento 1	48
Quadro 3 – Esboço da Base de Lançamento 2	48
Quadro 4 – Esboço da Base de Lançamento 3	49
Quadro 5 – Esboço da Base de Lançamento 4	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNE	Conselho Nacional da Educação
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
DCTMA	Documento Curricular do Território Maranhense
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação Ciências e Cultura
IEMA	Instituto de Educação Ciências e Tecnologia do Maranhão
LDBEN	Lei de diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MOBFOG	Mostra Brasileira de Foguetes
NASA	National Aeronautics and Space Administration-Administração da Aeronáutica e do Espaço
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
OBA	Olímpiada Brasileira de Astronomia Astronáutica
OIA	Olimpíada Internacional de Astronomia
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PE	Produto Educacional
PVC	Policloreto de Polivinila
Qf	Questionário final
Qi	Questionário inicial
SD	Sequência Didática
STEAM	Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática

## LISTA DE SÍMBOLOS

© - copyright

@ - arroba

® - marca registrada

$\Sigma$  - Somatório de números

$\rho$  - Massa específica do ar ( $\text{kg/m}^3$ )

## SUMÁRIO

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b>	<b>07</b>
1.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA	10
1.2 PROJETO INTEGRADOR – OUTRAS ÁREAS DO CONHECIMENTO – LINGUAGEM MATEMÁTICA – GEOGRAFIA E HISTÓRIA	12
1.2.1 O PAPEL DA HISTÓRIA NO AVANÇO DA TECNOLOGIA	14
1.2.2 NOSSA HISTÓRIA DENTRO DA MOBFOG	16
1.2.3 ESTUDO DA DINÂMICA NO LANÇAMENTO DE FOGUETES	19
1.2.4 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E ARTICULAÇÃO ENTRE A PARTE HISTÓRICA E A EXPERIMENTAÇÃO	33
1.2.5 PROTOCOLOS DE SEGURANÇA NA COSTRUÇÃO DO FOGUETE	37
Atividade Experimental 1 – Preparação do kit	
Atividade Experimental 2 – Construção da Base de Lançamento do Foguetes	
Atividade Experimental 3 – Construção do Foguete	
Atividade Experimental 4 – Lançamento do Foguete	
Atividade Experimental 5 - Corrigindo erros na Base do Foguete e no Foguete	
1.3 PROBLEMA	38
1.3.1 OBJETIVOS	38
1.3.2 OBJETIVO GERAL	38
1.3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICO	38
<b>2 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES</b>	<b>39</b>
2.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	39
2.1.1 ETAPAS A SEREM DESENVOLVIDAS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	39
2.1.2 Apresentação da SD, Aplicação do Qi, História dos Foguetes, E o Contexto Histórico no Ensino e Aprendizagem da Física e as Leis de Newton	39
2.1.3 Lançamento de Projéteis ou Lançamento Oblíquo, Forças que atuam num Foguete Durante o Voo	42
2.1.4 A Estabilidade de um Foguete durante o Voo, Atividade Experimental I – Preparação do Kit	43
2.1.5 Atividade Experimental II – Construção da Base Lançadora do Foguete	44
2.1.6 Atividade Experimental III e IV – A Construção do Foguete e o Lançamento do Foguete	45
2.1.7 Atividade Experimental V - Corrigindo Erros na Base de Lançamento do Foguete e no Foguete	46
2.1.8 Lançamentos dos Foguetes	47
2.1.9 Encerramento dos Encontros e a Aplicação do Qf	50
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>53</b>

## INTRODUÇÃO

Até o século XVII, muitos tipos de conhecimento eram tratados como aspectos da filosofia. Usavam-se princípios gerais de raciocínio para explicar a natureza, a sociedade e a religião. Galileu e outros estudiosos desenvolveram, então, novos métodos para examinar o mundo natural. Acrescentando a experimentação, a medição e o cálculo ao raciocínio, tiraram da filosofia o estudo da natureza e transformaram em ciências. Hoje a ciência está dividida em ramos, como biologia, química e física. Cada qual tem seu objeto de estudo: a biologia, os seres vivos; a química, os elementos; a física, as ações e forças. Apesar de serem especialidades distintas, essas ciências compartilharam muitas técnicas. O trabalho de Galileu contribuiu imensamente para dar mais destaque às medições experimentais e aos cálculos matemáticos na física e em todas as ciências. (O Primeiro Físico, Galileu Galilei, pág.10, 2008).

Inspirando-se nos astrônomos, Galileu começou a estudar a natureza na Terra com métodos de medição e cálculos usados até hoje. Aplicou-os principalmente em seu estudo dos movimentos: queda de pedras, oscilações de pêndulos, entre outros. Também fez importantes descobertas em astronomia com a ajuda de um telescópio, que ele aperfeiçoou significativamente logo depois da invenção do instrumento em 1608. A palavra física deriva do grego *physikê*, que significa natureza. Há 2300 anos, o filósofo ateniense Aristóteles escreveu um livro sobre filosofia natural e o intitulou física. As concepções aristotélicas sobre a natureza dominaram o pensamento europeu por quase dois milênios. Os filósofos naturais ensinavam um conjunto de preceitos sobre as causas de todas as ações do planeta e sobre a natureza de todo o universo. Com Galileu, a lógica aristotélica da natureza deu lugar à física matemática. (O Primeiro Físico, Galileu Galilei, pág.10 e 11, 2008).

A grande maioria dos trabalhos sobre a história do ensino de Física no Brasil produzidos nos últimos anos remonta à década de 1950, já que inovações educacionais se iniciaram nessa década. Nardi (2005), por meio de entrevistas com os principais pesquisadores da área em ensino de ciências, mostra que, nesse período, além da mudança no enfoque educacional científico, houve também o início da pesquisa em ensino de ciências. As conclusões de Nardi (2005) apontam que essa mudança ocorre

[...] a partir de 1946 com a instalação do IBECC (Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura), quando essas instituições nacionais tomaram a liderança no desenvolvimento de materiais didáticos na área de ensino de

ciências. A instalação do IBECC proporcionou a implantação de projetos que iniciaram com o apoio a atividades escolares como feiras, museus e clubes de ciências, pesquisa e treinamento de professores. (NARDI, 2005, p.67).

A história dos foguetes está intimamente ligada ao desejo do homem em conhecer mais sobre o universo e sobre se mesmo. Muitas culturas, ao longo do mundo, em diferentes épocas, mostraram o seu interesse pelo universo e procuraram, de alguma forma, um modo de poder explorá-lo. É nesse contexto que surge o mito grego de Dédalo e Ícaro, o relato mais antigo que se tem notícia sobre a curiosidade do homem pelo universo.

Historicamente, a ciência avançou conforme a necessidade daqueles que detém o poder, ou dos que querem tomá-lo para si – conforme Guerra (2015). Para ganhar uma guerra, uma nação se empenha totalmente e, se ao final, os possíveis avanços tecnológicos obtidos são inseridos posteriormente em benefícios da sociedade em diversos campos do conhecimento. Apesar do fascínio do ser humano com o espaço, o que motivou o grande avanço tecnológico nessa área, conforme os autores Damineli e Steiner (2010), foi a disputa pelo poder mundial. Com isso, trabalhos como os de Konstantin Tsiolkovsky, Robert Goddard, entre outros, passaram a ser estudados mundialmente para fins bélicos, e, por fim, como uma ferramenta de exploração espacial. Nesse campo, destacaram-se: Wernher Magnus Maximilian von Braun, alemão naturalizado americano, e o soviético Sergei Korolev (NASA, 2001).

Durante o período da Guerra Fria, o governo americano desenvolveu um programa de divulgação dos foguetes em parceria com a Nasa com o objetivo de incentivar jovens a ingressarem na carreira científica, assim, garantir sua liderança tecnológica na área. Como foguetes são dispositivos destinados ao transporte de uma carga útil. Eles podem ser classificados de acordo com sua função, o número de estágios e o tipo de propelente usados. No projeto de divulgação desenvolvido pelos americanos, havia vários tipos de foguetes, desde os mais simples, construídos com papel cartão ou cartolina, e que são ejetados soprando-se um canudo de refrigerante, até os mais sofisticados, movidos por propelente sólido.

No ano de 2009, o Brasil, através Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), também passou a utilizar os foguetes como uma forma de divulgação científica, por meio da mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), qual convida as melhores equipes participantes de todo o Brasil. A OBA desenvolve seu projeto em quatro níveis diferentes:

Nível I - destinado aos estudantes do 1° ao 3° ano do ensino fundamental;

Nível II – destinada aos estudantes da 4° ou 5° ano do ensino fundamental;

Nível III – destinada aos estudantes entre o 6° e o 9° ano do ensino fundamental;

Nível IV – destinada aos estudantes em qualquer série/ano do ensino médio, ou se já concluiu o ensino médio, desde que continue participando vinculada ao colégio onde concluiu o ensino médio. Se já está no ensino superior, também pode participar, desde que a instituição se cadastre na OBA/MOBFOG.

De acordo com a OBA, seus objetivos são:

[...] fomentar o interesse dos estudantes pela Astronáutica, Física, Astronomia e ciências afins, promover a difusão dos conhecimentos básicos de uma forma lúdica e cooperativa, mobilizando num mutirão nacional, alunos, professores, coordenadores pedagógicos, diretores, pais e escolas, e instituições voltadas às atividades aeroespaciais. (MOBFOG, 2018, P.1).

Nesse contexto, esperamos que os conhecimentos possibilitados pela disciplina Física no Ensino Médio, possa contribuir não apenas para a aquisição do conhecimento científico, mas, também, para que o aluno se conscientize do seu papel de cidadão, neste mundo cada vez mais globalizado. Para que isso seja possível, entendermos ser necessário contextualizar o conhecimento da Física, bem como identificar diferenças existentes entre suas principais teorias.

Assim, diante dos problemas acadêmicos, sociais e econômicos, os quais podem comprometer o desenvolvimento da sociedade como um todo, faz-se necessário pensar na formação de um cidadão capaz de enfrentar o mercado de trabalho, de trabalhar em grupo para procurar a solução de problemas que necessitem do conhecimento não só da Física, mas da ciência como um todo. Particularmente, sobre a Física, cabe à escola criar condições objetivas e subjetivas para que o aluno se torne apto a trabalhar em grupo, a ser proativo e dinâmico. Outro desafio é incentivar o gosto por essa disciplina, ou seja, que esse aluno se sinta motivado pela importância e necessidade desta disciplina e que reconheça a sua importância. E aqui surge a necessidade de se pensar, de se pesquisar sobre a Construção de Foguetes com Garrafas pet, Num Contexto Histórico do Ensino e Aprendizagem da Física.

Diante dessas considerações, apresentamos, o problema, os objetivos e a justificativa desta proposta de pesquisa/Produto Educacional, onde pretendemos trabalhar com uma Sequência Didática envolvendo a parte teórica, prática, os conceitos físicos, além, do

histórico da Construção de Foguete ao longo dos tempos, destacando a importância da MOBFOG e da OBA para o Ensino e Aprendizagem da Física. Vale lembrar também que vamos trabalhar com experimentos, pois, vamos construirmos Base de Lançamento do Foguete, construirmos o Foguete e por último lançarmos o Foguete.

### 1.1 Contexto Histórico do Ensino e Aprendizagem da Física.

Grande parte dos textos de Física que foram adotados nas escolas e universidades brasileiras, no pós-guerra, em sua maioria, traduções de textos de autores norte-americanos, apresenta a Física, e em particular a Mecânica, como simples, como simples e intuitiva, sendo inventada por Newton, sem maiores dificuldades, e tendo em Galileu uma espécie de coadjuvante esforçado, porém pouco eficiente. Kepler e Copérnico são agraciados com uns poucos parágrafos e Descartes quase nunca mencionado. Já as ideias de Aristóteles e Ptolomeu são comentadas – quando são de forma que pareçam tolas ou então reacionária.

Esses textos, tecnicamente corretos, porém, sob ponto de vista humanístico, extremamente pobres, já formaram várias gerações de físicos, químicos, engenheiros e professores com inegável eficiência e pragmatismo. No entanto, algo de muito precioso se perdeu nesse processo de aprendizagem: o sentido de tempo histórico. Nessas últimas décadas, no Brasil, o aprendizado de História da Ciência só pôde ser feito por uns poucos abnegados, e de forma praticamente autodidata.

A ciência brota de nossos livros universitários, como que em passes de mágica, induzindo-nos a crer que Newton tirou de sua cartola o conjunto de leis que sintetizaram toda a ciência de milênios. Este abracadabra faz surgir diante dos alunos, pronta e reluzente, a relação  $F = ma$ , antes mesmo que a maçã de Newton toque o chão! É uma visão mágica de ciência que nos fez sonhar, durante estas últimas décadas, com os fantásticos gênios e suas descobertas maravilhosas.

Na verdade, esses livros escondiam uma ideologia de guerra-fria, que surgiu logo depois da Segunda Guerra Mundial, que opunha frente a frente superpotências militares e agora, em plena era da globalização, continuam escondendo dos estudantes das áreas científicas o humanismo necessário para a construção de uma sociedade mais justa e menos tecnocrática. O objetivo é mostrar, assim, a ciência como algo neutro, prático, linear, objetivo, desprovido de historicidade. Não é prioritário saber como nascem e evoluem as ideias científicas, mas sim, como aplicá-las de sorte a produzirem efeitos

práticos e imediatos. A corrida tecnológica e as frias leis de mercado nutrem, a qualquer preço, esta ideologia até os presentes dias. Portanto, não nos é revelado como é penoso, lento, sinuoso e, por vezes, violento, o processo de evolução das ideias científicas.

Os manuais, por visarem familiarizar rapidamente o estudante com o que a comunidade científica contemporânea julga conhecer, examinam as várias experiências, conceitos, leis e teorias da ciência em vigor tão isolada e sucessivamente quanto possível [...] esta técnica da apresentação quando combinada com a atmosfera a-histórica dos escritos científicos [...] causa a impressão de que a ciência alcançou seu estado atual através de uma série de descobertas e invenções individuais, as quais, constituem a coleção moderna dos conhecimentos técnicos. (Origens e Evolução das Ideias da Física – José Fernando Rocha (Org), pág. 25, 2.ed.).

O ensino de ciência na maioria das universidades brasileiras, e por indução não temos receio de generalizar esta observação para universidades de outros países, limita-se assim à leitura, por parte dos estudantes, de livros-texto especialmente preparados para adestrá-los em problemas normais e corriqueiros das teorias aceitas, até aquele momento, como corretas representações da natureza. Até na pós-graduação, e muitos casos até a sua conclusão, é muito raro que um estudante seja incentivado por seus professores e orientadores a ler textos originais dos grandes pensadores (as chamadas fontes primárias) ou livros de História ou Filosofia da Ciência. Este procedimento pedagógico, levado aos últimos estágios da formação de um cientista, faz com que este adquira um conhecimento parcial da ciência, sendo levado a acreditar, erroneamente, que no passado a evolução do pensamento de forma linear até chegar, sem traumas, às ideias e práticas científicas em vigor, e que no presente estas mesmas práticas sejam as únicas possíveis e imagináveis. Criam-se assim, no seio das academias, técnicos-cientistas altamente competentes para a resolução de problemas da ciência em vigor, mas que, por outro lado, em momentos de crise, serão pouco capazes de questionar criticamente uma ciência a qual se habituaram a perceber como eterna, além de que incapazes, se necessário buscar soluções heterodoxas. Para que perder tempo lendo as obras imaginárias de Copérnico, Kepler, Newton, De Broglie, ou Einstein se os textos são resumidos de forma tornarem-nos úteis para a prática científica? Para que ler Platão, Aristóteles, Descartes, Spinoza ou Kant suas elucubrações filosóficas pouco têm de útil para a resolução de problemas atuais ou para a consolidação das teorias vigentes? São exatamente essas lacunas de ordem cultural que preencher, pois

enquanto artistas e escritores veneram seus museus e bibliotecas, buscando nestes a inspiração para novas criações, grande parte das comunidades científicas veem o passado como algo arcaico e desconexo de sua prática ou ainda como tão óbvio e trivial que leva inevitavelmente às suas práticas e teorias.

Recuaremos, pois, no tempo, de forma a mostrar que as ideias científicas, as artes, as ideologias políticas, as invenções, as necessidades materiais, e até mitos e religiões, caminham juntos, entrelaçados num fluxo, por vezes lento, por vezes cíclico, ora abrupto, chamado história.

## 1.2 Projeto Integrador – Outras áreas do conhecimento – Linguagem Matemática – Geografia e História

Uma maneira produtiva de refletir sobre as relações entre linguagem matemática e o ensino de conhecimentos científicos foi considerar a evolução histórica do pensamento sobre o mundo natural. Foram necessários séculos, senão milênios, para que o pensamento científico pudesse se apoiar em linguagem matematizada. Dos antigos gregos aos iluministas franceses, episódios históricos podem revelar as dificuldades do pensamento científico em estruturar a partir da Geometria, da Álgebra e de outros sistemas lógicos visando interpretar os fenômenos naturais. Esperar que nossos estudantes incorporem naturalmente a Matemática ao pensamento físico é desconsiderar o esforço de gerações de cientistas que tornaram isso possível. Procedendo desta maneira, corre-se o risco de permitir que concepções ingênuas sobre a relação Matemática – Física se instalem no processo ensino-aprendizagem, outorgando à primeira o papel de apenas descrever um mundo físico inerentemente organizado. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 85, 1ª edição).

Uma forma didaticamente produtiva de considerar a relação entre a Física e a Matemática é considerar a última linguagem da primeira. Mas não na perspectiva galileana apontada acima, demasiadamente simplista. Não é suficiente aprender o “alfabeto” matemático para extrair as leis e os princípios dos fenômenos físicos, assim como não é o suficiente conhecer o alfabeto Árabe para ser capaz de ler o Alcorão em sua versão original. Isso porque a linguagem, mesmo escrita, constitui-se num sistema mediador entre as coisas e as relações presentes no mundo e nosso pensamento. Brodowski (1983) deixa esse ponto claro ao destacar dois aspectos da linguagem. Uma que ele chama que ele chama de *linguagem de ordens* e outra, de *linguagem de ideias*. Para este autor, a linguagem de ordens é aquela dos animais e que exprimem necessidades imediatas. Um cão ao rosar diz “não” se aproxime. Seres

humanos também empregam a linguagem de ordem, mas possuem outro tipo de uso de linguagem, que lhes é exclusivo. A linguagem de ideias é muito mais complexa. Podemos nos comunicar sobre fatos e situações imaginadas e acontecimentos passados produzidos e armazenados em nossa mente. Somos também capazes de fazer avaliações e julgamentos. Ao empregarmos a palavra “bonito”, não estamos fazendo apenas a descrição de uma situação ou coisa. Produzimos a palavra “bonito”, estamos lançando mão de uma ideia que não se encontra especialmente vinculada a objetos, como a Mona Lisa de Da Vinci, ou a catedral de Brasília, mas também sobre uma cena familiar, ou ainda sobre um gesto de afeto. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 86, 1ª edição).

Segundo Brodowski:

A existência de palavras ou símbolos para coisas ausentes, desde “dia bonito” a “impedimento definitivo”, permite que os seres humanos pensem em se mesmos em situações que não existem realmente. Este dom é a imaginação, e é simples e forte, porque não é senão a capacidade humana de criar imagens no espírito e de as utilizar para construir situações imaginárias. (Brodowski, 1983, pág. 33).

A ideia aqui expressada por Brodowski permite atribuir um papel criador à linguagem, que, ao dar forma às ideias produzidas por nossa imaginação, **estrutura** o pensamento e permite apreender as diversas faces do mundo, física, social, onírica, dentre outras.

Na Antiguidade, na Idade Média e no Renascimento, fenômenos naturais como a queda dos corpos e os movimentos dos astros eram interpretados por meio de sistemas conceituais muito diferentes dos sustentados pela Ciência moderna. Egípcios e babilônios, por exemplo, elaboravam sistemas cosmológicos que incluíam previsões de eventos celestes e calendários que não tinham nas matemáticas seu alicerce principal. Evitando nos afastar demasiadamente da tradição científica moderna, podemos tomar como um sistema exemplar a “Física aristotélica”, cuja interpretação do mundo físico baseava-se na ideia de *lugar natural* e na lei que afirmava que os corpos buscavam *seu lugar natural* no universo: corpos com essência do tipo *terra* se encontrariam mais próximos do centro do universo, em oposição àqueles do tipo *fogo*, que estaria na parte periférica da esfera terrestre. Também as críticas a partes desse sistema de pensamento, feitas por Buridan, Oresme e outros escolásticos medievais, não eram matematizados. Na origem, tais pensamentos eram descritos em latim medieval, fazendo uso de argumentos refinados, mas apresentados em linguagem não

formalizada, como na maioria dos tratados da época. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 82, 1ª edição).

Foi no século XVII, com o advento da Ciência moderna, que os fenômenos naturais passaram a ser sistematicamente expressos por meio de relações matemáticas. Essa prática configurou-se como herança da tradição pitagórica. Nela, a natureza era concebida por meio de analogias entre os fenômenos, e as relações, tiradas de forma idealizadas. A Geometria era a linguagem da natureza por excelência, sendo o mundo seu campo de inspiração e aplicação das relações lá produzidas. A Matemática se colocava como o revestimento de formas ideais que se acreditava estariam na própria essência da natureza (Paty, 1989). Galileu introduziu uma pequena modificação na tradição pitagórica. Para ele, a Matemática era um conhecimento que permitia uma leitura direta da natureza (Paty, 1989). Galileu apresenta sobre linguagem da natureza no texto *II Saggiatore*. Sobre a concepção galileana de linguagem, Paty afirma que:

Para justificar o caráter matemático da magnitude das leis em física, Galileu invocava a ideia de que o “livro da natureza” é escrito linguagem de figuras e números. “Suas letras tipográficas”, ele escreveu falando do Universo, “são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, sem as

quais é impossível para um ser humano entender uma única palavra dele”. E acrescentou que todas as propriedades dos corpos externos na natureza podem ser atribuídas, em última análise, às noções de “magnitudes”, figuras números, lentidão ou rapidez, elas têm efeitos sobre nossas percepções sensoriais, e são, por assim dizer a essência das coisas”. (Paty 1989, p. 234)

Hoje, a Matemática está alojada de forma definitiva no seio da Física. Isto fica claro quando avaliamos os produtos de sua atividade científica. Nos livros e artigos, vê-se que a Matemática recheia o discurso físico por meio de funções, equações, gráficos, vetores, tensores, inequações e geometrias diversas, entre outras. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 79, 1ª edição).

### 1.2.1 O Papel da História no Avanço da Tecnologia

A palavra “tecnologia”, no âmbito educacional, permite uma série de associações e entendimentos, e, não raro, a vemos relacionada a termos como “robótica”, “programação”,

“prototipação digital”, entre outros. Haja vista suas dimensões, imbricações e seus consequentes impactos em nossas vidas, é totalmente compreensível a confusão que se faz quando falamos em tecnologia em sala de aula. (STEAM em sala de aula – Lilian Bacich e Leandro Holanda (Orgs.), pág. 71, 1ª edição).

Para começar a explicar a palavra “tecnologia, vale trazer um exemplo resumido e corriqueiro, que é o uso de uma pequena máquina de computar dados: o computador. Quando você usa o computador, está, ao mesmo tempo, trabalhando com a parte física e virtual da máquina. Ao ligá-lo, digitar os comandos de *login* e mexer no *mouse*, tem contato com o que chamamos *hardware*. Desde o momento em que o sistema se iniciou, uma parte virtual passa a funcionar, resultado de uma série de combinações binárias (ligado e desligado, logo, zero e um), mostrando na tela uma caixa de diálogo ou ícones que dão acesso a diversos programas e aplicativos, como editores de texto, tocadores de música, entre outros. A essa parte não física damos o nome de *software*. Máquinas de computar dados com *hardware* e *software* são utilizadas como extensões da capacidade humana de intervir no mundo; são o ser humano ampliado (SANTAELLA, 2007), em que braços e pernas estão simbolicamente ligados à ideia do *hardware*, e o cérebro (memória e inteligências), ao *software*.

A partir da analogia entre ser humano e máquina de computar, podemos nos aproximar do entendimento sobre o início/ápice do desenvolvimento tecnológico atual, quando nos deparamos com a imensa quantidade e variedade de dispositivos computacionais que potencializam as atividades humanas de comunicação, interação social, transporte, segurança (controle e vigilância), preservação (saúde reprodução), armazenamento, entretenimento etc. (STEAM em sala de aula – Lilian Bacich e Leandro Holanda (Orgs.), pág. 71, 1ª edição).

Nessa sociedade complexa, e com a rapidez com que a tecnologia influencia cada meandro do cotidiano, como fazer para estudá-la dentro da escola? A simples ação de ligar o computador pode iniciar um debate técnico e, por que não filosófico sobre o funcionamento de uma máquina para além de uma simples caixa preta (FLUSSER, 2013).

A tecnologia se altera rapidamente, e aquilo que se demonstra como senso comum ou é apontado como tendência pode mudar brevemente. No que tange às linguagens de programação e aos *softwares*, o que vale são as opiniões formadas pelos desenvolvedores e programadores sobre eles e o quanto estes os utilizam, além de considerar-se, claro, o aval do usuário final. Mesmo o Adobe Flash Player, um dos mais diversificados *softwares* para rodar vídeos, jogos e animações de criação, que reinou absoluto por quase duas décadas, teve seu trono destruído. Muito utilizado para criar pequenas animações e interações entre o final dos anos 1990 e a primeira década dos anos 2000, ninguém apostaria que ele um dia seria

descontinuado. Com seu uso massificado, desenvolvedores e programadores apontaram cada vez mais brechas de segurança e o alto consumo de bateria, além de usuários reclamarem da necessidade de *plugin* local (instalar na máquina) – estava decretado, aí, o início do desuso. Logo fabricantes de *tablets*, *smartphones* e de alguns modelos de computadores passaram a não permitir sua instalação, dando espaço para que outras linguagens, como HTML5 e Python, pudessem crescer e se estabelecer. O sepultamento do Flash foi anunciado pelo fabricante no segundo semestre de 2019 (MICROSOFT, 2019).

A única coisa que se estabelece na tecnologia é a mudança e, com isso, seus aspectos técnicos de consequências políticas e culturais, conforme previu Lévy, ao afirmar que existe:

[...] essência congelada do computador, mas sim um campo de novas tecnologias intelectuais, aberto, conflituoso e parcialmente indeterminado. Nadas estar decidido a priori. Os dirigentes das multinacionais, os administradores precavidos e os engenheiros criativos sabem perfeitamente {...} que as estratégias vitoriosas passam pelos mínimos detalhes “técnicos”, dos quais nenhum pode ser desprezado [...], e que são todos inseparavelmente políticos e culturais, ao mesmo tempo que são técnicos [...] (LEVY, 1993, pág. 9).

### 1.2.2 Nossa História Dentro da MOBFOG

Tudo começou no ano de 2019 numa escola estadual de ensino médio técnico profissional-iema (Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, quando um colega e eu tivemos a ideia de criar uma eletiva cujo tema era: “**Para o alto e Avante**”. No decorrente ano (2019), seria realizada no Rio de Janeiro a 13 MOBFOG-Mostra Brasileira de Foguetes e a 22° OBA-Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA é realizada na própria escola). A princípio nosso objetivo era classificar os alunos do iema para disputar a MOBFOG, realizada em Barra do Piraí – Rio de Janeiro, foi classificada uma equipe composta por três alunos que teve como líder de equipe eu: José de Abreu Matos. Essa eletiva teve uma duração de seis meses. (Introdução) durante suas aplicações trabalhamos com algumas etapas:

1° Etapa: montamos a base do foguete;

2° Etapa: foi trabalhado alguns conteúdos de Física como: As Leis de Newton, Lançamento Oblíquo e outros;

3º Etapa: Lançamento de foguetes, para classificar a equipe que tivesse o melhor desempenho.

Como só classificava uma equipe, na madrugada do dia 13 para o dia 14 de outubro 2019 fomos para o Rio de Janeiro para a disputa da MOBFOG, e nos dias 16 e 17 de outubro a MOBFOG deu início às competições. Cada equipe entre os 53 presentes tinha direito em dois lançamentos. O nosso primeiro lançamento atingimos 229 m e o segundo lançamento 179 m, ou seja, nossos dois lançamentos foi o suficiente para conseguirmos medalhas de ouro, porém eles levam em conta o lançamento de maior alcance.

Abaixo algumas fotos dos trabalhos realizados:



Figura 1. Fonte: Próprio autor. Momento de pegar o avião para a disputa da MOBFOF no Rio de Janeiro.



Figura 2. Fonte: Próprio autor. Momento em que chegamos em Barra do Pirai- Rio de Janeiro para a disputa da MOBFOG.



Figura 3. Fonte: Próprio autor. Momento com o professor Canalli-coordenador da MOBFOG.



Figura 4. Fonte: Próprio autor. Momento da premiação de nossa equipe.



Figura 5. Fonte: próprio autor. Troféu que recebemos da 13ª MOBFOG (equipe campeã).



Figura 6. Fonte: Próprio autor. Visitando o Governador Flávio Dino, no Palácio dos Leões-São Luís.

1º Foto: Momento de pegar o avião para irmos ao Rio de Janeiro;

2º Foto: Momento em que chegamos no rio de Janeiro;

3º Foto: Momento com o coordenador da MOBFOG-Antônio Canalli;

4º Foto: Momento da premiação;

5ª Foto: Troféu conquistado na 13ª MOBOFOG;

5º Foto: Palácio dos Leões – São Luís – MA, momento com o Governador do Maranhão Flávio Dino, diretor do iema-Elinaldo e secretário de educação do Maranhão-Felipe Camarão e a gestora Izis do iema de Matões-MA.

### 1.2.3 Estudo da Dinâmica no Lançamento de Foguetes

É importante destacarmos que o voo dos pássaros despertou no ser humano a conquistar o espaço, os conhecimentos de Cinemática explicam algumas características desse movimento, como velocidade e aceleração. Porém podemos destacar ou questionar: Qual é a causa ou o agente que provoca o movimento dos pássaros? O que altera a sua velocidade? E como se mantêm essa velocidade? Tais perguntas tratam das relações entre as causas e seus efeitos. Que é o objetivo da Dinâmica, parte da Mecânica que estuda os movimentos, suas causas e seus efeitos. Pelos princípios da Física, podemos calcular teoricamente o valor da altura máxima e a velocidade inicial de lançamento, trabalharemos com a construção da lei que descreve o movimento parabólico do foguete. Com a aplicação da dinâmica, pode-se perceber a quantidade de fenômenos físicos e matemáticos que é possível abordar em uma atividade de baixíssimo custo.

Galileu Galilei, imagino um objeto móvel projetado em um plano horizontal, supondo que não há impedimentos. Se o plano fosse tamanho infinito, a velocidade desse objeto seria constante. Mas se o plano for infinito e se tiver alguma inclinação, o objeto (que imagino dotado de peso), ao passar da extremidade do plano, terá acrescentado seu movimento horizontal uniforme uma tendência a cair devido o seu próprio peso. O movimento composto resultante, que denomino “projeção” terá uma forma definida, ou seja:

Quando um projétil segue um movimento composto de um movimento horizontal constante um movimento para baixo naturalmente acelerado, descreve uma linha parabólica em sua trajetória. (Galileu Galilei – ed. 2008.)

### As Leis de Newton

Pelo que sabemos, há pelo menos cerca de 2500 anos o homem já se preocupava em explicar os movimentos, tanto dos corpos terrestres como dos corpos celestes. Porém, foi Isaac Newton (físico e matemático inglês, 1642-1727) primeiro a apresentar uma teoria que explicava de forma clara e objetiva os movimentos, em seu trabalho intitulado *Princípios matemáticos da filosofia natural*, pode ser considerado o primeiro livro de física teórica no sentido moderno publicado em 1686. Newton propôs um conjunto único de leis para descrever todos os movimentos existentes no universo. Desse modo, envolveremos a

Dinâmica no lançamento de foguete, que é parte da mecânica que estuda os fatores envolvidos no movimento.

Os princípios básicos da dinâmica foram formulados por Galileu e por Newton. Procuraremos chegar a eles, baseando-nos o máximo possível em noções intuitivas. Sabemos todos por experiência que o movimento é afetado pela ação do que costumamos chamar de “forças”. Nossa ideia intuitiva de forças está relacionada com o esforço muscular, e sabemos que, exercendo “forças” desse tipo, somos capazes de colocar objetos em movimento ou, mais geralmente, alterar seu estado de movimento. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

### Primeira Lei de Newton (Princípio da Inércia)

Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças que atuem sobre ele. Imaginemos um passageiro sentado no banco de uma moto em movimento, durante uma freada brusca o corpo do passageiro continua em movimento até que uma força aja sobre ele. Nesse caso, ao sofrer a ação de uma força, a moto para, enquanto o corpo do passageiro continua em movimento, continuando a ir para a frente. Para entendermos como se aplica a primeira Lei de Newton no foguete, basta imaginarmos o foguete fixo ainda na base de lançamento (em repouso), agora, quando os motores são ligados, ou quando ocorre a reação do combustível (bicarbonato de sódio e vinagre), é gerado uma força superior à da gravidade e a partir de então, o foguete entra em movimento, tal força só acabará quando o combustível for expelido, a força deixará de existir sendo nula e logo em seguida o foguete cai.

É sempre bom lembrar, que a tendência de um corpo permanecer em repouso ou nem movimento retilíneo uniforme só é real quando a resultante das forças que atuam sobre for nula.

Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele. (Principia – Livro I. ed. 2016).

Projéteis continuam em seus movimentos, desde que não sejam retardados pela resistência do ar, ou impelidos para baixo pela força da gravidade. Um pião, cujas partes por sua coesão são continuamente afastadas de movimentos retilíneos, não cessa sua rotação a não ser quando retardado pelo ar. Os corpos maiores dos planetas e cometas,

encontrando menos resistência em espaços livres, preserva seus movimentos, tanto progressivo como circular, por tempo muito maior. (Principia – Livro I. ed. 2016).

“Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele”. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

O que significa realmente esta lei? Como podemos saber que não existem “forças impressas sobre o corpo”? Pelo fato de que permanece em repouso ou movimento retilíneo e uniforme? se assim fosse, Eddington teria tido razão quando criticou o enunciado da 1ª lei, dizendo ser equivalente a “... persiste... exceto quando não persiste” (o que corresponderia à bem conhecida predição meteorológica: “Tempo bom, salvo se chover”). Esta crítica é injusta. Se todas as forças fossem devidas ao contato com outros corpos, bastaria a ausência de contato para estabelecer a ausência de forças. O exemplo da força-peso, e das forças elétricas e magnéticas, mostra, porém, a existência de forças que atuam sem que haja contato direto com o corpo responsável pela força. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

### Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica)

De acordo com o princípio da inércia, quando a resultante de forças externas que agem num corpo é nula a velocidade é constante, agora considerando a possibilidade de a resultante de forças externas que agem sobre um corpo não ser nula, a velocidade deixará de ser constante e o corpo passará a apresentar aceleração. Quando um corpo de massa  $m$  é submetido à ação da  $R$  (não nula) de forças, ele adquire uma aceleração a cuja direção e sentido são os mesmos de  $R$ , e a intensidade é proporcional a  $R$ .

Sabemos que, os casos em que a massa é constante, a segunda lei de Newton diz que:

$$\vec{F}_R = m\vec{a} \quad (1)$$

onde  $m$  é a massa (constante) do corpo,  $\vec{F}_R$  é a resultante das forças que atuam sobre ele e  $\vec{a}$  é a aceleração que o corpo adquire sob a influência da força resultante.

Porém, no caso dos foguetes, em que a massa é varia (em virtude da perda de combustível)?

No caso em que a massa é variável a segunda Lei é escrita como:

$$\vec{F}_R = \frac{dm}{dt} \vec{v} + m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2)$$

onde  $d\vec{p}/dt$  indica a como o vetor momento linear varia com o tempo,  $dm/dt$  indica como a massa varia com o tempo e  $d\vec{v}/dt = \vec{a}$  indica como o vetor velocidade varia com o tempo, sendo está a aceleração instantânea da partícula.

Segundo Moysés a 2ª lei permite estabelecer uma escala de massas inerciais, e neste sentido ela pode ser considerada como permitindo definir o conceito de massa inercial, mas não é tão pouco apenas uma definição deste conceito. De fato, a ideia implícita na 2ª lei é que a massa inercial  $m$  é uma característica da partícula; uma vez determinada quando atua sobre a partícula uma força conhecida, devemos empregar o mesmo valor de  $m$  para descrever o movimento da partícula sob a ação de quaisquer outras forças. Admite-se também tacitamente que  $m$  (ou seja, o efeito de uma força em produzir aceleração) é independente da posição e velocidade da partícula, pelo menos enquanto se mantém a sua identidade (isto não se aplicaria a uma gota de chuva que aumenta de volume enquanto cai, ou a um foguete que ejeta combustível à medida que sobe. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

Se  $m$  não varia com o tempo, ou seja, se excluirmos sistemas de massa variável, obtemos, derivando em relação ao tempo ambos os membros: (Nussenzveig – 5ª edição 2013).  
Então:

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\vec{a} \quad (3)$$

Comparando temos:  $d\vec{p}/dt = \vec{F}$ , o que resulta na segunda Lei de Newton.

### Terceira Lei de Newton (Princípio da Ação e Reação)

O objetivo do estudo do princípio da ação e reação é analisar as forças nos corpos quando há interação sobre eles. Ex: um jogador de tênis batendo com a raquete na bola, um jogador chutando uma bola. Todas essas situações nos ajudam a entender que as forças de ação e reação agem simultaneamente e aos pares, sem necessidade de identificar qual delas é reação, e tem resultante não nula pois age em corpos diferentes.

Para Newton, a ação das forças presentes durante a interação entre corpos pode ser analisada pelo princípio da ação e reação:

Quando um corpo X imprime determinada força num corpo Y, então o corpo Y imprimirá outra força. Essas forças têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos

opostos. No lançamento de foguete, a terceira Lei de Newton, os gases expelidos (que é a ação) empurram o foguete em sentido contrário (reação). Lembrando que a força reação deve ser maior que a força peso do foguete, para que ele seja colocado em movimento. Não podemos esquecer de que a Terceira Lei de Newton está sempre atuando no foguete, independentemente desse foguete estar se movendo dentro ou fora da atmosfera terrestre.

Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são sempre iguais em módulo e têm sentidos opostos. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

### Lançamento de Projéteis ou Lançamento oblíquo

Lançamento de projéteis está associado ao movimento não vertical de corpos nas proximidades da superfície terrestre, quando nos referimos a queda livre dos corpos e o lançamento vertical, desconsiderando a gravidade do ar, nesses movimentos, o que torna a aceleração constante e igual à aceleração da gravidade. Porém, quando falamos em movimento, levando em conta a composição de dois movimentos, temos que aplicarmos o movimento horizontal e vertical para o nosso estudo, lançamento de foguete construído com garrafas pet, o que nos interessa é o alcance máximo no lançamento. Más, não podemos deixar de lado também, o lançamento vertical, pois é importante o entendimento de ambos em nossos trabalhos.

Uma aplicação importante dos resultados é o movimento dos projéteis na vizinhança da superfície da Terra. Na balística usual, podemos considerar a Terra como plana e a aceleração da gravidade como constante (isto não seria verdade para foguetes balísticos intercontinentais!). Desprezaremos, também, o efeito da resistência do ar. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

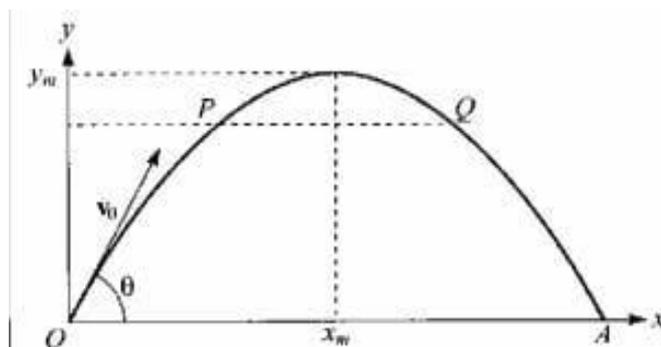


Figura 7. Fonte. Nussenzveig – 5ª edição 2013. Lançamento Oblíquo. (o movimento dos projéteis na vizinhança da superfície da Terra).

Temos de tomar o eixo Oy segundo a vertical. Vamos orientá-lo apontando para cima, de modo que,  $a = -g$ :

$$\vec{a} = -g\vec{j} \quad (4)$$

Com  $x_0 = y_0 = 0$ , tomando a posição inicial na origem, e vamos tornar  $t_0 = 0$ . Seja  $\theta$  o ângulo entre  $v_0$  e Ox, temos:

$$V_{0x} = v_0 \cos \theta \quad V_{0y} = v_0 \operatorname{sen} \theta \quad (5)$$

ainda:

$$V_y = v_0 \operatorname{sen} \theta - gt \quad \text{e} \quad V_x = v_0 \cos \theta \quad (6)$$

Que após integração resulta

$$Y = v_0 \operatorname{sen} \theta t - \frac{1}{2}at^2 \quad (7a)$$

$$X = v_0 \cos \theta t \quad (7b)$$

Eliminando o tempo nas equações (7), então obtemos a equação da trajetória que é uma parábola.

$$y = \tan \theta x - \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \theta} x^2 \quad (8)$$

para calcularmos altura em  $y_m$  atingida pelo projétil no tempo  $t_m$  em que se anula, usamos:

$$t_m = \frac{v_0 \cos \theta}{g} \quad (9)$$

e o valor correspondente a  $y$  é dado pela equação:

$$Y_m = v_0 \operatorname{sen} \theta \frac{v_0 \operatorname{sen} \theta}{g} - \frac{1}{2} g \cdot \frac{v_0^2 \operatorname{sen}^2 \theta}{g^2}$$

ou seja:

$$Y_m = \frac{v_0^2 \operatorname{sen}^2 \theta}{2g}. \quad (10)$$

Ainda baseado na figura acima, quanto tempo o projétil leva para atingir o ponto  $x = A$ , fazendo  $y = 0$ , é claro que vamos obter uma equação do 2º grau em  $t$ , sendo uma das raízes em  $t = 0$ , que corresponde ao ponto de lançamento, sendo a outra assim:

$$t = t_A = \frac{2v_0 \operatorname{sen} \theta}{g} = 2t_m \quad (11)$$

Percebemos que, o tempo que leva para atingir a altura máxima dobra, ou seja:  $x = x_m$ . Perguntamos agora, qual a velocidade do projétil ao atingir o solo?

fazemos  $t = t_A$ :

$$\left. \begin{array}{l} v_y = v_0 \operatorname{sen} \theta - gt_A = -v_0 \operatorname{sen} \theta \\ v_z = v_0 \cos \theta \end{array} \right\} v(t_A) = v_0 \quad (12)$$

Ao atingir o solo, a velocidade do projétil só é diferente, da velocidade  $v_0$  por conta da inversão na componente vertical ( $v_y \rightarrow -v_y$ ), tendo o mesmo módulo, com  $y = 0$ , pois, arbitrariamente, vale o mesmo em qualquer plano horizontal.

Podemos entender as componentes da velocidade diretamente em função da altura  $y$ , da seguinte forma:

$$\begin{aligned} v_y &= \pm \sqrt{v_0^2 \operatorname{sen}^2 \theta - 2gy} \ , \\ v_x &= v_0 \cos \theta \end{aligned} \quad (13)$$

o sinal de + e -, mostra a descida ou subida do projétil.

A distância  $x = A$  entre o ponto de lançamento  $O$  e o ponto em que o projétil volta a passar pelo plano  $y = 0$  chama-se alcance do projétil, podemos encontrar com a seguinte equação:

$$A = v_0 \cos \theta \frac{2v_0 \operatorname{sen} \theta}{g} = \frac{v_0^2}{g} \operatorname{sen} (2\theta) \quad (14)$$

onde, já conhecemos a famosa relação da trigonometria:  $\operatorname{sen} (2\theta) = 2\operatorname{sen} \theta \cos \theta$ , que para atingir o alcance ou distância máxima, o ângulo de elevação  $\theta = 45^\circ$ , percebi isso na competição da MOBFOG (Mostra Brasileira de Foguete) no ano de 2019, quando algumas bases de lançamento não eram bem fixadas ao chão, o ângulo de  $45^\circ$  era desfeito com a componente horizontal e o foguete não conseguia um bom alcance.

Na última jornada dos “Diálogos”, Galileu discute o movimento dos projéteis. Precusores de Galileu acreditavam que uma bala de canhão se move em linha reta até esgotar seu impulso, e depois cai verticalmente (um deles propôs juntar esses dois segmentos de reta por um arco de círculo tangente a ambos para descrever a trajetória). Galileu foi o primeiro a demonstrar que a trajetória é uma parábola. Além disso, obteve vários dos resultados discutidos acima, inclusive que o alcance é máximo para  $\theta = 45^\circ$ , enunciando ainda o seguinte resultado: (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

“As amplitudes das parábolas descritas por projéteis disparados com a mesma velocidade, mas em ângulos de elevação acima e abaixo de  $45^\circ$  e equidistantes de  $45^\circ$ , são iguais entre si”. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

Lançamento Horizontal;

Na componente horizontal o movimento tem velocidade constante e sem interferência do ar, o que caracteriza o movimento uniforme, pois, não existe aceleração na horizontal, sendo assim, a velocidade  $v_x$  de um projétil permanece constante, sendo o valor da velocidade igual a  $v_{0x}$ . É o que vamos ver na equação abaixo:

$$x - x_0 = v_{0x} t$$

Como  $v_{0x} = v_0 \cos \theta_0$ , temos:

$$(X - X_0) = (v_0 \cos \theta_0) t. \quad (15)$$

Lançamento Vertical.

E na componente vertical do movimento com aceleração, que é a aceleração da gravidade  $g$ , caracterizando assim o movimento uniformemente variado. Quando, o eixo  $y$  é orientado de baixo para cima, o que torna  $a_y = -g$ . Substituindo a pôr  $-g$ , e substituindo o eixo  $x$  pelo eixo  $y$ , temos:

$$y - y_0 = v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 = (v_0 \sen \theta_0) t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (16)$$

tornando a velocidade  $V_{0y}$  (inicial), da componente vertical, sendo substituída por  $v_0 \sen \theta_0$ , tornando-a:

$$V_y = v_0 \sen \theta - g t \quad (17)$$

$$V_y^2 = (V_0 \sen \theta_0)^2 - 2g (Y - Y_0) \quad (18)$$

Segundo Hallyday e Resnick, no movimento de projéteis, o movimento horizontal e o movimento vertical são independentes, ou seja, um não afeta o outro. (Hallyday/Resnick/Walker – 8ª edição 2011).

Quando a altura final é diferente da altura de lançamento, como acontece no arremesso de peso, lançamento de disco e basquetebol, a distância horizontal máxima não é atingida para um ângulo de  $45^\circ$ . (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

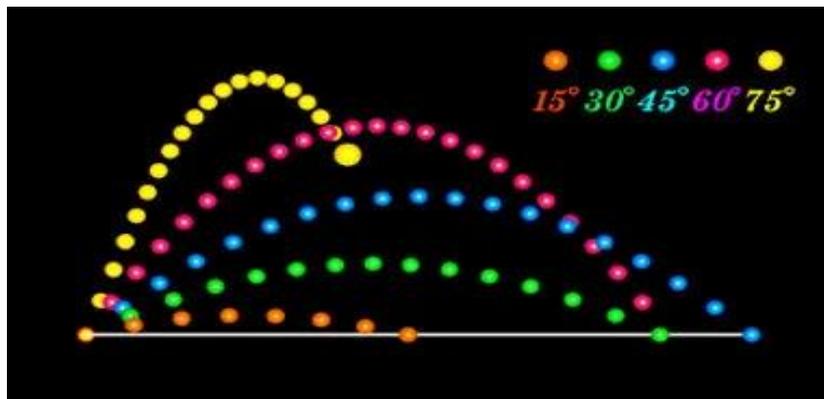


Figura 8. Essa figura mostra o movimento na horizontal. Fonte: Brasil Escola.

Como já vimos nos exemplos acima, fica nítido os discursões a respeito do alcance máximo, atingido por um foguete de garrafa pet, quando ele é lançado, observando a figura, só reforçamos as conclusões a respeito de um ângulo de  $45^\circ$ , ou seja, uma base de lançamento para obter sua eficácia, sempre deve estar regulada com essa medida.

Observando as bolinhas lançadas obliquamente com velocidade inicial  $\vec{v}_0$ , o movimento pode ser descrito também, como a soma de dois movimentos, que é o movimento na horizontal e o movimento na vertical, realizando uma **trajetória parabólica**.

### Forças que atuam num Foguete Durante o Voo;

Na figura 9 são mostradas as quatro forças que atuam num foguete segue as quatro forças aplicadas ou que atuam num foguete durante um voo.

Força Peso;

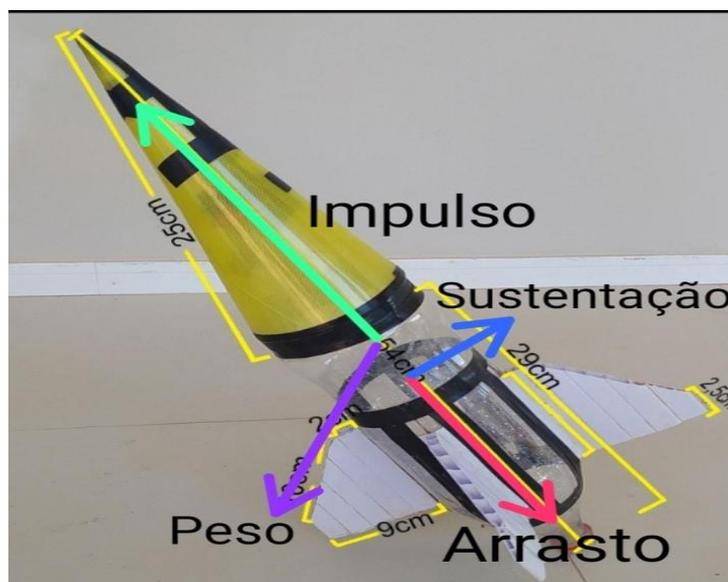


Figura. 9. Essa figura mostra como encontrar as Forças que atuam no foguete durante o voo  
Fonte: Próprio autor.

Esta força está associada à atração gravitacional que a Terra exerce sobre os corpos, puxando-os para baixo em direção ao centro da Terra, inclusive sobre o foguete. Vale lembrar que a gravidade está sempre afetando no voo de um foguete, estando ele parado ou em movimento, em qualquer uma das situações ele apontará sempre no mesmo sentido: na direção ao centro da Terra (direção vertical próximo a superfície terrestre).

Como esta força está sempre presente, para o foguete voar são necessárias outras forças para superá-la.

Segundo Halliday e Resnick, o **peso**  $P$  de um corpo é o módulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente em relação ao solo. Assim, por exemplo, para manter uma bola em repouso em sua mão enquanto você está parado de pé você deve aplicar uma força para cima para equilibrar a força gravitacional que a Terra exerce sobre a bola. (Halliday/Resnick/walker – 8ª edição).

O peso de um corpo é igual ao módulo  $F_g$  da força gravitacional que age sobre o corpo. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Substituindo  $F_g$  por  $m_g$  obtemos a seguinte equação:

$$P = mg \quad (\text{peso}) \quad (19)$$

Trabalhando a equação acima:  $F_{res} = ma_y$ . O que torna a equação:

$$P - F_g = m(0) \quad (20)$$

Ou

$$P = F_g \quad (\text{peso, com o solo como referencial inercial}). \quad (21)$$

Força de empuxo;

Mergulhando um corpo em um fluido (líquido ou gás), ele sofre a ação de uma força na direção vertical, de baixo para cima, que é chamado de empuxo  $\vec{E}$  ou impulsão. Ex: se mergulharmos uma bola de vôlei em um líquido, percebemos que o líquido vai oferecer uma resistência de baixo para cima. Ou seja, o empuxo é uma força que um fluido executa sobre um objeto quando há diferença de pressão. É essa força que impulsiona o foguete, provocada pela queima do propelente (combustível), pois há um desequilíbrio entre a pressão interna e externa ao foguete, dando origem ao empuxo (ação), exercendo uma força no foguete no sentido oposto aos gases que são expelidos durante a (reação), provocada pela reação química entre o vinagre e o bicarbonato de sódio. Essa força impulsiona o foguete para adquirir o alcance máximo ou mínimo se houver algum erro no momento do lançamento, essa força vale também para os foguetes de grande porte. Essa força, depende da quantidade e da velocidade de escape dos gases, normalmente, a direção do impulso, é ao longo do eixo longitudinal do foguete através do centro de gravidade. Lembrando que, a força de empuxo, só permanece até o momento em que os motores estiverem funcionando, ou enquanto a reação química estiver

acontecendo, no caso dos foguetes de garrafa pet, caso contrário essa força desaparece, e o foguete cai, sob a ação da gravidade.

Segundo Paul G. Hewitt, se o momentum de um objeto variar, então ou a massa ou a velocidade ou ambas sofreram variação. Se a massa se mantém constante, como é mais frequente, a velocidade varia e existe aceleração. E o que produz a aceleração? A resposta é: uma força. Quanto maior a força que atua num objeto, maior será a variação ocorrida na sua velocidade e, daí, no seu momentum. (Paul G. Hewitt - 12ª edição 2015).

Mas outra coisa importa na variação do momentum: o tempo – quão longo é o tempo durante o qual a força atua. Aplique uma força breve a um carro enguiçado e você conseguirá produzir apenas uma pequena alteração em seu momentum. Aplique a mesma força por um período prolongado e resultará numa variação maior do momentum. Uma força mantida por um longo período produz mais alteração no momentum que a mesma força aplicada brevemente. Assim, para alterar o momentum de um objeto, são importantes tanto a força como o tempo durante o qual ela atua. (Paul G. Hewitt - 12ª edição 2015)

A grandeza força intervalo de tempo é chamada de impulso. Em notação sintética,

$$\text{Impulso} = Ft \quad (22)$$

Força de Sustentação;

É a componente da resultante aerodinâmica perpendicular ao vento, ou seja, é a força criada quando o ar que se move acima do objeto. Podemos citar como exemplo: uma pipa um avião, pois ambos se movem mais rápido que o ar que se move para baixo deles, tornando assim a força (pressão de ar), menor na parte superior do que na parte inferior. No caso do foguete de garrafa pet, é importante desenvolver um modelo de bico ou coifa, e a parte mais resistente do foguete (entre o bico e as aletas), e as aletas, tais partes se tornam uma fonte de sustentação se o foguete tiver um bom lançamento, o que torna o voo com uma boa trajetória dependo também do ângulo em que a base de lançamento com a componente horizontal, que é de 45°. Já para um foguete padrão, quanto maior o ângulo formado entre o foguete e o fluxo de ar, maior a força de sustentação.

Nos fluidos que se movem mais rápido, exercem menor pressão lateralmente do que aqueles que se movem mais lento. Pois, ao fazer com que o ar se mova mais rápido sobre certas superfícies de um foguete, as aletas (ou asas, no caso de aviões), a pressão

pode ser reduzida nessas superfícies criando a força de sustentação. no foguete de garrafa pet, as aletas são utilizadas para aumentar a estabilidade do mesmo durante o voo, por conta do aumento da força de sustentação na parte traseira. Observamos na MOBFOG no ano de 2019, quando fizemos o primeiro lançamento, ao ser lançado da base o foguete teve alguns desequilíbrios por conta das condições climáticas influenciando em sua sustentação, o que levou o foguete a se chocar com uma palmeira, prejudicando assim, o nosso lançamento, atingindo 229m de distância. Se as aletas fossem móveis, também chamado de controle ativo, o foguete poderia ter corrigido seus distúrbios em pleno voo, retornando sua trajetória pré-estabelecida. Mas na época, nossa equipe não tinha conhecimento desse tipo de aletas.

#### Força de Arrasto.

Quando um corpo sólido (um foguete), movido por um fluido (gás ou líquido), este corpo resiste ao movimento. O corpo sólido é submetido a uma força aerodinâmica em direção oposta ao movimento. Essa força é denominada: força de arrasto. Ela é resistiva como a força de atrito (de deslizamento entre as superfícies sólidas), no foguete por exemplo, essa força depende da velocidade ligada a geometria do foguete, ou seja, forma das aletas, coifa, que influi de maneira importante no desempenho da força de arrasto. Pois sabemos que os projetos de foguetes são elaborados para garantir cada vez mais uma aerodinâmica estável e assim, produzir o mínimo de arrasto.

Segundo Halliday/Resnick/Walker, um **fluido** é uma substância, em geral um gás ou um líquido, que é capaz de escoar. Quando existe uma velocidade relativa entre o fluido e um corpo sólido (seja porque o corpo se move através do fluido, seja porque o fluido passa pelo corpo), o corpo experimenta uma **força de arrasto**,  $\vec{D}$  que se opõe ao movimento relativo e é paralelo à direção do movimento relativo do fluido. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Abaixo, segue a equação da força de arrasto,  $\vec{D}$ , relacionado à velocidade escalar  $v$ :

$$D = \frac{1}{2} C \rho A v^2 \quad (23)$$

onde  $C$  é um parâmetro determinado experimentalmente conhecido como **coeficiente de arrasto**,  $\rho$  é a massa específica do ar (massa por unidade de volume) e  $A$  é **área da seção reta efetiva** do corpo (a área de uma seção reta perpendicular à velocidade

$\vec{v}$ ). O coeficiente de arrasto  $C$  (cujos valores típicos variam de 0,4 a 1,0) não é constante para um dado corpo, já que depende da velocidade. Ignoremos as complicações.

Podemos relacionar essas forças à aceleração do corpo usando a segunda lei de Newton para um eixo vertical  $y$  ( $F_{res,y} = m_{ay}$ ):

$$D - F_g = ma \quad (24)$$

vamos determinar a equação da **velocidade terminal**  $v_t$ , fazendo  $a = 0$ , na eq. E substituindo o valor de  $D$  na eq. 24, obtendo

$$\frac{1}{2} C \rho A v t^2 - F_g = 0$$

e, portanto,

$$v_t = \frac{\sqrt{2F_g}}{C \rho A} \quad (25)$$

### A Estabilidade de um Foguete Durante o Voo.

Para um foguete adquirir, uma boa estabilidade durante um voo, precisamos conhecer, além, das quatro forças descritas acima, seu centro de massa ou de gravidade e o centro de pressão.

Centro de massa (ou de gravidade);

Segundo Halliday/Resnick/Walker, em todos os sistemas que examinamos até agora a massa permanecia constante. Em certos casos, como o de um foguete, isso não é verdade. A maior parte da massa de um foguete, antes do lançamento é constituída de combustível, que será posteriormente queimado e ejetado pelo sistema de propulsão. (Halliday/Resnick/Walker – 8ª edição 2011).

Levamos em consideração a variação de massa do foguete aplicando a segunda lei de Newton não ao foguete, mas ao conjunto formado pelo foguete e todos os produtos ejetados. A massa desse sistema não com o tempo. (Halliday/Resnick/Walker – 8ª edição 2011).

Portanto, sendo um corpo pequeno e/ou grande, compacto ou oco, o centro de massa ou de gravidade, é o ponto onde toda massa está em equilíbrio ou equilibrada, portanto, o centro de massa ou de gravidade de um foguete, está associada ao ponto em que seu peso está em equilíbrio, onde estão atuando as forças **peso** e de **empuxo**, abaixo, segue uma figura mostrando como encontrar a estabilidade de um foguete de forma bem simples. Fazendo esse tipo de técnica, encontramos ao mesmo tempo, a estabilidade do foguete e o CG, pois, o cordão deve ser amarrado no foguete, onde está localizado o CG.



Figura 10. Como encontramos o centro de massa de um foguete. Fonte: Próprio autor.

Para calcularmos o CG, usamos a seguinte equação:

$$CG = \frac{1}{MT} \sum_{i=1}^N (x_i M_i), \quad (26)$$

Sendo: N = número de partes do foguete;

M<sub>i</sub> = massa em gramas de cada parte i do foguete;

MT = massa total em gramas do foguete;

i x = comprimento (mm) entre a ponta do nariz do foguete e o centro geométrico em x de cada parte i do foguete (CG de cada parte i).

Agora, veremos a primeira equação do foguete:

$$Rr_{rel} = Ma \quad (27)$$

(primeira equação do foguete), na ausência de forças externas a aceleração instantânea de foguete

vale para qualquer instante, contanto que os valores da massa M, da taxa de consumo de combustível R e da aceleração a sejam os valores para esse instante.

Vejam agora, a segunda equação do foguete:

$$V_f - V_i = V_{rel} \text{Inde} \frac{M_i}{M_f} \quad (28)$$

para um foguete com R e  $v_{rel}$  constantes, cuja velocidade varia de  $v_i$  para  $v_f$  quando a massa varia de  $M_i$  = massa inicial do Foguete e  $M_f$  = massa final menos o combustível queimado e Ind é um decaimento exponencial.

para Halliday/Resnick, o aumento na velocidade do foguete quando a massa muda de  $M_i$  para  $M_f$ . O símbolo “In”, significa *logaritmo natural*.) Essa equação ilustra muito bem a vantagem dos foguetes de vários estágios, nos quais  $M_f$  é

reduzida descartando cada estágio quando seu combustível se esgota. Um foguete ideal chegaria apenas com a carga útil. ((Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Centro de pressão.

O centro de pressão de um foguete, é caracterizado por todas as forças aerodinâmicas externas, que atua no foguete, essas forças estão centralizadas, ou seja, é o ponto onde atuam a resultante das forças aerodinâmicas que o foguete está sujeito. E existem, enquanto o foguete está passando através do ar, não podemos esquecer que essas forças aerodinâmicas são: as forças de arrasto e forças de sustentação já vistas, pois, elas atuam através do CP.

O CP é encontrado através da equação representada abaixo:

$$N = CN\alpha \frac{1}{2} \rho V^2 \alpha Ar \quad (29)$$

O valor de N é dado em Newton;

$CN\alpha$  = coeficiente de força normal (adimensional)

$\rho$  = massa específica ar ( $\text{kg/m}^3$ )

V = velocidade do foguete (m/s)  $\alpha$  = ângulo de ataque do foguete (radiano)

Ar = área de referência do foguete (normalmente é a seção transversal circular)  
 $m^2$ .

#### 1.2.4 Alfabetização Científica e Articulação Entre a Parte Histórica e a Experimentação

Antes de começarmos a falar sobre o que seja a alfabetização científica, é preciso deixar clara nossa escolha pela utilização do termo *alfabetização*.

O conceito deriva originalmente do termo inglês *scientific literacy* e foi utilizado pela primeira vez em 1958, por Paul Hurd. Estudioso do currículo de Ciências, Hurd defende a necessidade de aulas de Ciências que ensine o que está no cotidiano dos alunos; salienta que, uma vez a sociedade depende dos conhecimentos cientificamente construídos, é preciso que esta mesma sociedade saiba mais sobre Ciências e seus empreendimentos.

No Brasil, encontramos autores que usam as expressões “letramento científico”, “enculturação científica” e “alfabetização científica” para designarem o objetivo do ensino de Ciências que almeja a formação cidadã dos estudantes para o domínio e o uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida. É importante perceber que nos cerne das discussões levantadas por quem usa um termo ou outro estão as mesmas preocupações com o ensino de Ciências e motivos que guiam o planejamento deste ensino para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a

sociedade e o meio ambiente. (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 14, 1ª edição).

Nossa opção pela designação alfabetização científica encontra amparo na ideia de alfabetização concebida por Paulo Freire:

... a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica uma autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto. (p. 111, 1980).

Assim como os PCNs e os PCNs+ afirmam que o desenvolvimento das competências e das habilidades por eles propostas deve se dar em um processo contínuo durante a formação do estudante, alfabetizar cientificamente também é uma atividade sequencial constante que devemos promover em sala de aula.

Nessa perspectiva, a alfabetização científica pode e deve ser compreendida como um esforço associado a três disciplinas científicas da Base Comum Nacional: a Física, a Química e a Biologia. Por estar ligada em uma ciência em específico, cada disciplina deverá ter peculiaridades quanto aos tipos de investigações propostas aos estudantes bem como em relação ao tipo de conhecimento construídos por eles e os mecanismos utilizados neste momento de negociação de significados. (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 22, 1ª edição).

No que tange ao ensino da Física, além de se considerarem os eixos estruturantes na proposição de sequências de aulas, verificar se os indicadores de alfabetização científica estão presentes quando os estudantes realizam as diferentes atividades em sala de aula pode nos fornecer evidências de como o processo está sendo alcançado. Damos ênfase ao papel investigativo do ensino que pode ser explorado na realização de atividades abertas com os alunos, para que eles, tal como a própria Física faz, proponham suas explicações para as situações estudadas. (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 23, 1ª edição).

Os indicadores da *alfabetização científica* têm a função de nos mostrar algumas destrezas que acreditamos necessárias para vislumbrar se AC está em processo de desenvolvimento entre os alunos.

A *seriação de informações* é um de nossos indicadores da alfabetização científica. Ela deve surgir quando se almeja o estabelecimento de bases para a ação investigativa. Não

prevê, necessariamente, uma ordem que deva ser estabelecida para as informações: pode ser um rol, uma lista de dados trabalhados ou com as quais se vá trabalhar.

A *organização de informações* ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado. Esse indicador pode ser vislumbrado quando se explicita a busca por um arranjo de informações novas ou já enlaçadas anteriormente. Pode surgir tanto no início da proposição de um tema quanto na retomada de uma questão.

A *classificação de informações* aparece quando se busca estabelecer características para os dados obtidos, o que pode fazer com essas informações sejam apresentadas conforme uma hierarquia, embora o aparecimento dessa não seja condição *sine qua non* para a classificação de informações. Constitui-se em um indicador voltado para a ordenação dos elementos com as quais se está trabalhando, procurando uma relação entre eles.

O *levantamento de hipóteses* aponta instantes em que são alçadas suposições ante acerca de certo tema. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto na forma de uma afirmação quanto na de uma pergunta (atitude muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema).

O *teste de hipóteses* constitui-se nas etapas em que se colocam à prova as suposições anteriormente levantadas. Pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias, quando o teste é feito por meio de atividades cognitivas com base em conhecimentos anteriores.

A *justificativa* aparece quando, em uma afirmação qualquer, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando-se mais segura.

O indicador *previsão* é explicitado ao afirmar uma ação e/ou fenômeno ocorrendo em associação (e como decorrência) a certos acontecimentos.

A *explicação* surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente, à explicação segue-se uma justificativa para o problema, mas é possível encontrar explicações que não possuem essas garantias. Mostram-se, pois, explicações ainda em fase de construção que certamente receberão maior autenticidade ao longo das discussões. (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 21, 1ª edição).

Desde o século XIX as aulas práticas experimentais fazem parte do planejamento do ensino de Física da escola média (Lanetta et al. 2007) tendo por objetivo proporcionar aos alunos um contato mais direto com os fenômenos físicos. Os termos “aulas práticas”

ou “aulas de laboratórios” ou “laboratório escolar” têm sido utilizados para designar as atividades nas quais os estudantes interagem com materiais para observar e entender os fenômenos naturais. As interações dos estudantes com o material experimental podem ser somente visuais, quando a experiência é feita pelo professor, em aulas que denominamos de demonstração; ou de forma manipulativa, quando, em pequenos grupos, os alunos trabalham no laboratório. Os planejamentos e a conclusão das aulas de laboratório variam em um grande espectro: (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 53, 1ª edição).

Desde altamente estruturados e centrados nos guias, com o objetivo principal de comprovar o que o aluno já aprendeu nas aulas teóricas, até um laboratório por investigação, quando o objeto é introduzir os alunos na resolução de um problema experimental. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 53, 1ª edição).

Apesar de as atividades experimentais estarem há quase 200 anos nos currículos escolares e apresentarem uma ampla variação nos possíveis planejamentos, nem por isso os professores têm familiaridade com essa atividade. A grande maioria destes laboratórios se traduz em aulas extremamente estruturadas com guias do tipo “receitas de cozinha”. Nessas aulas, os alunos seguem planos de trabalho previamente elaborados, entrando nos laboratórios somente para seguir os passos do guia, onde o trabalho do grupo de alunos se caracteriza pela divisão das tarefas e muito pouco pela troca de ideias significativa sobre o fenômeno estudado.

Nas décadas de 1960 e 1970, no século XX, a concepção das atividades experimentais no ensino de Física teve, pelo menos parcialmente, uma mudança com o aparecimento dos projetos de ensino de Física – o Physical Science Study Committee (PSSC), que foi traduzido e implementado no Brasil e o Projeto de Ensino de Física (PEF) (Carvalho, 1973). Nesses projetos, as aulas experimentais foram planejadas como um lugar de investigação, visando o desenvolvimento de problemas experimentais.

Muitas pesquisas sobre o ensino e a aprendizagem nos laboratórios didáticos foram desenvolvidos nesta época, e dentre elas podemos destacar a de Pella (1969). Este pesquisador, analisando como o ensino de Ciências (Física, Química e Biologia) estava sendo apresentado aos alunos pelos professores e pelos materiais didáticos, fez uma grande pesquisa nos manuais de laboratório e nas próprias aulas de Ciências do Ensino Médio,

procurando determinar o possível grau de liberdade intelectual que os professores proporcionavam a seus alunos.

A grande crítica ao ensino de Ciências, feita a partir do final do século XX, e aqui incluímos o ensino de Física, foi justamente esta:

O ensino era proposto por aqueles com facilidade para as Ciências, visando formar cientistas. Enquanto achávamos um único “jovem cientista”, deixávamos milhares de estudantes de lado, sem que entendessem nada de Ciências, e, principalmente, detestando Física. Este fato não era só um problema brasileiro, mas mundial, com impacto social muito grande em um mundo cada vez mais influenciado pelas Ciências e suas Tecnologias. Ensinar Ciências para todos passou a ser um objetivo da sociedade contemporânea. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 56, 1ª edição).

#### 1.2.5 Protocolos de Segurança

Para evitarmos qualquer tipo de acidente durante os nossos trabalhos é importante desenvolvermos meios para nos mantermos protegidos de qualquer acidente, além, de conscientizarmos os nossos alunos para colher o lixo.

Atividade experimental 1, Preparação do kit, é a primeira a ser realizada, logo em seguida é a atividade experimental 2, que é a Construção da base de Lançamento do Foguete, depois, é atividade experimental 3, a Construção do Foguete, já a atividade quatro, é o Lançamento do Foguete, e a atividade é exclusivamente corrigindo erros na Base de Lançamentos e no foguete.

Além claro, do uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), durante todos os lançamentos das equipes que presenciamos na MOBOFOG de 2018, as equipes eram exigidas o uso de tais equipamentos, que são:

- Óculos de proteção;
- Calça jeans;
- Tênis;
- Jaleco ou capa de chuva.

É bom mantermos uma certa distância no momento dos lançamentos dos foguetes, evitando distrações, quando se abastece o foguete, pois a partir de então, começa a areação

química entre o bicarbonato de sódio e o vinagre, inclusive, no momento do lançamento é aconselhado que usamos um cordão de 5m amarrado no gatilho.

### 1.3 PROBLEMA

Diante dos problemas acadêmicos, sociais e econômicos, os quais podem comprometer o desenvolvimento da sociedade como um todo, faz-se necessário pensar na formação do aluno do Ensino Médio, a fim de que se torne um cidadão capaz de escolher uma profissão, de enfrentar o mercado de trabalho, de trabalhar em grupo, para procurar a solução de problemas do seu cotidiano. Diante do exposto, pergunta-se: *Como a Construção de Foguetes com Garrafas Pet alinhada ao Ensino e Aprendizagem da Física, pode contribuir na aprendizagem nesse campo do saber?*

#### 1.3.1 OBJETIVOS

##### 1.3.2 Objetivo Geral

Construir uma sequência didática direcionada aos alunos do 1º do Ensino Médio, contemplando um estudo teórico, reflexões e uma proposta de atividades, a fim de orientá-los na Construção de foguetes com uso de garrafas pet, visando o ensino e aprendizado da Física.

##### 1.3.3 Objetivos Específicos.

a) Identificar o nível de conhecimento prévio dos alunos do Ensino Médio de uma escola da Rede Pública Estadual, através de questionário;

b) Possibilitar aos alunos do Ensino Médio um ambiente de estudos, reflexões e desenvolvimento de atividades no contexto histórico do ensino e aprendizagem da Física, a fim de orientá-los na construção de foguetes com garrafas pet;

c) Analisar as significações produzidas pelos alunos do Ensino Médio no desenvolvimento e abrangência da Física, considerando a Construção de Foguetes com Garrafas Pet, produção/coleta de dados, como por exemplo, os questionários e a observação sistemática.

## 2 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES

### 2.1 A Sequência Didática

1º Quadro contendo e esboço da Sequência Didática

<b>Encontros</b>	<b>Duração (aulas)</b>
1º: Apresentação da Sequência Didática e aplicação do Questionário Inicial (QI); História dos Foguetes; Contexto Histórico do Ensino e Aprendizagem da Física; As Leis de Newton;	3 aulas
2º: Lançamento de Projéteis; Forças que atuam num Foguete Durante o voo	2 aulas
3º: A Estabilidade de um Foguete Durante o Voo; Atividade Experimental I – Preparação do Kit.	2 aulas
4º: Atividade Experimental II – Construção da Base Lançadora do Foguete.	2 aulas
5º: Atividade Experimental III e IV – A Construção do Foguete e o Lançamento do Foguete.	2 aulas
6º: Corrigindo erros na base de lançamento do foguete e no foguete.	2 aulas
7º: Lançamento dos Foguetes.	3 horas
8º: Encerramento dos encontros e Aplicação do Questionário (Qf).	2 aulas

Fonte: Próprio autor.

#### 2.1.1 Etapas a serem desenvolvidas na SD.

#### **2.1.2 Primeiro encontro-16/11/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã), além, de um encontro pelo Google Meet que tivemos durante a tarde (duração de 40 minutos)**

**Tema:** Apresentação da Sequência Didática e aplicação do Questionário Inicial (QI); As Leis de Newton, História dos Foguetes e Contexto Histórico do Ensino e Aprendizagem da Física. Abaixo, segue o Questionário inicial (Qi).

Um questionário composto de 06 questões para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes acerca do Produto Aplicado.

1) Descreva o que ocorre com os corpos que interagem nas situações a seguir, de acordo com seus conhecimentos Físicos;

- a) Uma pessoa inicia uma caminhada. O que ocorre quando o pé está em contato com o chão?
- b) Uma criança solta uma bexiga cheia de ar, aberta, e percebe que ela descreve um movimento enquanto expelle o ar. Porque ocorre esse movimento?
- 2) É muito comum, em uma partida de futebol um jogador ou os jogadores cabecear a bola. Explique o que acontece com a bola ao ser cabeceada:
- 3) Alguns de seus colegas que estudam no turno vespertino, vem para a aula no ônibus escolar, enfrentando péssimas condições da estrada dentre outros fatores que estão presentes durante a viagem. Imagine que o ônibus venha a 70 km/h, o que acontece se o motorista frear o ônibus bruscamente?
- 4) Após sofrer uma falta um jogador de futebol fica encarregado de chutar a bola para converter ou fazer o gol, para encobrir a barreira, tenta fazer com a bola que descreva uma trajetória parabólica. Em sua opinião, a barreira tem que ficar próxima ou distante do gol? Por quê?
- 5) Analisando o lançamento de um foguete de garrafa pet, para adquirir melhor altura e um melhor alcance, em que ângulos devo lançar tal foguete?
- 6) Para entendermos melhor o lançamento de um foguete é necessário conhecermos a direção horizontal e a vertical, ambas pertencem a quais eixos?

**Objetivos:**

- Identificar e analisar os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno sobre os conceitos referente ao tema aplicado;
- Enunciar o princípio das três Leis de Newton;
- Reconhecer a influência do ar no movimento dos corpos;
- Identificar a História dos Foguetes como fator importante dentro da OBA e MOBFOG. Objetivo do próprio autor.

**Habilidades:**

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico;
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico;
- Relacionar força, massa e aceleração;
- Aplicar os três princípios em diversa situações;

**Material utilizado:** Slides com a proposta do produto educacional, Data show e questionários impressos para cada aluno, livro didático.

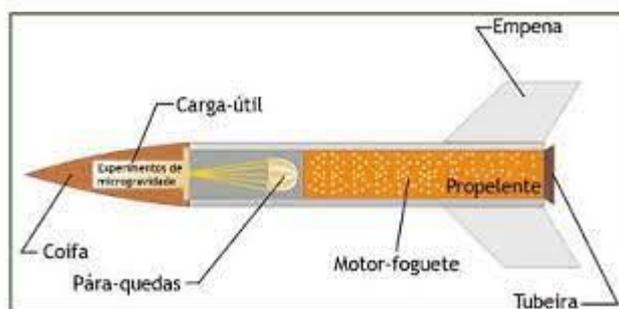
**Avaliação:** Observação, análise e motivação. (usei como exemplo de motivação a conquista da 13ª terceira MOBFOG – 20019, onde a equipe formada por mim e três alunos ganhamos medalha de ouro).

### **Descrição:**

Foi aplicado no primeiro momento um questionário de 06 (seis) questões para uma análise de conhecimentos antes da aplicação do produto educacional, levando em conta as concepções alternativas dos alunos (a) sobre alguns temas empregados na Física, como as Leis de Newton, Lançamento de projéteis etc., esse pequeno teste é baseado na aprendizagem significativa de David Ausubel em 1963 e reiterada em 2000. O núcleo da aprendizagem significativa é a interação cognitiva entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios, aos quais Ausubel (2000; MOREIRA, 2006) chama subsunçores ou, simplesmente, subsunçores.

Ainda no primeiro encontro, mostramos um breve histórico dos foguetes ligada ao desejo do homem conhecer mais sobre o universo e a si mesmo, além claro, fazendo relação com o Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física. Mostrando que muitas culturas, ao longo do mundo, e em diferentes épocas, mostraram o seu interesse pelo universo e procuraram de alguma forma, um modo de poder explorá-lo. Levando em conta claro, a briga entre Rússia e Estados Unidos, pela conquista do espaço durante a Guerra Fria. Mostraremos também, se não fosse os testes do americano Robert Goddard com o primeiro foguete de combustível líquido da história, que subiu apenas 12 metros em 16 de março de 1926, o homem nunca teria chegado à Lua, os meteorologistas dificilmente teriam emprego, e provavelmente muitas pessoas ainda acreditavam que os marcianos poderiam invadir a Terra.

Um foguete, em síntese, é uma câmara contendo gás sob pressão em seu interior. Uma pequena abertura em uma das extremidades da câmara permite que o gás escape, e, fazendo isso, fornece uma força que propuliona o foguete na direção oposta (NASA, 2001). Um foguete existe para transportar cargas ou pessoas ao espaço. Antes de tratarmos das forças que atuam sobre um foguete, é necessário que tenhamos claro as principais partes que o compõem, pois estas são fundamentais para o desempenho do foguete. Um foguete padrão é mostrado na figura abaixo.



NOGUEIRA et al, 2009.Figura 11.

Daremos algumas breves informações sobre cada uma das partes constituintes cabe (NOGUEIRA et al, 2009).

**Coifa** – serve para proteger a carga que está sendo transportada. Essa carga pode ser animada (astronautas) ou inanimada (experimentos, satélites etc.). A sua forma afunilada serve para diminuir o atrito do foguete com a atmosfera da Terra.

**Paraquedas** – utilizada para diminuir o impacto da carga útil sempre que esta necessitar ser recuperada. Propulsor – transporta o combustível (propelente) do foguete. Observação: na aplicação do produto, não usamos paraquedas, demonstramos o uso dele através de vídeos em sala de aula para que os alunos(a) tivesse o conhecimento sobre ele.

**Tubeira** – por onde escapam, em alta velocidade, os gases resultantes da combustão.

**Aletas** – são tipos de asas localizadas na base do foguete. São elas que conferem estabilidade durante o voo. Sem elas o foguete em voo não se manteria em linha reta, e teria um movimento em torno de si próprio. A partir daqui, iniciaremos nossa explicação sobre a Física em se aplicada no lançamento de foguetes.

### 2.1.3 Segundo encontro-17/11/021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).

**Tema: Lançamento de Projéteis (Lançamento horizontal e Vertical) e Forças que atuam num foguete durante o voo.**

#### Objetivos:

- Caracterizar o lançamento oblíquo como a composição de um lançamento (MRU), na direção vertical e um movimento retilíneo uniforme (MRU) na direção horizontal;
- Caracterizar o lançamento horizontal como uma queda livre na vertical e um MRU, na horizontal;
- Descrever diversas situações de que envolvem forças;
- Identificar a ação das forças de campo e de contato;

- Reconhecer força como agente de variação da velocidade de um corpo.

**Habilidades:**

- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.

- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos estudados.

. **Material utilizado:** Slides com a proposta do produto educacional, Datashow e questionários impressos para cada aluno, livro didático.

**Descrição:**

A partir do segundo encontro, falamos sobre lançamento de projéteis (Lançamento horizontal e oblíquo). Nunca esquecendo de sempre relacionar com as Leis de Newton, fazendo relação com a construção da base do foguete, construção do foguete e lançamento do foguete. Em seguida, trabalhamos as Forças que atuam num foguete durante o voo, Força peso, Força de empuxo, Força de sustentação e Força de Arrasto.

**Avaliação:** Observação, análise, pois depois da aplicação das aulas, pedia para cada (a) assistisse vídeo aulas de Física para consolidar mais ainda os conteúdos aplicados.

**2.1.4 Terceiro encontro-22/11/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).**

**Tema: Estabilidade do Foguete durante o voo (centro de massa ou de gravidade), centro de pressão); e a preparação do kit-atividade experimental**

**Objetivos:**

- Caracterizar a força gravitacional como uma força de atração mútua entre dois corpos;
- Conceituar centro de gravidade, identificando-o em diferentes corpos;
- Relacionar a pressão atmosférica com a altitude;
- Constatar a pressão atmosférica e definir suas unidades.

**Habilidades:**

- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar as teorias físicas.

**Material utilizado:** Slides com a proposta do produto educacional, Datashow, notebook, livro didático.

**Descrição:**

Começamos o terceiro encontro, com a Estabilidade do foguete durante o voo, Centro de massa ou de gravidade e o Centro de pressão. Logo em seguida começamos a atividade experimental 1, que é a preparação do Kit.

### **Objetivo**

- Preparar o kit 1, que será utilizado na atividade experimental 2.

**Avaliação:** Observação, análise, baseada em atividades extraclasse com resolução de questões do conteúdo trabalhado, observando também o desempenho de cada um já na preparação do kit.

Material utilizado confeccionar as bases de lançamentos;

- Cano pvc de 20mm;
- Cola pvc;
- Joelhos, luvas e tê de 20mm;
- Tê de 25mm;
- Manômetro para medir a pressão durante os Lançamentos;
- Serra de cano pvc



Figura 12 – Fonte: Próprio autor. Momento da preparação do kit Para construir a base lançadora do foguete.

### **2.1.5 Quarto encontro-23/11/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).**

#### **Descrição:**

No quarto encontro, demos início a atividade experimental 2, ou seja, a construção da base lançadora dos foguetes, nesse momento, a turma foi dividida em quatro equipes. Cada equipe formada por 06 alunos(a), num total de 24 alunos). Cada equipe com a função de construir uma base lançadora de foguete e três foguetes de garrafas pet,

totalizando quatro bases e doze foguetes. Sempre fazendo uso de cada conteúdo aplicado, dando exemplo de várias bases e melhores desempenhos, pois, o alcance de um foguete de garrafa pet depende muito da base.

**Objetivo:**

- Identificar e construir as partes que compõem a nova base lançadora do foguete, com base em vídeos da MOBFOF indicado por nós.

**Avaliação:** Será feita observando o nível dos alunos no que diz respeito a construção da base e analisando a forma de como eles se socializam em grupos.



Figura 13 – Fonte: Próprio autor. Momento em damos início A construção da base lançadora do foguete.

### **2.1.6 Quinto encontro-06/12/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).**

**Descrição:**

A partir do quinto encontro, iniciamos a atividade experimental 3 e 4, a construção do foguete, mostrando alguns vídeos de lançamento de foguete, dois experimentos que requer muita atenção por conta de muito fatores com base nos que foram apresentados.

Nesse momento, todos os grupos já formados iniciaram a confecção dos foguetes, fazendo uso de vídeos para melhores desempenhos dos foguetes durante os lançamentos. Não esquecendo claro, de conscientizar os alunos(a), de pôr no lixo todo o material utilizado. Lembrando que, toda a aplicação do trabalho, será aplicado para facilitar o aprendizado de cada(a), fazendo uso de objetos simples e interessante presentes no seu cotidiano. A cada encontro será feito resolução de questões relacionadas ao lançamento de foguetes (questões de Física ou de história dos foguetes, tipo MOBFOG e OBA).

**Objetivo:**

- Construir o foguete de garrafa pet com base em vídeos da MOBFOF indicados por nós!

**Avaliação:** Feita também a partir do desempenho e participação de cada grupo nos baseando do desempenho de ambos na confecção dos foguetes.

Material utilizado para a confeccionar os foguetes;

- Garrafas pet de Coca-Cola de dois litros;
- Tesouras;
- Pastas plásticas de colocar documentos;
- Fita isolante;
- Estilete;
- Cola tek bond;
- Pedações de pvc, aqueles usados para forrar residências;
- Massa de modelar;
- Pedações de cano pvc de 10cm de comprimento.



Figura 14 – Fonte: Próprio autor. Momento que estamos construindo o foguete.



Figura 15 – Fonte: Próprio autor. Momento em que Concluimos a base lançadora e o foguete.

### **2.1.7 Sexto encontro-14/12/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).**

#### **Descrição:**

Exclusivamente, a atividade experimental 5 – corrigindo erros na base do foguete e no foguete. Dando importância a cada base construída, cada foguete construído, além de cada alcance atingido por cada equipe, lembrando que essas observações foram feitas através de vídeos em sala de aula. Pois, lançar foguetes em ambientes fechados causa acidentes.



Figura 16. Essa figura mostra como encontrar o O centro de massa de um foguete. Fonte: Próprio Autor.



Figura 17. Recortes de matérias para a montagem dos foguetes. Fonte: Próprio Autor.

**2.1.8 Sétimo encontro-28/12/2021, lançamentos dos foguetes, marcamos um encontro em minha residência as 13:00h, logo em seguida fomos para o local de lançamento cerca de 5 Km de distância da escola e 2 Km das últimas casas da cidade. Começamos os lançamentos as 15:00h e concluímos todo o trabalho as 18:00h.**



Figura 18 – Fonte: Próprio autor. Momento dos lançamentos dos foguetes.

## 2° Quadro

## 1ª Base de Lançamento

1° Lançamento	2° Lançamento	3° Lançamento
Combustível: 375ml de vinagre; 50 gramas de bicabornato de sódio.	Combustível: 500 ml de vinagre; 75 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível: 750 ml de vinagre; 100 gramas de bicarbonato de sódio;
Pressão: 75 psi	Pressão: 75 psi	Pressão: 96 psi
Alcance: 85m	Alcance:120m	Alcance:135m



Fonte: Próprio autor. Fig. 19. Preparando a base e o foguete para os lançamentos.

## 3° Quadro

## 2ª Base de lançamento

1° Lançamento	2° Lançamento	3° Lançamento
Combustível: 375ml de vinagre; 50 gramas de bicabornato de sódio.	Combustível: 500 ml de vinagre; 75 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível; 750 ml de vinagre; 100 gramas de bicarbonato de sódio;
Pressão: 47 psi	Pressão: 50 psi	Pressão: 97 psi
Alcance: 62m	Alcance:99m	Alcance:141m

OBS: No 1° lançamento da 2ª base, anel de vedação que veda a saída de pressão, localizado no espigão, deslocou-se, perdendo pressão, logo depois os alunos fizeram a correção.



Figura 20 – Fonte: Próprio autor. Abastecendo o foguete para o lançamento.

#### 4° Quadro

#### 3ª Base de lançamento

1° Lançamento	2° Lançamento	3° Lançamento
Combustível: 250ml de vinagre; 100 gramas de bicabornato de sódio.	Combustível: 500 ml de vinagre; 75 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível: 750 ml de vinagre; 100 gramas de bicarbonato de sódio;
Pressão: 50 psi	Pressão: 55 psi	Pressão: 96 psi
Alcance: 76m	Alcance:99m	Alcance:126m

## 5º Quadro

## 4ª Base de lançamento

1º Lançamento	2º Lançamento	3º Lançamento
Combustível: 375ml de vinagre; 50 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível: 500 ml de vinagre; 75 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível: 750 ml de vinagre; 100 gramas de bicarbonato de sódio;
Pressão: 48 psi	Pressão: não registrou!	Pressão: não registrou
Alcance: 81,5m	Alcance: 50m	Alcance: 50m

Obs.: O manômetro não registrou pressão para o 2º e 3º lançamento da 4ª base.

### 2.1.9 Oitavo encontro-03/01/2022, encerramento dos nossos encontros, e a aplicação do questionário final (Qf).

#### Descrição:

Exclusivamente para aplicação do Questionário final (Qf).

1) Descreva o que ocorre com os corpos que interagem nas situações a seguir, de acordo com seus conhecimentos Físicos;

a) Uma pessoa inicia uma caminhada. O que ocorre quando o pé está em contato com o chão?

b) Uma criança solta uma bexiga cheia de ar, aberta, e percebe que ela descreve um movimento enquanto expelle o ar. Por que ocorre esse movimento?

2) É muito comum, em uma partida de futebol um jogador ou os jogadores cabecear a bola. Explique o que acontece com a bola ao ser cabeceada:

3) Alguns de seus colegas que estudam no turno vespertino, vem para a aula no ônibus escolar, enfrentando péssimas condições da estrada dentre outros fatores que estão presentes durante a viagem. Imagine que o ônibus venha a 70 km/h, o que acontece se o motorista frear o ônibus bruscamente?

4) Após sofrer uma falta um jogador de futebol fica encarregado de chutar a bola para converter ou fazer o gol, para encobrir a barreira, tenta fazer com que a bola descreva uma trajetória parabólica. Em sua opinião, a barreira tem que ficar próxima ou distante do gol? Por quê?

- 5) Analisando o lançamento de um foguete de garrafa pet, para adquirir melhor altura e um melhor alcance, em que ângulos devo lançar tal foguete?
- 6) Para entendermos melhor o lançamento de um foguete é necessário conhecermos a direção horizontal e a vertical, ambas pertencem a quais eixos?
- 7) Durante a aplicação do Produto Educacional: A Construção de Foguetes Com Garrafas Pet Num Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física, tivemos seis encontros presenciais na escola, além de um encontro virtual pelo Google Meet e dois encontros em minha residência, finalizamos com os lançamentos dos foguetes. Para você qual a importância da aplicação do produto para o ensino e aprendizagem da Física? A aplicação do produto teve relevância para uma melhor compreensão dos conteúdos aplicados durante a construção das bases de lançamentos, construção dos foguetes e lançamentos deles ao término dos nossos trabalhos? Por quê?

**Objetivo:**

Identificar o nível de aprendizado dos alunos, ao longo do Produto Educacional aplicado, bem como, o estudo da Mecânica no lançamento do foguete, a construção da base, a construção do foguete. Fazendo uso da Teoria da aprendizagem de David Ausubel, e assim, fazendo um comparativo antes e depois dos trabalhos realizados.

**Avaliação:** Analisando o desempenho dos alunos durante os trabalhos realizados, bem como os resultados do Qf, fazendo um comparativo com o Qi, e os resultados dos lançamentos de foguetes cada grupo.

**Observações adicionais:** Nos dias 09/12/2021 e 22/12/2021, tivemos encontro em minha residência, com duração em média 80min cada, referente a duas aulas. Como a escola estava acabando de voltar de forma presencial, as aulas tinham duração de apenas 40min. Totalizando 160min os dois encontros, pois, os encontros em sala de aula para fazer as correções não foram suficientes. Entre 23/11/2021 e 06/12/2021, tivemos que parar nossos encontros presenciais por conta do avanço dos casos de Covid-19, em nossa cidade Matões-MA. Ou seja, tivemos o privilégio de fazer os nossos trabalhos presenciais, ou seja a aplicação do Produto Educacional, alguns desses encontros extra foi para realizar algo que não foi possível em sala de aula, entre 14/11/2021 e 28/12/2021, foi um recesso de fim de ano, serviu também para manter o distanciamento e evitar o contágio dos casos de Covid-19 que durante a aplicação do produto não teve nenhum caso registrado na escola. Como alguns de meus alunos, vem da zona rural, existe um grau de compreensão e

interpretação diferente de aluno para aluno, porém, cabe a nós educadores buscar meios para fazer uma análise e relacionar de forma que cada discente busque a construção do seu conhecimento.

Entre os encontros em sala de aula e em minha residência, foi registrado 1020min, totalizando aproximadamente 17h.

1° Encontro: 3 aulas de 40min- 120min;

2° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

3° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

4° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

5° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

6° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

7° Encontro: lançamento dos foguetes, três horas,180min;

8° Encontro: Aplicação do questionário final (QF), no dia 03 de janeiro de 2022: duas aulas de 40min- 80min, mais os três encontros em minha residência, no total de 240min, totalizando 1020min o que resulta em 17h.

**Referências:**

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

BONJORNO, José Roberto.” et al”. **FÍSICA – Mecânica**. 3° ed. São Paulo: FTD, 2016.

Carvalho A M P et al.. **ENSINO DE FÍSISCA** – São Paulo: Cengage Learning, 2021.

CLAUDIO, Xavier; BARRETO, Benigno. **Coleção: FÍSICA Aula por Aula- Mecânica**.

1° ed. São Paulo: FTD, 2010.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física, mecânica**, Volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual [recurso eletrônico]** – 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015

LILIAN BACICH E LENADRO HOLANDA. **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020. Xiv, 229 p.il.; 23 cm.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. da UnB, 1998.

NARDI, Roberto. **Origens e Evolução da Pesquisa em Educação em Ciências no Brasil**: uma retrospectiva histórica. In: DEL, Roio Marcos. **A Universidade entre o Conhecimento e o Trabalho: o dilema das ciências**. Marília: Unesp Publicações, 2005.

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

NEWTON I. **Princípios Matemáticos de Filosofia Natural** – Livro I. Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

NOGUEIRA, S; PESSOA FILHO, J. B; 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.

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

ROCHA F. M. (Org.) **Origens e evolução das ideias da física** – 2ª edição. – Salvador: EDUFBA, 2015.

SOUZA, J. A. U foguete de garrafa PET. **Física na Escola**. São Carlos, São Paulo, v. 8, n. 2, p.4 – 11, 2007.