



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM FÍSICA

NATALIA DOS SANTOS ROCHA

**OFICINAS PEDAGÓGICAS DE FOGUETES PET: Uma Proposta Pedagógica para o
Ensino Experimental de Física**

Campina Grande
2025

NATALIA DOS SANTOS ROCHA

**OFICINAS PEDAGÓGICAS DE FOGUETES PET: Uma Proposta Pedagógica para o
Ensino Experimental de Física**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
no Curso Superior de Licenciatura em Física
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba (IFPB), como requisito
parcial para obtenção do título de Licenciado
em Física.

Orientador: Alex Sander Barros Queiroz

Campina Grande

2025

CIP - Catalogação na Publicação.

R672o Rocha, Natalia dos Santos:

Oficinas pedagógicas de foguetes pet: uma proposta pedagógica para o ensino experimental de física / Natalia dos Santos Rocha. - Campina Grande, 2025.
59 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Física) - Instituto Federal da Paraíba, 2025.

Orientadores: Prof. Dr. Alex Sander Barros Queiroz.

1. Ensino da Física. 2. Metodologias ativas. 3. Aprendizagem significativa. 4. Foguetes de garrafa PET. I. Queiroz, Alex Sander Barros. II. Título.

+

CDU 537.3

NATALIA DOS SANTOS ROCHA

**OFICINAS PEDAGÓGICAS DE FOGUETES PET: Uma Proposta Pedagógica para o
Ensino Experimental de Física**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
no Curso Superior de Licenciatura em Física
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba (IFPB), como requisito
parcial para obtenção do título de Licenciado
em Física.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alex Sander Barros Queiroz - Orientador
IFPB/Campina Grande

Prof. Me. Luciano Feitosa do Nascimento
IFPB/Campina Grande

Prof. Me. Valdenes Carvalho Gomes
IFPB/Campina Grande

AGRADECIMENTOS

Agradeço, sobre todas as coisas à Deus, que me concede todos os dias a sua graça e o dom da vida, isso é muito além do que mereço.

Aos meus pais, Maria Luciene e Francisco por me darem a graça de viver, e por todos os sacrifícios que fizeram por mim ao longo dos anos, pelo apoio durante essa caminhada acadêmica e pelo seu cuidado e amor.

Aos meus irmãos, Monaliza, Flamel, João de Deus, Marta, Maria Rita e José Miguel, por todo amor e apoio, vocês foram no choro e na alegria aqueles que mais torceram pelo meu sonho. Ao meu namorado, Jefferson Barbosa que não mediu esforços para me apoiar durante toda essa caminhada, obrigado pela sua paciência, carinho e incentivo em todos os momentos.

Em especial a Daliana Alves, minha querida amiga que desde o início esteve ao meu lado, no choro, nas risadas e em tudo, por ter segurado minha mão e viver esse sonho ao meu lado.

Ao meu querido orientador Alex Sander, agradeço pelo apoio incondicional e por toda caminhada ao meu lado durante o curso, por me mostrar novos desafios e por construir boas recordações ao meu lado que levarei para sempre, também por sua paciência em me orientar. Aos meus professores, que compõem a banca examinadora por terem aceitado o convite e pela sua dedicação, a Valdenes Carvalho pelas broncas e conselhos que me fizeram refletir tantas vezes sobre o papel do professor e por ser um (Pai) professor pra mim, a Luciano Feitosa por compartilhar sua história e motivar nossa trajetória, sempre o meu Tio Lu.

Agradeço a cada um daqueles, que de forma direta ou indireta contribuíram para realização deste trabalho e conclusão deste curso.

“Tudo que é seu chegará até você, não por acaso, mas
pelos planos de Deus.” - Santa Teresinha

RESUMO

O uso de uma oficina pedagógica de construção e lançamento de foguetes de garrafa PET, com a utilização de metodologia ativa, possibilitou o estabelecimento de relações concretas entre conhecimentos teóricos e a prática experimental. Esta pesquisa foi analisar o potencial dessa intervenção didática na promoção da Aprendizagem Significativa de conceitos de Dinâmica e no desenvolvimento de competências científicas em estudantes do Ensino Médio. A pesquisa, de natureza qualitativa e quantitativa, utilizou questionários pré e pós-intervenção e observação participante em oficinas aplicadas no contexto do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Os estudantes foram desafiados a projetar e construir seus foguetes, aplicando conhecimentos teóricos e utilizando o software OpenRocket para simular e otimizar parâmetros de estabilidade, como o Centro de Massa (CM) e o Centro de Pressão (CP). Demonstra-se que a experimentação com foguetes aumentou significativamente o engajamento dos alunos, possibilitando uma aprendizagem significativa dos conceitos de dinâmica. Além disso, verificou-se o desenvolvimento de habilidades científicas (investigação e modelagem) e socioemocionais (trabalho em equipe e resolução de problemas). A oficina de Foguetes PET constitui uma ferramenta didática, de baixo custo e altamente motivadora para o Ensino de Física possibilitando a formação de estudantes mais competentes.

Palavras-chave: Ensino de Física; Foguetes de garrafa PET; Metodologia ativa; Investigação científica; Experimentação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - site (a) painel administrativo e (b) página das inscrições.....	22
Gráfico 1 - motivação para participação.....	22
Gráfico 2 - conhecimento de Pressão Interna.....	23
Gráfico 3 - conhecimento sobre Centro de massa e gravidade.....	24
Gráfico 4 - conhecimento de 3º Lei de Newton.....	24
Gráfico 5 - conhecimento sobre Empuxo.....	25
Gráfico 6 - conhecimento sobre Reação Química.....	25
Gráfico 7 - conhecimento sobre aerodinâmica.....	26
Figura 2 - Oficinas de Construção de Foguetes.....	27
Figura 3 - software OpenRocket.....	27
Figura 4 - Lançamento dos Foguetes.....	28
Gráfico 8 - Resultado do Lançamento de Foguetes.....	29
Figura 5 - Lançamentos na Copa Nordeste de Foguetes.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
IFPB	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
MOBFOG	Mostra Brasileira de Foguetes
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
OBAFOG	Olimpíada Brasileira de Foguetes
PET	Polietileno Tereftalato
PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PVC	Polímero de Cloreto de Vinila
SAB	Sociedade Astronômica Brasileira

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OFICINAS PEDAGÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA.....	12
2.1 OBAFOG E AS COMPETIÇÕES DE FOGUETE DE GARRAFA PET.....	16
3. METODOLOGIA.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	37
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE INVESTIGAÇÃO PRÉVIA.....	39
APÊNDICE B – ROTEIRO DE USO DO OPENROCKET.....	41
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE INVESTIGAÇÃO CONCLUSIVA COPA NORDESTE DE FOGUETES.....	49
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE INVESTIGAÇÃO CONCLUSIVA JORNADA DE FOGUETES.....	50
APÊNDICE E – GUIA DE CONTEÚDOS.....	51

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Barroli (1998 apud Andrade e Teixeira, 2019, p. 50), o processo de aprendizagem deve-se estar fundamentado no desenvolvimento do estudante, que consiga estimular a participação, favoreça a criatividade e desperte a imaginação, possibilitando que o aprendizado aconteça de forma eficaz, equilibrada e prazerosa.

Para alcançar um ensino de Física envolvente, é essencial que o professor seja um mediador do conhecimento. Para Andrade e Teixeira (2017), o professor pode incentivar o estudante a assimilar determinados conteúdos utilizando-se de diferentes estratégias pedagógicas, baseadas em práticas de ensino que impactam o cotidiano escolar.

Uma opção de estratégia pedagógica, são as metodologias ativas, que abordadas em forma de oficinas pedagógicas, com foco na experimentação, permitem que o estudante, possa fazer uso de seus conhecimentos prévios, tornando-o protagonista, e sendo sujeito ativo no processo, gerando a capacidade de criar soluções e propostas para resolução de problemas, usando da experimentação para dar sentido aos conteúdos ensinados de uma forma prática (Andrade e Teixeira, 2017).

Freire (1997) destaca que proporcionar ao estudante a chance de aprender, por exemplo, realizando um experimento, contribui no processo de construção do conhecimento, trazendo o despertar da curiosidade e o desenvolvimento de sua capacidade crítica para comparar e questionar, ou seja, gerando o desenvolvimento de novas capacidades cognitivas do estudante.

Segundo Laburú (2006, pág. 384), ao planejamos experimentos com essa perspectiva de desenvolvimento, indo além da simples preocupação com conteúdo ou conceito específico, é possível contribuir rompendo atitudes de inércia, desatenção, apatia e baixo empenho. A experimentação pode, inclusive, motivar os estudantes, os incentivando a se dedicarem de forma mais comprometida às tarefas posteriores, mesmo que sejam mais difíceis e menos agradáveis.

Diante disso, o uso de oficinas pedagógicas, com a proposta de experimentação pode trazer avanços no ensino de Física, se considerarmos essa ferramenta pedagógica, que possibilita ao estudante fazer relações concretas entre teoria e prática, ao manipular materiais e observar resultados, confrontar possíveis concepções alternativas e reconstruir seu entendimento, desenvolvendo assim um novo conhecimento.

A proposta da atividade, utilizando as oficinas pedagógicas, é analisar o desenvolvimento dos alunos e as competências alcançadas na oficina de construção e lançamentos dos foguetes, de acordo com indicado pela Olimpíada Brasileira de Foguetes (OBAFOG). A partir disso, desenvolver e aplicar oficinas pedagógicas com foco em experimentação; e relacionar os conceitos teóricos da Física com a prática experimental na construção e no lançamento dos foguetes.

A OBAFOG possibilita essa interação entre teoria e prática, que faz dos conhecimentos prévios algo fundamental para desenvolver novos projetos, permitindo que os estudantes explorem uma aprendizagem significativa, de forma contextualizada e motivadora.

2. OFICINAS PEDAGÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA

A relação entre os conhecimentos teóricos e a sua prática, levando-se em consideração as concepções e conhecimento do aluno, é o que segundo Ausubel (1980) considera como sendo essencial para uma aprendizagem significativa. Segundo Souza (2025, pg. 19), “a aprendizagem significativa ocorre quando novos conhecimentos são incorporados à estrutura cognitiva do estudante de forma relevante, de modo que se relaciona com conceitos previamente conhecidos”.

A aprendizagem escolar ocorre quando há condições ideais para que o estudante esteja engajado no processo, onde poderá estabelecer a conexão entre os conteúdos abordados e seu cotidiano. É fundamental que os novos conhecimentos tenham significado lógico, assim, o professor deve ser o mediador entre o saber científico e a experiência do estudante (MOREIRA, 2011).

Segundo Moran (2015), as metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma a estimular a autonomia, a colaboração e a responsabilidade do aluno por aprender, colocando-o como protagonista do processo.

As metodologias ativas tornam-se cada vez mais eficazes na promoção da aprendizagem significativa; por exemplo, ao se utilizar a experimentação é possível promover uma conexão entre os conteúdos e a realidade do estudante, proporcionando que suas experiências prévias sejam utilizadas, de modo a explorar suas habilidades, pois a experimentação pode tornar o estudante protagonista nesse processo.

As metodologias ativas constituem abordagens pedagógicas focadas em ter o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, promovendo sua participação efetiva, na reflexão e tomada de decisão para a construção do conhecimento. Entre algumas das estratégias, destacam-se a aprendizagem baseada em projetos, a resolução de problemas, e as atividades experimentais, como as oficinas de construção de foguetes. Essas estratégias, por sua vez, podem estabelecer uma aprendizagem significativa, teoria proposta por David Ausubel, que enfatiza que o aprendizado ocorre de maneira efetiva quando o novo conhecimento se relaciona de forma substantiva com os saberes prévios do aluno, permitindo-lhe atribuir sentido ao que aprende.

Embora as metodologias ativas possam favorecer a ocorrência de uma aprendizagem significativa, essa relação não ocorre de forma automática, a aprendizagem só será realmente significativa se houver intencionalidade pedagógica, mediação adequada do professor e contextualização dos conteúdos. Da mesma forma, a aprendizagem significativa pode ocorrer mesmo em práticas não ativas, desde que o conteúdo seja relevante e estabeleça conexões com a realidade e as experiências do estudante.

A importância de uma aprendizagem significativa está ligada à capacidade de compreender os conceitos estudados e aplicá-los em diferentes contextos, integrando-os a problemas e desafios reais. A construção desse conhecimento pode ficar “adormecida” até que seja necessário ligá-lo a outro, de forma significativa. Vale ressaltar ainda que:

“Para além de uma atividade lúdica e instigante, o recurso da experimentação possibilita a discussão de fenômenos que eles observam diariamente, como o movimento de carros, aviões e até mesmo os desafios encontrados para a realização de viagens espaciais, assunto tratado em diversas produções televisivas que fazem parte do conhecimento cultural deles”. (Souza, 2025. pg. 21)

Ao abordar o uso da experimentação, como a construção de foguetes de garrafa PET (Polietileno Tereftalato), faz-se necessário o planejamento, análise e comunicação dos resultados, favorecendo assim que haja um ambiente propício para que os estudantes atribuam sentido àquilo que estão aprendendo, podendo ser caracterizado como uma aprendizagem significativa.

Segundo Paviani e Fontana (2009), “um dos caminhos possíveis para a superação dessa situação é a construção de estratégias de integração entre pressupostos teóricos e práticos, o que, fundamentalmente, caracterizam as oficinas pedagógicas”. Oficinas são maneiras de desenvolver um novo aprendizado, com foco em atividades práticas, sem desconsiderar os conceitos teóricos.

Dessa forma, o ensino de Física assume um papel importante na formação de cidadãos, com senso crítico, éticos e capazes de interpretar o mundo ao seu redor, Souza (2025). Entretanto, a disciplina é considerada abstrata e pouco atrativa, por isso a utilização de metodologias ativas, que facilitam a compreensão de conteúdos complexos e sua aplicação no cotidiano, tem-se mostrado eficaz, Darroz (2018).

Vale ressaltar que uso de abordagens que colocam o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, com o professor atuando como intermediário, e relacionando

prática e teoria, têm se destacado por estimular competências socioemocionais como a autonomia, o engajamento e o pensamento crítico (Moran, 2015).

Esse tipo de abordagem, tem como principal objetivo despertar o interesse pela ciência, e promover o desenvolvimento de habilidades como raciocínio lógico, criatividade e resolução de problemas. Uma atividade que se encaixa, no formato de oficina pedagógica e merece destaque é a construção e lançamento de foguetes de garrafa PET, onde os estudantes têm contato direto com conceitos físicos e aplicação desses conceitos.

“Uma atividade que ficou conhecida pelos alunos de todo o Brasil foi o lançamento de foguetes confeccionados a partir de garrafas de polietileno tereftalato (PET). Essa popularização da atividade deve-se muito à Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG¹), que é um evento anual que ocorre dentro da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA) e é organizado pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), em parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB)” (Souza, 2022, pg. 2).

Essa atividade apesar de bastante difundida no Brasil nos últimos anos, ainda é uma novidade entre muitos alunos, principalmente de algumas regiões, e mesmo apesar de terem algum conhecimento sobre os conceitos físicos envolvidos, na prática ela ainda desperta sua curiosidade.

Dessa forma, utiliza-se oficinas por meio da construção e lançamento de foguetes, estimulando a participação efetiva dos alunos, a colaboração e a aplicação prática dos conteúdos, favorecendo a motivação e o engajamento na atividade, além de permitir que os conteúdos abstratos sejam estudados de forma prática e interdisciplinar, relacionando-os diretamente com a Matemática e a Química.

Diante disso, enxerga-se que esses recursos pedagógicos tornam o processo de ensino-aprendizagem uma troca de informações entre os estudantes e professores. Nesse sentido, as oficinas aplicadas exigem que o estudante interaja com situações desafiadoras, que mobilize seus conhecimentos para se desenvolver, e compreenda caminhos para discutir novas estratégias, especialmente na construção e lançamento de foguetes de garrafa PET, que podem potencializar o desenvolvimento de conhecimentos científicos.

Essas atividades proporcionam aos estudantes explorar os conceitos de maneira prática, buscando despertar o interesse e a curiosidade. Segundo Rocha (2024), esse tipo de estratégia permite que conceitos abstratos sejam entendidos de forma mais ampla, levando o estudante a compreender melhor os fenômenos naturais.

¹ Atualmente é denominada OBAFOG (Olimpíada Brasileira de Foguetes)

No desenvolvimento da atividade experimental com foguetes, no contexto escolar, pode-se tratá-la como proposta pedagógica para o ensino de Física, bem como apresentá-la como um projeto de Física, desenvolvido com base em metodologias ativas, voltado para popularização da Física. A experimentação de foguetes de garrafa PET, possibilita um amplo estudo de fenômenos físicos, ligados à construção, lançamento e voo do foguete, onde permite abordar conceitos como as Leis de Newton, Pressão, Hidrodinâmica e Aerodinâmica. Vale então destacar a importância de que:

“O experimento foguete de garrafa PET se configura como um instrumento de ensino-aprendizagem de vários fenômenos físicos; bem como é uma oportunidade de aperfeiçoar todo o aprendizado teórico do aluno com demonstrações práticas de baixo risco e acessíveis economicamente. Além do que, as atividades experimentais têm suma importância por permitir tratamento quantitativo e comparação de resultados” (Xavier, 2022, pg. 4).

Diante disso, “observando a importância das práticas experimentais e o foguete de garrafa PET, é perceptível a importância que este experimento pode ter no aprendizado de um aluno, especialmente o aluno mais desinteressado” (Xavier, 2022, p. 4); propondo assim, uma atividade lúdica e desafiadora, e que possa despertar o espírito investigativo e motivar a participação ativa dos estudantes.

A experimentação proposta na construção de foguetes de garrafa PET, que permite a participação na Olimpíada Brasileira de Foguetes (OBAFOG), evidencia-se como ferramenta didática promissora, permitindo aliar o alcance de competências científicas, socioemocionais e cognitivas, ao uso de materiais de baixo custo e fácil acesso.

Ao realizar as etapas de planejamento, montagem, experimentação e investigação, os estudantes exercitam habilidades como interpretação, resolução de problemas e trabalho em equipe, previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Além disso, a utilização de materiais recicláveis possibilita que a prática seja implementada em diferentes contextos escolares, mesmo com recursos financeiros limitados, tornando-a uma alternativa inclusiva.

Dentre as habilidades da BNCC, EM13CNT301² trata da interpretação de resultados experimentais e da resolução de problemas com base em fenômenos naturais e tecnológicos, propõe a criação de condições, como a utilização de atividades experimentais, para que os estudantes possam explorar os diferentes modos de pensar, e se apropriem da linguagem científica de teorias (BRASIL, 2017).

²(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Propor o desenvolvimento de competências científicas e socioemocionais é outro aspecto relevante da proposta de aplicação de oficinas, através da experimentação com foguetes de garrafa PET, alinhando-se às diretrizes que são propostas na habilidade (EM13CNT301) da Base Nacional Comum Curricular. As competências científicas como criação de hipóteses, interpretação e comunicação científica, além de habilidades socioemocionais como persistência e colaboração, são desenvolvidas dentro de atividades experimentais por meio da participação ativa dos estudantes. Para que essas competências sejam alcançadas, é preciso haver problemas reais onde os alunos possam ser desafiados a planejar, construir e testar hipóteses, e isso pode ser proposto na experimentação.

A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) e a Olimpíada Brasileira de Foguetes, exemplificam a integração entre teoria e prática, permitindo que os estudantes explorem os conteúdos de Física, de forma contextualizada e motivadora. Dessa maneira, evidencia-se a sua relevância no que se refere à construção de competências científicas, pois proporciona ao estudante aplicar teorias, investigar variáveis e interpretar resultados da atividade proposta (Krasilchik, 2018).

2.1 OBAFOG E AS COMPETIÇÕES DE FOGUETE DE GARRAFA PET

A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) é um evento de caráter científico e educacional, realizado anualmente desde 1998, sob a coordenação da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) em parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB). Seu objetivo central é estimular o interesse dos estudantes pela Astronomia, Astronáutica e áreas afins, promovendo a difusão do conhecimento científico e incentivando a participação dos jovens em atividades de investigação e experimentação (OBA, 2023).

Dentro dessa proposta da OBA, surgiu a Olimpíada Brasileira de Foguetes, uma atividade prática que se tornou popular nas escolas de todo o país que é uma competição de caráter experimental em que os alunos são desafiados a construir e lançar foguetes utilizando materiais de baixo custo e de fácil acesso, como tubos de papel, garrafas PET, potes de sorvete entre outros materiais, tendo como base conceitos de física, matemática e engenharia (SOUZA, 2022).

A competição da OBAFOG é dividida em diferentes níveis, sendo o nível 1 destinado aos alunos do 1º e 3º ano do Ensino Fundamental, nesse nível o foguete é construído pelos alunos a partir de um canudo de refrigerante que voará por simples impulso, a partir de uma base de lançamento construída com tubos de PVC (Polímero de Cloreto de Vinila) e comprimindo o ar com uma bomba de encher pneu de bicicleta.

Para o nível 2, destinado aos alunos do 4º e 5º ano do Ensino Fundamental, os foguetes são construídos pelos alunos a partir de um canudo de papel enrolado em um cano de PVC de 20 mm de diâmetro e 40 cm de comprimento. O foguete voará por simples impulso como ocorre no lançamento do nível 1.

No nível 3, destinado aos alunos do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, os foguetes devem ser construídos a partir de duas ou mais garrafas PET, de qualquer volume, e terá como combustível somente água e ar comprimido injetado por uma bomba manual de encher pneu de bicicleta. A bomba de pressurização não pode ser elétrica e só pode ser manuseada pelos próprios alunos da equipe.

No nível 4, destinado aos alunos do Ensino Médio e Superior, o foguete deve ser construído a partir de duas ou mais garrafas pets de qualquer volume, conter aletas e ogiva, que podem ser feitas de qualquer material que seja resistente, para o lançamento do foguete, este ficará preso numa base de lançamento que está presa no chão e terá como combustível, apenas a reação de vinagre com concentração de 4% de ácido acético e bicarbonato de sódio.

O nível 5 é destinado aos alunos do Ensino Médio e Superior, porém, o foguete utiliza um motor de propelente sólido e, com regras de segurança mais intensificadas, pois o seu acionamento deve ser através de fósforo elétrico.

No nível 6 podem participar alunos do 6º a 9º do Ensino Fundamental, Ensino Médio e Superior. O foguete pode ser constituído com qualquer formato, com garrafas PETs de diferentes volumes, porém é obrigatório a utilização de dois estágios, podendo utilizar os métodos de propulsão dos níveis 3 ou 4 ou somente com ar comprimido.

A atividade, além de competitiva, possui caráter pedagógico, pois estimula a aplicação prática de conceitos como movimento de projéteis, lei da ação e reação, conservação de energia entre outros conceitos.

Outra competição que vem ganhando importância no cenário nacional é a Copa de Foguetes, que nasceu em 2023, e teve sua primeira edição realizada na cidade de Sorocaba,

reunindo cerca de 700 pessoas que prestigiaram as 114 equipes de São Paulo, promovida pela Estelar Educacional que é um projeto de educação espacial brasileiro que visa popularizar o ensino da ciência no setor aeroespacial, utilizando o nome como inspiração para o aprendizado sobre o espaço. Posteriormente eles evoluíram para competições regionais e nacionais, como a Copa Sudeste, Copa Nordeste e a Copa Centro-Oeste. Esses eventos que têm objetivos parecidos com a OBAFOG, que visa despertar o interesse pela ciência e pela tecnologia aeroespacial, além de desenvolver o espírito de equipe e despertar o interesse dos jovens pelo setor aeroespacial, resultando em um evento educativo, inovador e desafiador, onde alunos do ensino fundamental e médio constroem e lançam foguetes feitos de garrafa PET, sendo um para a propulsão de água e ar comprimido e outro utilizando a reação de vinagre e bicarbonato de sódio.

Essas competições configuram-se como ferramentas didáticas significativas, que integram a criatividade, trabalho em equipe, resolução de problemas práticos e o contato direto com fenômenos físicos, favorecendo o desenvolvimento da aprendizagem por meio da experimentação.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida através de oficinas pedagógicas, voltadas à construção e lançamento de foguetes de garrafa PET no IFPB (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba) / Campus Campina Grande, por discentes da Licenciatura em Física que participam do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID).

A oficina de construção de foguetes de garrafa PET contou com a participação de 56 alunos do ensino médio, que se dividiram em 21 equipes. Cada grupo, formado por até três estudantes, foi responsável por projetar, construir e lançar seu próprio foguete. O objetivo das oficinas era de promover o conhecimento em física e estimular o trabalho em equipe, a criatividade e a resolução de problemas de forma prática e lúdica.

O desenvolvimento do projeto foi dividido em cinco etapas principais: inscrição e divulgação; investigação prévia; oficinas para construção de foguetes, lançamento dos foguetes e uma de investigação conclusiva.

Etapa 1 - Inscrição e Divulgação

Essa etapa foi a realização da divulgação e inscrições, através de um site, onde os alunos preencheram as informações referentes às equipes, e já obtinham a descrição do funcionamento do evento e um espaço para responder às principais dúvidas dos participantes para que os alunos tivessem acesso às informações da atividade.

Etapa 2 - Investigação Prévia

A próxima etapa foi aplicada através de um questionário (Apêndice A) com conceitos teóricos discutidos nas oficinas, além da compreensão da motivação para participação no evento.

Etapa 3 - Oficinas para Construção dos Foguetes

Na terceira etapa, foram realizados dois dias de oficinas de construção dos foguetes, cada uma delas com três horas de duração, nos turnos da manhã e tarde. No início de cada oficina, realizou-se uma introdução teórica abordando os conceitos de Física envolvidos na

atividade, como pressão, hidrodinâmica, terceira lei de Newton, aerodinâmica e movimento balístico.

Essa etapa teve como objetivo conectar os conteúdos teóricos à prática que seriam desenvolvidos durante a construção e lançamento dos foguetes. Em seguida, apresentou-se os componentes estruturais do foguete como a coifa, aletas e o corpo³ e o uso do software *OpenRocket*⁴ (Apêndice B) para projetar o modelo dos foguetes.

Para a confecção dos foguetes, os materiais utilizados foram garrafas PET, potes de sorvete, pastas A4, cola instantânea, fita isolante e tesoura.

Etapa 4 - Lançamentos dos Foguetes

A atividade de lançamento de foguetes, que aconteceu no campo de futebol do IFPB / Campus Campina Grande, contou com a participação de estudantes do curso de Física e membros do PIBID do subnúcleo do campus que, inicialmente, construíram as bases de lançamento e, posteriormente auxiliaram nos lançamentos dos foguetes.

Essa etapa ocorreu durante dois dias, onde os fogueteiros lançaram seus foguetes que foram impulsionados por uma reação química usando vinagre e bicarbonato de sódio.

Etapa 5 - Investigação Conclusiva

Nesta última etapa (Apêndice C e D), houve a aplicação de um questionário com as equipes selecionadas para as competições, analisando as competências desenvolvidas durante as oficinas, lançamentos e competições nacionais, envolvendo outras instituições educacionais de estados diferentes.

Tabela 1 - Desenvolvimento do Projeto por Etapas

Etapas	Atividade desenvolvida
Primeira etapa - Divulgação e inscrição	Desenvolvimento da Programação do site de inscrição e disponibilização do site de inscrições, e o design e cartazes para divulgação no Campus.

³ A coifa é responsável pela aerodinâmica, enquanto as aletas mantém a estabilidade, reduzindo os desvios.

⁴ OpenRocket é um software gratuito e de código aberto desenvolvido para o projeto e simulação de foguetes de pequeno porte, como os de garrafa PET ou de modelismo.

Segunda etapa - Investigação Prévia	Aplicação do questionário de conhecimento prévio, para preparação dos conceitos teóricos que serão usados nas oficinas.
Terceira etapa - Oficinas para construção dos Foguetes	Aplicação das oficinas de construção, instrução de conceitos teóricos, descrição de componentes e uso do software e montagem dos foguetes.
Quarta etapa - Lançamento dos Foguetes	Distribuição do combustível e Lançamento dos foguetes dos foguetes.
Quinta etapa - Investigação Conclusiva	Aplicação de questionários após a participação nas competições (Copa Nordeste e Jornada de Foguetes) para análise das competências desenvolvidas.

Fonte - o próprio autor, 2025.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira etapa, inscrição e divulgação, foi construído um *site* (figura 3) para organização e o gerenciamento das equipes, com um formato atraente possibilitando um maior interesse e acessibilidade às informações da atividade. Já a divulgação ocorreu por meio de cartazes e comunicação direta em sala de aula, sendo possível despertar a curiosidade e o desejo dos estudantes em participar da atividade.

Figura 1 - site (a) painel administrativo e (b) página das inscrições



Fonte: A autora (2025).

Na etapa seguinte foi aplicado um questionário de investigação prévia para analisar o nível de conhecimento dos alunos em relação aos conceitos de Física envolvidos na atividade, assim como quais as motivações que os levaram a se inscrever nas oficinas. Com isso, observou-se não apenas um diagnóstico inicial, mas também a possibilidade de adaptar as oficinas de acordo com as necessidades reais dos participantes.

Para o primeiro questionamento, verificou-se a motivação pela qual os estudantes participaram da atividade (gráfico 1).

Gráfico 1 - motivação para participação



Fonte: A autora (2025).

Percebe-se que o maior percentual de respostas dadas para a motivação que levou a participação, está ligado ao interesse na área de astronomia, embora na instituição não se tenha atividades relacionadas ao tema.

No segundo questionamento, verificou-se sobre o conhecimento dos participantes sobre pressão interna de um gás (gráfico 2). É necessário que os alunos tenham um conhecimento sobre esse assunto para compreenderem que durante a reação química do combustível a pressão interna do foguete aumenta e, como prevenção, deve-se observar o limite que uma garrafa PET suporta.

Gráfico 2 - conhecimento de Pressão Interna



Fonte: A autora (2025).

Pode-se observar no Gráfico 2, que a maioria daqueles que responderam disseram saber algo sobre o assunto de Pressão interna, embora não tenham estudado nas aulas. Esse assunto é abordado nas aulas de Física do 2º ano do Ensino Médio no conteúdo programático de Termodinâmica, porém, também é estudado em Química ou em algumas disciplinas técnicas.

No terceiro questionamento, observou-se o conhecimento sobre centro de massa e gravidade (gráfico 3). Esse tema é importante e está conectado ao centro de pressão, pois a relação entre os dois influenciam na altura alcançada pelo foguete e, consequentemente ao alcance, sendo responsáveis pela estabilidade do foguete, juntamente com as aletas.

Gráfico 3 - conhecimento sobre Centro de massa e gravidade

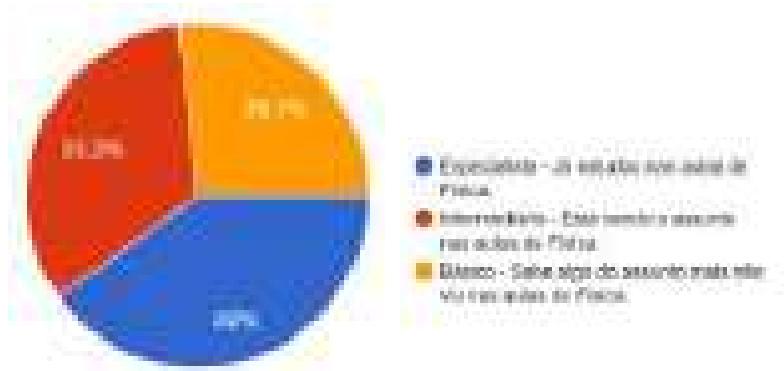


Fonte: A autora (2025).

É possível verificar no Gráfico 3, que o maior percentual indica o nível intermediário de conhecimento do assunto, pois apesar de já terem estudado não haviam aplicado. O assunto sobre gravidade é estudado no Física do 1º ano do Ensino Médio durante as abordagens de Queda Livre e Lançamentos Verticais.

No questionamento seguinte, observou-se o conhecimento dos participantes sobre a 3º Lei de Newton (gráfico 4). Princípio necessário para estimar o quantitativo de combustível necessário para que o foguete atinja grande alcance.

Gráfico 4 - conhecimento de 3º Lei de Newton



Fonte: A autora (2025).

Vê-se que o maior percentual de participantes já havia estudado sobre a 3º Lei de Newton e, aqueles que não haviam estudado foi o menor percentual. Esse assunto é abordado nas aulas de Física do 1º ano do Ensino Médio no conteúdo sobre Dinâmica, e a maioria dos alunos estão em séries mais avançadas (2º ou 3º ano do Ensino Médio).

Para o quinto questionamento, pode-se observar o conhecimento dos participantes sobre o Empuxo (gráfico 5). É importante compreender o empuxo, pois ajuda no design do

foguete, em como equilibrar massa, volume e aerodinâmica para que ele suba o máximo possível.

Gráfico 5 - conhecimento sobre Empuxo



Fonte: A autora (2025).

No Gráfico 5, o questionamento do conhecimento sobre Empuxo mostrou que o maior percentual de participantes tinham um conhecimento básico e não estudaram esse assunto nas aulas. Esse conteúdo é estudado em outras disciplinas, principalmente nos cursos técnicos, embora se possa estudar no conteúdo de Hidrostática.

No sexto questionamento, verificou-se o conhecimento dos participantes sobre Reação química (gráfico 6). Este item é necessário pois os estudantes precisam compreender como ocorre o processo no interior do foguete ao misturar vinagre e bicarbonato de sódio e, consequentemente, o quantitativo ideal para que a reação seja completa.

Gráfico 6 - conhecimento sobre Reação Química



Fonte: A autora (2025).

Observa-se no Gráfico 6, que o maior número de participantes comprehende algo sobre o assunto de forma básica, mas não viram nas aulas de Física, pois esse assunto é ensinado nas aulas de Química do 1º ano do Ensino Médio.

No último questionamento, observou-se o nível de conhecimento dos participantes sobre aerodinâmica (gráfico 7). A importância desse estudo diz respeito a harmonia entre o conjunto formado pela ogiva e as aletas dos foguetes, para que se tenha mais estabilidade no voo e um deslocamento maior mantendo a trajetória.

Gráfico 7 - conhecimento sobre aerodinâmica



Fonte: A autora (2025).

Verifica-se no Gráfico 7 que o maior percentual dos participantes conhece o conteúdo sobre aerodinâmica de forma básica, possivelmente através de estudos fora da escola. Porém 33,3% não possuem conhecimentos sobre o tema. Esse assunto não é estudado nas disciplinas regulares do Ensino Médio, embora sejam necessários para a compreensão de aplicações que envolvam Física e o movimento relativo entre corpos e os fluidos.

Na terceira etapa foram realizadas oficinas de construção dos foguetes de garrafa PET (figura 4) com o objetivo de integração entre as teorias, abordadas nos questionamentos prévios (etapa anterior), e a prática com a construção dos foguetes de garrafa PET, como os componentes do foguete (corpo, ogiva e aletas).

Figura 2 - Oficinas de Construção de Foguetes

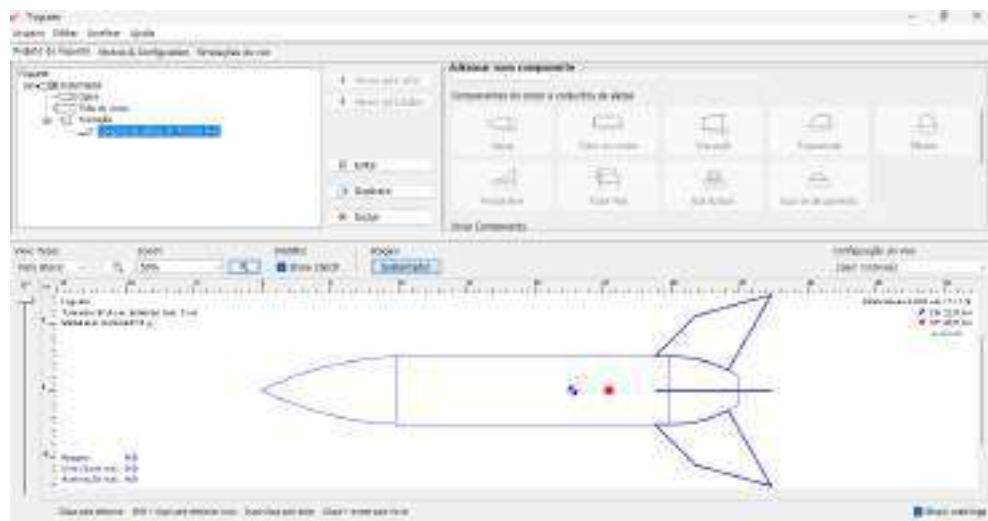


Fonte: A autora (2025).

Essa etapa de oficinas para a construção dos foguetes é focada em gerar uma compreensão do estudante, tanto no aspecto dos fenômenos envolvidos na aplicação, quanto no que ele precisa aplicar na construção do seu foguete, para que este tenha um bom desempenho.

A introdução conceitual aliada ao uso de ferramentas como o software *OpenRocket* (figura 5), ampliam a compreensão dos alunos sobre os princípios físicos aplicados ao experimento. O processo de construção promoveu o desenvolvimento da autonomia, trabalho em equipe, criatividade e capacidade de resolução de problemas.

Figura 3 - software OpenRocket



Fonte: A autora (2025).

OpenRocket é um software que permite simular o modelismo de foguetes, de forma gratuita, podendo projetar e simular foguetes virtualmente antes de construí-los, podendo-se analisar a estabilidade do voo através das dimensões do foguetes, da coifa e das aletas e,

alterando-se esses parâmetros é possível determinar o centro de gravidade (CG) e centro de pressão (CP), oferecendo uma visualização 3D dos componentes e simulações de voo.

Após a modelagem e construção dos foguetes de garrafa PET os discentes iniciaram a etapa de lançamento dos foguetes, para isso foi disponibilizada bases de lançamento e o material para o combustível, vinagre e bicarbonato de sódio, e as bexigas para armazenamento do vinagre, assim, evita-se que ocorra a reação entre os dois produtos antes do acoplamento do foguete na base de lançamento.

Nos lançamentos (figura 6), observou-se o aspecto lúdico e motivador, onde os alunos conseguiram aplicar os conceitos estudados, analisando o desempenho dos foguetes e relacionando-o com variáveis como pressão, aerodinâmica e estabilidade.

Figura 4 - Lançamento dos Foguetes



Fonte: A autora (2025).

Observa-se que os materiais disponibilizados são de baixo custo, sendo a base de lançamento dos foguetes composto por canos de PVC ou ainda com madeira para se obter mais apoio no momento dos lançamentos.

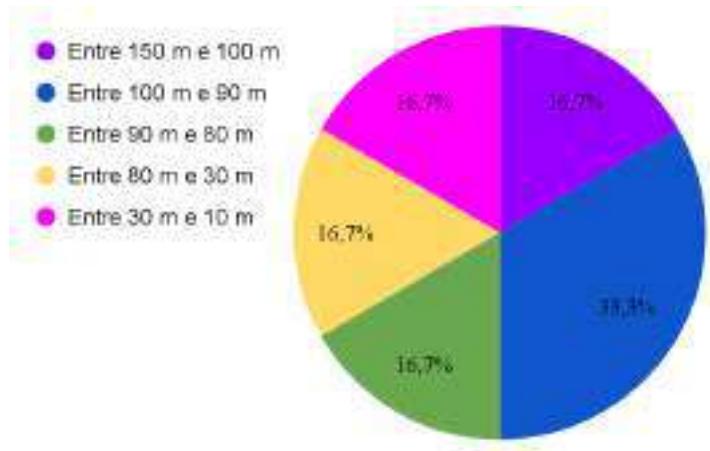
A reação química ocorre entre o ácido acético (CH_3COOH), contido no vinagre e o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) que diluído, produz o dióxido de carbono (CO_2), representado pela relação $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, aumentando-se a pressão no interior do foguete e, ao liberar o foguete, verifica-se que a propulsão do foguete ocorre pela expulsão de gases em alta velocidade para trás.

Os resultados obtidos nas medições de alcance permitiram que as equipes refletissem sobre os acertos e limitações de seus protótipos, promovendo um processo de investigação

científica em pequena escala e, com isso, buscam uma melhoria nos foguetes para que sejam lançados novamente.

No gráfico 8 são apresentados os resultados dos lançamentos das equipes, sendo que a meta estabelecida pela OBAFOG é de 100m para classificação e participação na Jornada de Foguetes, sendo esse alcance atingido por 50% das equipes.

Gráfico 8 - Resultado do Lançamento de Foguetes



Fonte: A autora (2025).

A partir desses resultados foram selecionadas quatro equipes que atingiram os maiores alcances para participarem de competições oficiais, como a Jornada de Foguetes e a Copa Nordeste de Foguetes.

Para a Jornada de Foguetes, realizada na cidade de Barra do Piraí/RJ, foram convidadas as equipes Rocket Elysium e N.A.R.V.I.S. Essa competição concentra uma variedade de atividades dentro de sua programação, além dos lançamentos que são realizados pelas equipes. São promovidas palestras e oficinas de foguetes nos níveis 2, que utiliza-se papel, sendo impulsionado por ar comprimido, e nível 5, que utiliza cano de PVC, sendo impulsionado por motor de propelente sólido.

Na Copa Nordeste de Foguetes, realizada na cidade de Maceió/AL, foram convidadas as equipes Karineticos e Constelação NIA. Nessa competição, as equipes apresentam os foguetes e as bases em uma Feira de Foguetes. Este é um momento de interação entre as equipes onde são compartilhadas as inovações dos projetos elaborados por cada equipe, promovendo assim uma troca de experiências entre todos.

Figura 5 - Lançamentos na Copa Nordeste de Foguetes



Fonte: Copa Nordeste de Foguetes (2025)

A última etapa foi a investigação conclusiva, aplicando um questionário para as duas equipes que participaram da Copa Nordeste de Foguetes (C1 e C2) e Jornada de Foguetes (J1 e J2), sendo constatada as seguintes competências, segundo os próprios alunos: engajamento, autonomia, cooperação e senso crítico, além de verificar como os estudantes perceberam sua participação em uma competição oficial.

1 - No seu ponto de vista, as atividades realizadas no IFPB-CG de oficinas e lançamentos contribuíram para seu desenvolvimento sobre foguetes de garrafa PET?

Equipe C1 : Sim. A experiência me mostrou um campo mais amplo e inovador dessa atividade.

Equipe C2 : Sim, eu e minha equipe adquirimos mais conhecimento sobre a reação química envolvida no processo, aerodinâmica e outros conceitos importantes.

Equipe J1 : Sim. As oficinas e os lançamentos foram fundamentais para compreender na prática conceitos de pressão, aerodinâmica. Pude aplicar o que aprendi em sala e entender melhor como pequenos ajustes influenciam o desempenho do foguete.

Equipe J2 : Sim, principalmente a respeito do desenvolvimento de conhecimentos a respeito de áreas tais quais o estudo da aerodinâmica.

As respostas dos estudantes mostram que as atividades de oficinas e lançamentos de foguetes contribuíram para se adquirir conhecimento sobre os conceitos envolvidos na construção de foguetes, com destaque para a reação química que ocorre entre o vinagre e o bicarbonato de sódio e a aerodinâmica do foguete, que influencia no desempenho do voo do

foguete de garrafa PET. Os alunos relataram a aquisição de conhecimentos fundamentais e práticos para a engenharia de foguetes. Essa aplicação foi essencial para que uma das equipes conseguisse traduzir o aprendizado de sala de aula para a realidade do projeto, evidenciando a eficácia da metodologia ativa empregada.

2- O conhecimento adquirido durante essas atividades foi suficiente para conseguir construir e lançar seus foguetes participando da Copa Nordeste ou da Jornada de Foguetes?

Equipe C1 : Sim! Os ensinamentos repassados e as ajudas durante as confecções contribuíram para a participação da Copa Nordeste.

Equipe C2 : Sim, nos guiaram como uma bússola.

Equipe J1 : Sim, todas as oficinas nos permitiram entender sobre os foguetes de nível 4.

Equipe J2 : Sim, pois a oficina nos fez aprender, pensar e corrigir erros visíveis e teóricos que foram aparecendo durante os lançamentos de testes e no projeto do foguete.

Na segunda pergunta, os alunos apontaram que aquilo que aprenderam dentro das oficinas, foi suficiente para capacitar as equipes a construir e lançar seus foguetes em competições, sendo capazes de corrigir pequenos erros, pensar sobre o problema e traçar ajustes, demonstrando capacidade de auto-avaliação e correção de erros.

3- Sua participação na Copa Nordeste ou na Jornada de Foguetes foi uma experiência que estava dentro das suas expectativas para a competição?

Equipe C1 : Elas atingiram as minhas expectativas! A competição é muito acirrada, mas mantive as minhas expectativas em pé.

Equipe C2 : Não totalmente, por não conseguirmos atingir o resultado esperado.

Equipe J1 : Sim, apesar de não irmos tão bem quanto esperávamos, ainda estava dentro das expectativas.

Equipe J2 : Sim, superou minhas expectativas. A experiência foi empolgante e educativa, com um clima de cooperação e aprendizado entre as equipes.

As expectativas dos alunos foram diferentes acerca das competições, alguns que mesmo sem irem tão bem e atingirem grandes alcances tinham expectativas boas sobre a participação nessas competições. Uma das equipes teve suas expectativas superadas, sendo empolgante e

educativa, pois vivenciou uma competição pela primeira vez, demonstrando que, mesmo em um ambiente acirrado, o valor da participação na competição reside tanto no desempenho quanto na experiência socioeducacional proporcionada.

4- Qual sua opinião sobre a Copa Nordeste ou na Jornada de Foguetes, e como foi essa experiência em uma competição oficial?

Equipe C1 : A Copa Nordeste é um evento que abrange um mundo de conhecimentos e inovações além do inimaginável, proporcionando uma experiência competitiva e animada, também proporciona a troca de conhecimentos entre os participantes de diferentes estados, contribuindo para uma interação amigável entre os competidores.

Equipe C2 : Experiência única e divertida. Ter tido a chance de viajar para outra região, a fim de competir foi realmente algo impactante e emocionante.

Equipe J1 : A experiência foi ótima, pois nos permitiu entender como uma competição desse calibre funcionava. Além de muito divertido entender como os foguetes funcionam e lançá-los.

Equipe J2 : Foi uma experiência incrível e muito enriquecedora. Participar de uma competição oficial trouxe um sentimento de desafio e superação, além de despertar mais interesse por ciência e tecnologia.

Os alunos apontam o quanto essa experiência foi incrível, divertida e enriquecedora. As equipes reconheceram o evento como um ambiente de conhecimentos e inovações que vai além da simples disputa, sendo um ambiente de intercâmbio e interação amigável entre participantes de diferentes estados.

5- Qual sua maior dificuldade na participação da Copa Nordeste ou na Jornada de Foguetes com relação aos foguetes e aos lançamentos?

Equipe C1 : Acredito que a questão da organização e averiguação de cada processo que iria ocorrer durante o lançamento. Se não revisar algumas questões do foguete ou da base, o lançamento não dará certo.

Equipe C2 : Tratar vazamentos. Material, formato e tamanho de alguns componentes e o peso.

Equipe J1 : Construção da base e os cálculos para entendimento do foguete.

Equipe J2 : A principal dificuldade foi ajustar a pressão correta e o equilíbrio do foguete para

alcançar maior alcance sem perder estabilidade. Também exigiu muita coordenação entre os colegas no momento do lançamento.

As maiores dificuldades encontradas pelas equipes concentraram-se em desafios técnicos e de gestão de processos inerentes à Engenharia. Os problemas técnicos centrais envolveram o ajuste em tratar vazamentos, pressão correta e o equilíbrio do foguete para maximizar o alcance sem perder a estabilidade. Do ponto de vista da execução e construção, as equipes citaram a dificuldade na construção da base, além da necessidade de organização rigorosa e averiguação de cada processo, indicando que falhas de gestão podem comprometer todo o projeto.

6- Como essa atividade com os foguetes de garrafa PET, contribuiu para seu desenvolvimento de trabalho em equipe?

Equipe C1 : Proporcionou uma melhor comunicação! Proporcionou uma visão sobre as tentativas. Não podemos desistir ou achar que tudo dará errado na primeira tentativa, devemos continuar e manter a cabeça erguida!

Equipe C2 : Contribuição significante. Ao trabalhar em equipe, cada um teve consciência da sua função e da importância de seu posto, ajustando até mesmo sua rotina para se dedicar e trazer o melhor para o time.

Equipe J1 : De grande valia, tanto pelo aspecto do desenvolvimento do trabalho em equipe, quanto na validação do trabalho pelos resultados obtidos.

Equipe J2 : A atividade com os foguetes de garrafa PET contribuiu muito para o desenvolvimento do trabalho em equipe, especialmente no pensamento compartilhado. Durante o processo, foi possível trocar sugestões para melhorar os projetos, identificar e corrigir possíveis erros que um integrante percebia e o outro não havia notado. Além disso, ao rever os vídeos dos lançamentos, conseguimos analisar juntos os detalhes e pensar em formas de aperfeiçoar o desempenho do foguete.

A atividade com foguetes de PET contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento do trabalho em equipe, promovendo a comunicação efetiva e a consciência de papéis. As equipes reportaram que o projeto estimulou a divisão clara de funções e a necessidade de pensamento compartilhado, onde os colegas trocavam sugestões e realizavam análises conjuntas. A experiência também serviu para fortalecer a equipe, ensinando os membros a não desistir na primeira tentativa e a manter o foco coletivo, validando a

importância do esforço mútuo para a obtenção de resultados.

7- A atividades com os foguetes de garrafa PET, de alguma forma desenvolveu seu pensamento crítico ou a capacidade de solucionar problemas?

Equipe C1 : Sim! Caso alguma coisa acabe dando errado ou não ocorra da maneira como havíamos pensado, devemos procurar solucionar esse problema pensando em todas as possibilidades que podem dar certo ou não.

Equipe C2 : Sim, até mesmo na preparação para competição foram desenvolvidas soluções para vários problemas que tivemos, uma delas foi construir uma base de lançamento que fosse bonita e compacta. Conseguimos esse feito.

Equipe J1 : Sim, pois diversas vezes encontramos problemas que tínhamos que solucionar de maneira eficiente.

Equipe J2 : Sim, a atividade com os foguetes de garrafa PET desenvolveu muito meu pensamento crítico e minha capacidade de solucionar problemas. Aprendi a identificar erros e buscar formas de corrigi-los, além de compreender melhor conceitos de aerodinâmica. Isso permitiu que minha equipe discutisse diversos aspectos importantes, o que foi essencial para melhorar tanto a base quanto os foguetes.

Os alunos concordaram que essa atividade desenvolve o senso crítico e sua capacidade de solucionar problemas, eles são levados a criar hipóteses, buscar soluções e planejar novas intervenções nos seus projetos. A atividade abre esse espaço para que as competências surjam a partir da necessidade dos alunos, o que para eles é motivador pois atuam de maneira livre, estimulando seu desenvolvimento e o aprendizado.

5. CONCLUSÃO

O ensino de Física através das oficinas pedagógicas, aliadas ao uso da experimentação na construção e lançamento de foguetes de garrafa PET, tornou-se mais estimulante para os alunos proporcionando uma compreensão prática e contextualizada dos conceitos teóricos.

A aplicação dessa atividade revelou um desenvolvimento contínuo dos estudantes ao longo do processo e, a cada etapa eles foram desafiados a aplicar e aprimorar os conhecimentos adquiridos anteriormente, inserindo-os em um aprendizado progressivo e prático.

Os resultados foram satisfatórios, tanto para a apropriação de conhecimentos científicos quanto para o desenvolvimento prático de competências científicas. A proposta pedagógica, que alia experimentação, investigação e participação ativa dos estudantes, gerou maior engajamento e interesse, indicando que essa abordagem prática e contextualizada pode favorecer uma aprendizagem mais significativa.

Essas atividades demonstraram ser uma experiência enriquecedora de iniciação científica, motivando os alunos para futuras ações. Observou-se que a participação desses estudantes em competições pode, inclusive, incentivar outros estudantes a aderirem à proposta, ampliando o interesse pela ciência.

Participar das atividades de construção e lançamento de foguetes é uma experiência transformadora, tanto como aluna, quanto com olhar profissional. Colaborar com o desenvolvimento dos alunos em uma atividade que desperta o interesse e a motivação me fez enxergar nessa proposta uma nova e significativa forma de ensinar. A prática revelou-se uma oportunidade valiosa para aproximar o conhecimento científico desenvolvido nas oficinas, a realidade vivenciada pelos estudantes, tornando o aprendizado mais dinâmico, participativo e prazeroso.

Enquanto parte de uma equipe, somos constantemente desafiados a evoluir, aprender e contribuir da melhor forma possível para alcançar os melhores resultados. Vivenciar todo o processo, desde a idealização até o lançamento dos foguetes, proporcionou amplas experiências que vão além da teoria.

As competições, por sua vez, representaram momentos de intenso aprendizado e amadurecimento. Elas me permitiram compreender que mais importante do que competir é

aprender, trocar experiências e aproveitar ao máximo cada oportunidade. Essa vivência reforçou a importância das atividades práticas e colaborativas, mostrando que é possível ensinar de forma envolvente, significativa e transformadora.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.; TEIXEIRA, R. R. P. Oficinas de experimentos de baixo custo no ensino de física. Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) 2017. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0506-1.pdf>> Acesso em 22 ago. 2025.
- AUSUBEL, David Paul. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 1980.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em <<https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>> Acesso em 20 ago. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular, Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018.
- CANALLE, J.B.G., REIS NETO, E., NASCIMENTO, J.O., KLAFKE, J.C., CARAVIELLO, T.P., ROJAS, G.A., PESSOA FILHO, J.B., DIAZ, M., Resultados da XVI Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica, disponível em <http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/downloads/Relatorio%20da%2025%20OBA%20-%202022.pdf> 2022.
- DARROZ, L. M. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. Revista Espaço Pedagógico, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 576-580, 2018. DOI: 10.5335/rep.v25i2.8180. Disponível em: <<https://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/8180>> Acesso em: 10 ago. 2025.
- FREIRE, Paulo. Pedagogia da Autonomia. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.
- LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. Caderno Brasileiro De Ensino De Física, 383–405. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6268>, 2006. Acesso em: 04 ago. 2025.
- LAPOLLI, Emerson Luiz; COELHO, Sara E. Desenvolvimento de modelo teórico para a pressão em garrafas PET, devido à reação entre vinagre e bicarbonato de sódio. Anais da Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI), v. 1, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.31692/micti.v1i1.1801>>. Acesso em: 07 de ago. 2025.

MORAN, José Manuel. Mudando a educação com metodologias ativas. Tradução . Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2015. Acesso em: 29 set. 2025.

MOREIRA, Marco Antônio e MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo, SP: Centauro, 2009. Acesso em: 09 ago. 2025.

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA (OBA). Regulamento da OBA e da Mostra Brasileira de Foguetes – MOBFOG. [S. l.], 2023. Disponível em: <<http://www.oba.org.br>> Acesso em: 10 set. 2025.

OLIVEIRA, Hebio Junior Bezerra de. Dinâmica de foguetes com propulsão a água e ar comprimido. Caruaru: O Autor, 2015.

OLIVEIRA, Sebastião Luiz de. Lançamento de projéteis e aprendizagem baseada em projetos como elementos estimuladores da alfabetização científica em alunos do ensino médio. Volta Redonda, 2019.

PAVIANI, N. M. S. e FONTANA N. M. Oficinas pedagógicas: relato de uma experiência. *Conjecturas*, v. 14, n. 2, maio/ago. 2009.

ROCHA, Maria Gertrudes da. O ensino da Terceira Lei de Newton a partir de uma oficina de construção de foguetes [manuscrito] / Maria Gertrudes da Rocha - 2024.

SOUZA, Gustavo Fontoura. Atividade didática de análise do lançamento de foguete de garrafa PET utilizando processamento digital de imagens. *Holos*, v. 4, 2022. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS>. Acesso em: 10 abr. 2025.

SOUZA, Patrícia Pereira de. Experimentação com foguetes de garrafa PET: uma proposta para o ensino de Física. Patrícia Pereira de Souza. – Diadema, 2025.

XAVIER, A. P. *et al.* Foguete de garrafa PET como ferramenta para o ensino de Física. Revista Multidisciplinar do Vale do Jequitinhonha – *ReviVale*, v. 2, n. 1, 29 jun. 2022. Disponível em: <https://revistarevivale.ufvjm.edu.br/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE INVESTIGAÇÃO PRÉVIA

Questionário Prévio - OBAFOG

Esse questionário prévio faz parte da pesquisa para trabalho de conclusão de curso, e todas as respostas farão parte dos resultados do trabalho. As perguntas aqui feitas serão relacionadas a tópicos de Física e a Construção e o Lançamento dos Foguetes.

1. Nome do Aluno: _____

2. Qual equipe da OBAFOG? _____

3. Qual nível de conhecimento sobre Pressão Interna?*

- Especialista - Já estudou nas aulas de Física.
- Intermediário - Está vendo o assunto nas aulas de Física.
- Básico - Sabe algo do assunto mas não viu nas aulas de Física.

4. Qual nível de conhecimento sobre a Terceira Lei de Newton?*

- Especialista - Já estudou nas aulas de Física.
- Intermediário - Está vendo o assunto nas aulas de Física.
- Básico - Sabe algo do assunto mas não viu nas aulas de Física.

5. Qual nível de conhecimento sobre o Empuxo?*

- Especialista - Já estudou nas aulas de Física.
- Intermediário - Está vendo o assunto nas aulas de Física.
- Básico - Sabe algo do assunto mas não viu nas aulas de Física.

6. Qual nível de conhecimento sobre Reação Química?*

- Especialista - Já estudou nas aulas de Química e sabe calcular estequiometria.
- Intermediário - Está vendo o assunto nas aulas de química e ainda não usou estequiometria.
- Básico - Sabe algo do assunto mas não viu nas aulas de Química.

7. Qual nível de conhecimento sobre Aerodinâmica?*

- Intermediário - Já realizou atividades relacionadas ao tema.
- Básico - Já teve contato com o tema mas não realizou atividades.
- Nenhum - Não viu nada sobre o tema.

8. Caso tenha realizado alguma atividade que exigiu experiência com aerodinâmica, cite qual? *

9. Qual a motivação que levou a participar da OBAFOG?*

- Para buscar um novo aprendizado.
- Por gostar de Física ou alguma área de Ciências.
- Por interesse na área de Astronomia.
- Por gostar de competições e olimpíadas.

10. Qual nível de conhecimento sobre Centro de massa e Centro de gravidade? *

- Especialista - Já estudou e fez aplicação do assunto.
- Intermediário - Já estudou o assunto mas não aplicou .
- Básico - Não viu o assunto.

APÊNDICE B – ROTEIRO DE USO DO OPENROCKET

Sabemos o quanto é difícil para os iniciantes começar a montar seus foguetes do zero, apenas com algumas instruções, por esse motivo surgiu a ideia de produzir esse roteiro que servirá de guia para aqueles que desejam trabalhar com o Openrocket. O que é o Openrocket? É um software gratuito feito para realizar projetos de foguetes que usam motores de propelente sólido, onde é possível realizar simulações, e realizar vários testes para obter um bom lançamento e de forma segura.

Ele oferece uma variedade de recursos para auxiliar os usuários com seus projetos, o software também possibilita realizar um bom foguete na teoria, facilitando e economizando um trabalho manual. Utilizaremos os principais componentes para construir o foguete que pode ser usado na OBAFOG, um foguete é constituído por uma coifa, tudo do corpo, gargalo da garrafa e aletas.

Materiais necessários Para o Foguete

Garrafa pet (de sua preferência) nesse caso vamos utilizar garrafa de coca-cola

Garrafa pet para a coifa (de sua preferência) nesse caso foi utilizado foi de coca-cola

Material para as aletas (de sua preferência) pode ser pote de sorvete.

Durepoxi para fazer a o bico da coifa

Gabarito para colagens das aletas

Cola instantânea

Procedimentos para Projeto no *Openrocket*

Para começar acesse <https://openrocket.info/> procure o download compatível e baixe. Ao abrir terá essa interface, e poderá dar seguimento aos procedimentos.

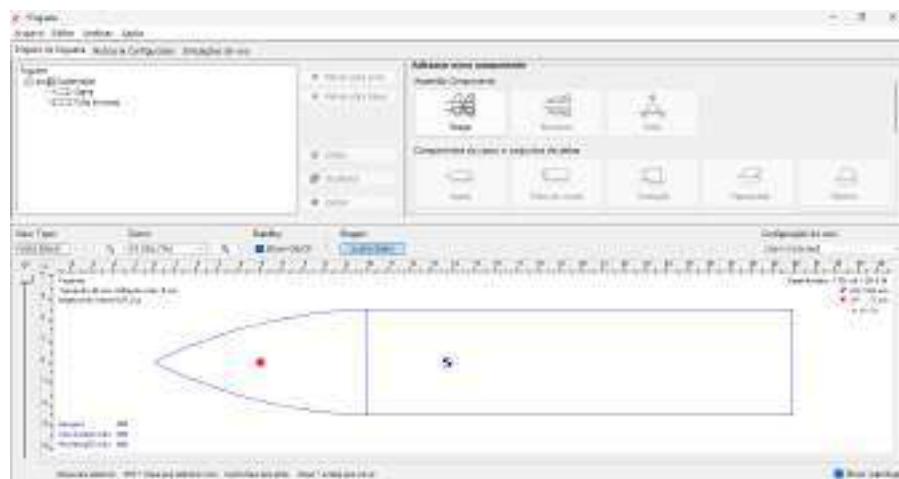
Figura 1 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025)

Iremos começar pela ponta do foguete onde utilizamos o componente **ogiva** (bico do foguete) do openrocket e o **tudo de corpo** (a garrafa pet).

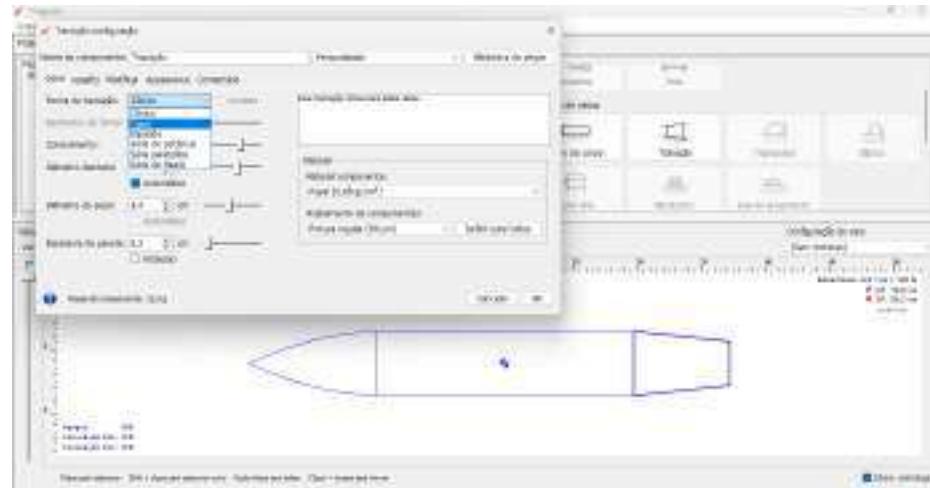
Figura 2 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025)

Com esses dois componentes em mãos, vamos acrescentar a parte traseira do foguete, para isso vamos utilizar o componente chamado **transição** que deve ter o mesmo diâmetro externo do **tudo de corpo**.

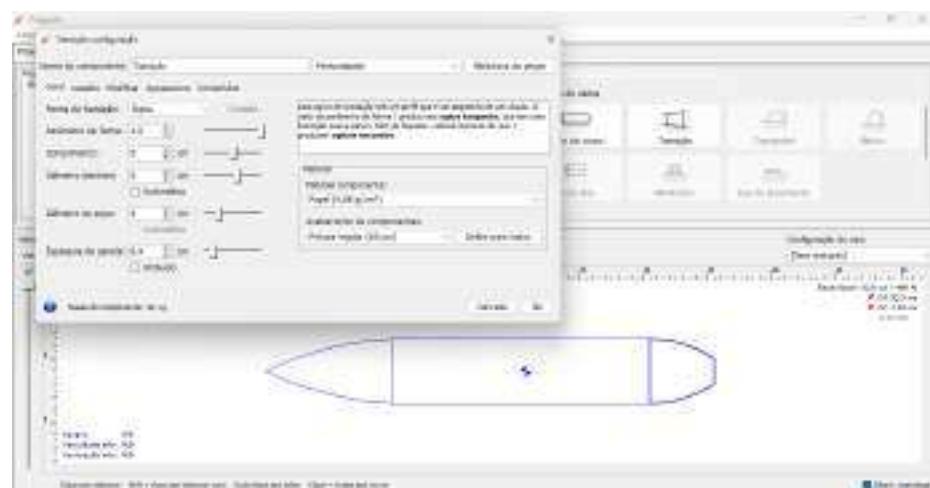
Figura 3 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025).

Com isso, vamos configurar o componente **transição**, para que tenha o formato de uma garrafa pet, abrindo o componente e configurando para que ele tenha um formato ogival e com o diâmetro da popa (onde é a saída da garrafa) ser menor que o diâmetro do componente, fazendo com que tenha a curvatura da garrafa.

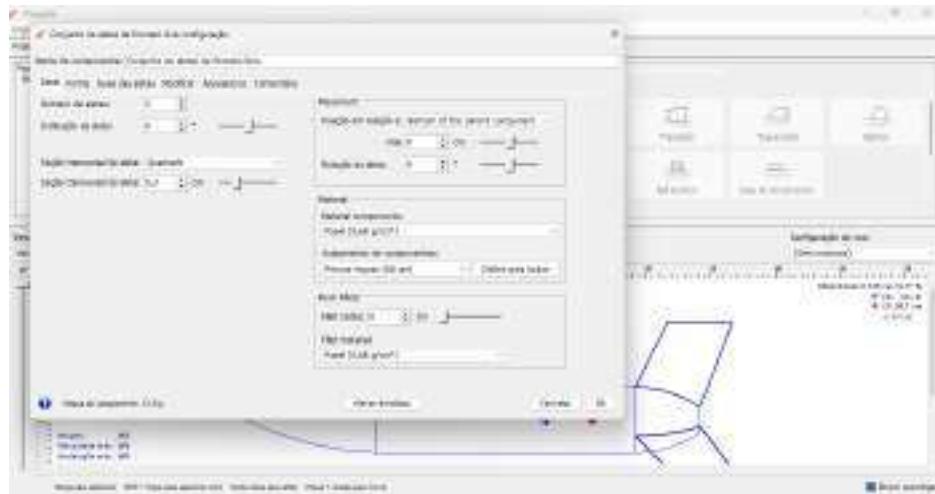
Figura 4 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025).

Ao colocar esse componente de **transição**, iremos inserir em cima desse componente as **aletas** formas livres.

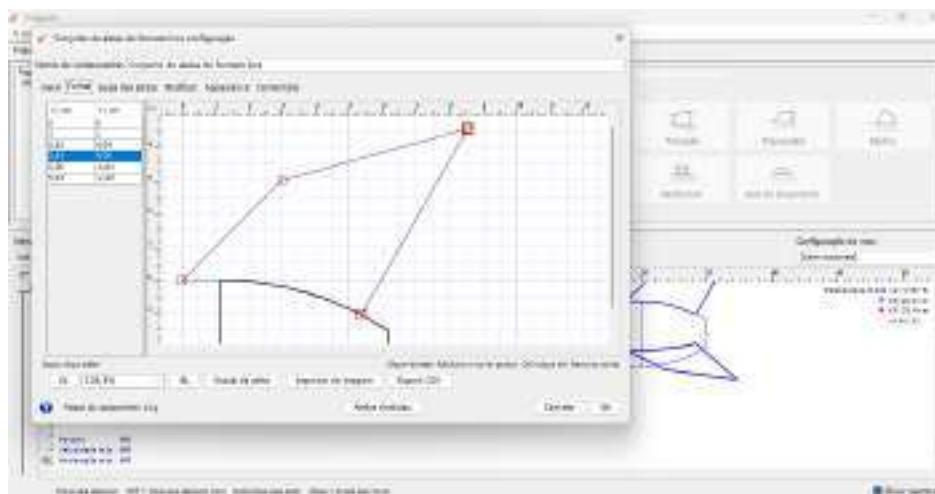
Figura 5 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025)

Agora com as aletas colocadas no elemento de transição, podemos configurar o formato delas na opção forma, de acordo com aquilo que deseja adaptar no seu projeto.

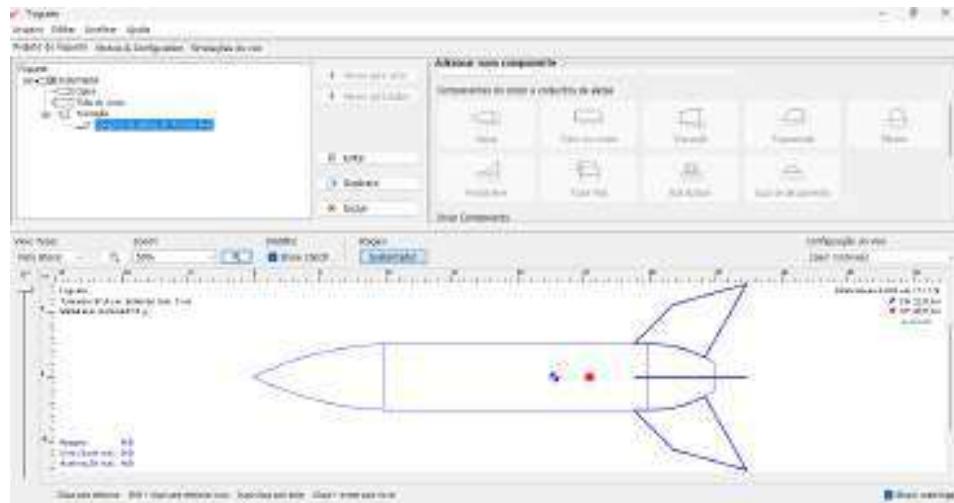
Figura 6 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025).

De acordo com a construção do foguete podemos ajustar as **aletas** para que não fiquem muito próximas com o gargalo, uma forma eficaz de resolver esse problema é mudar a posição dele. Uma forma de fazer isso é selecionar as aletas e no canto superior à direita diminuir até o ponto que você quer que esteja a aleta.

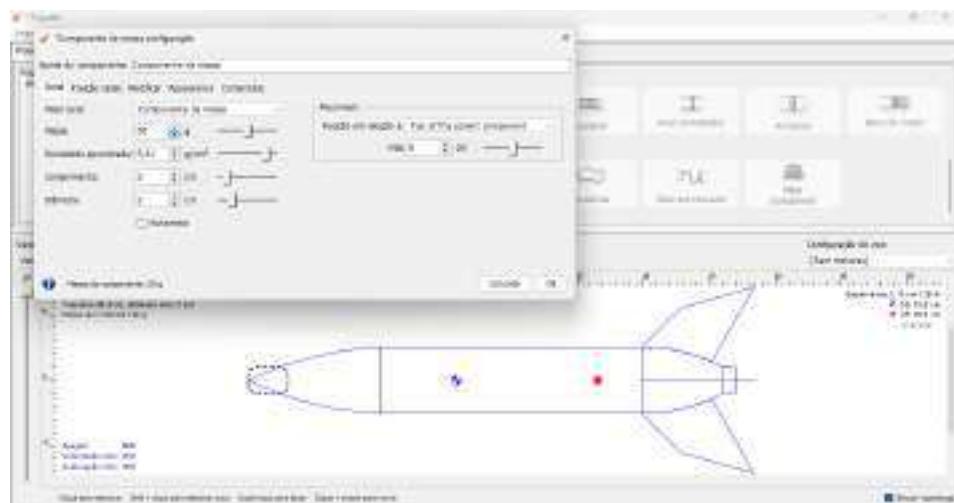
Figura 7 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025)

Para completar o seu foguete, precisamos de um componente para que faça um contra peso na ponta, para simular isso é necessário selecionar a **coifa** e selecionar o **componente de massa**.

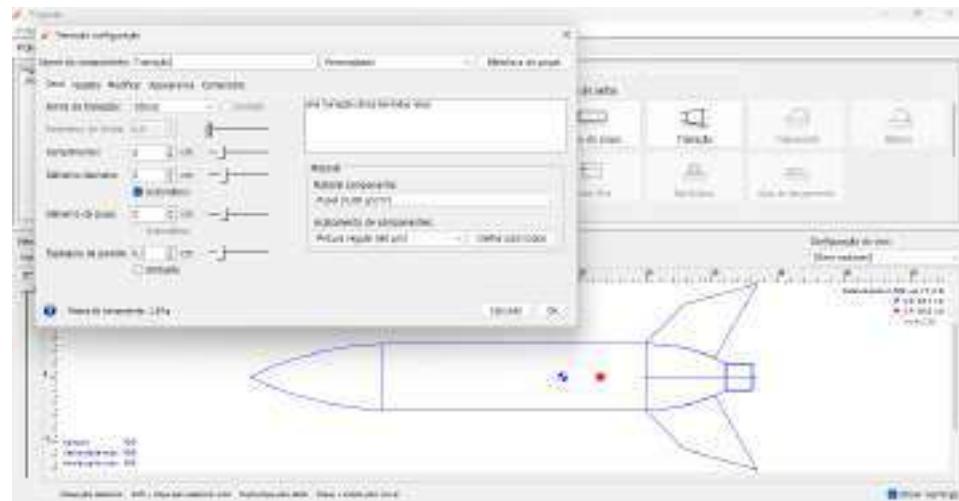
Figura 8 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025)

Por último, precisa de um saída desse foguete para simular isso, podemos selecionar novamente o componente **transição** e diminuir o seu comprimento, ajustando também o diâmetro da polpa, para que fique igual ao diâmetro dianteiro, e assim fique parecido como uma garrafa pet.

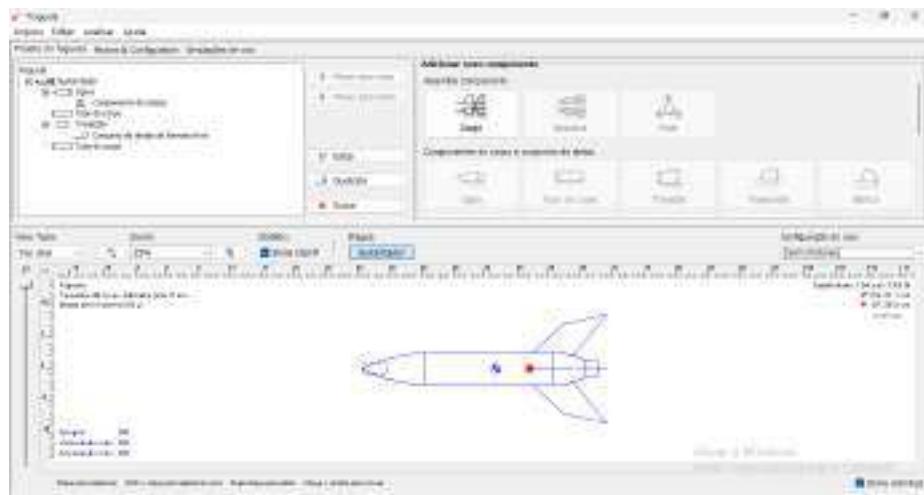
Figura 9 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025)

Finalizado, teremos um projeto com todos os elementos que se tem no foguete de garrafa pet, então é começar a mexer no software para que o projeto fique o máximo conforme o feito com a garrafa.

Figura 10 - Imagem do foguete



Fonte: A autora (2025).

Antes de iniciar seus projetos de foguetes, é necessário conhecer alguns conceitos básicos para obedecer a lei da natureza. Saber o centro de massa e o centro de pressão do foguete, é essencial para que o foguete siga uma trajetória retilínea e não ocorram acidentes. Eles podem ser calculados matematicamente, experimentalmente ou por meio de simuladores, como o OpenRocket.

O que é Centro de Gravidade (ou Massa)? Centro de massa (CM) é o ponto de equilíbrio das forças gravitacionais que agem sobre o foguete, e está diretamente relacionado com a massa do foguete, o CM é muito bem definido e podemos calcular a sua altura, já sabendo que ele se encontra no eixo central do foguete.

Outra maneira de encontrar o centro de massa do foguete é equilibrar ele em uma régua, o ponto onde ele se estabilizar será o ponto de centro de massa do foguete e assim é só marcar com uma caneta o ponto estabilizado. Esta maneira é simplificada, por isto, não é 100% precisa.

O que é Centro de Pressão? Centro de pressão é o ponto de aplicação de forças aerodinâmicas que estão atuando sobre o foguete, o centro de pressão é definido unicamente pelo formato do foguete sendo importante encontrá-lo para assim equilibrar as perturbações exercidas pelas forças aerodinâmicas.

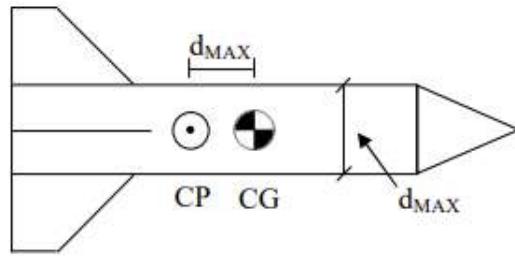
Um modo de sabermos o centro de pressão do foguete é desenhando sua silhueta em um papelão e tentar equilibrar esse papelão, já recortado no formato do foguete em uma régua assim como fizemos com o CM, onde o papelão se estabilizar será o local de centro de pressão (CP). Esse método é aproximado, portanto não é 100% eficaz.

Para que a trajetória seja estável nos foguetes da MOBFOG, é necessário que o centro de massa (CM) esteja acima do centro de pressão (CP), se após a montagem o CM estiver abaixo, não será necessário refazer o foguete, pois é possível adicionar pequenos pesos para alterar o centro de massa. A distância entre os dois pontos variam bastante, muitas equipes se mantêm entre 0.6 cal a 1cal, correspondendo a mais ou menos entre 6cm e 9cm. Porém isso depende de vários fatores, formato da garrafa, aletas, material utilizado no foguete e entre outros.

A margem estática (E) é definida por $E = \frac{(CP - CG)}{d_{\text{máx}}}$ [adimensional] onde d_{MAX} é o maior diâmetro do tubo-foguete, e CP e CG são medidos a partir da ponta do nariz do foguete.

Se:

- Estável: $E > 0$ (recomenda-se usar $E > 1$, onde 1 em geral é um valor suficiente)
- Neutra: $E = 0$
- Instável: $E < 0$



Fonte: http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/apostila/Capitulo_03_Estabilidade.pdf

REFERÊNCIA

OPENROCKET. noic.com.br, 2019. Disponível em: <<https://noic.com.br/olimpiadas/foguetes/foguete/openrocket/>>. Acesso em: 15 Março de 2025.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE INVESTIGAÇÃO CONCLUSIVA COPA NORDESTE DE FOGUETES

Formulário - Copa Nordeste de Foguetes

Este formulário poderá ser utilizado como material para a pesquisa de TCC.

“Declaro, por meio deste termo, que concordei em participar da pesquisa de campo desenvolvida por Natalia dos Santos Rocha. Fui informado (a), ainda, de que o trabalho é orientado por Alex Sander Barros Queiroz a quem poderei contatar a qualquer momento que julgar necessário através do e-mail alex.sander@ifpb.edu.br. Afirmo que aceitei participar por minha própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso do trabalho. Fui informado (a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais trata-se de um Trabalho de Conclusão de Curso - TCC.”*

Aceito

Nome: _____

1. No seu ponto de vista, as atividades realizadas no IFPB-CG de oficinas e lançamentos contribuíram para seu desenvolvimento sobre foguetes de garrafa PET?
2. O conhecimento adquirido durante essas atividades foi suficiente para conseguir construir e lançar seus foguetes participando da Copa Nordeste?
3. Sua participação na Copa Nordeste foi uma experiência que estava dentro das suas expectativas para a competição?
4. Qual sua opinião sobre a Copa Nordeste, e como foi essa experiência de uma competição oficial?
5. Qual sua maior dificuldade na participação da Copa Nordeste com relação aos foguetes e aos lançamentos?
6. Como essa atividade com os foguetes de garrafa PET, contribuiu para seu desenvolvimento de trabalho em equipe?
7. A atividades com os foguetes de garrafa PET, de alguma forma desenvolveu seu pensamento crítico ou a capacidade de solucionar problemas?
8. Faça um comentário sobre o que você acha dessa atividade com foguetes de garrafa PET.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE INVESTIGAÇÃO CONCLUSIVA JORNADA DE FOGUETES

Formulário - Jornada de Foguetes

Este formulário poderá ser utilizado como material para a pesquisa de TCC.

“Declaro, por meio deste termo, que concordei em participar da pesquisa de campo desenvolvida por Natalia dos Santos Rocha. Fui informado (a), ainda, de que o trabalho é orientado por Alex Sander Barros Queiroz a quem poderei contatar a qualquer momento que julgar necessário através do e-mail alex.sander@ifpb.edu.br. Afirmo que aceitei participar por minha própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso do trabalho. Fui informado (a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais trata-se de um Trabalho de Conclusão de Curso - TCC.”*

Aceito

Nome: _____

1. No seu ponto de vista, as atividades realizadas no IFPB-CG de oficinas e lançamentos contribuíram para seu desenvolvimento sobre foguetes de garrafa PET?
2. O conhecimento adquirido durante essas atividades foi suficiente para conseguir construir e lançar seus foguetes participando da Jornada de Foguetes?
3. Sua participação na Jornada de Foguetes foi uma experiência que estava dentro das suas expectativas para a competição?
4. Qual sua opinião sobre a Jornada de Foguetes, e como foi essa experiência em uma competição oficial?
5. Qual sua maior dificuldade na participação da Jornada de Foguetes com relação aos foguetes e aos lançamentos?
6. Como essa atividade com os foguetes de garrafa PET, contribuiu para seu desenvolvimento de trabalho em equipe?
7. As atividades com os foguetes de garrafa PET, de alguma forma desenvolveu seu pensamento crítico ou a capacidade de solucionar problemas?
8. Faça um comentário sobre o que você acha dessa atividade com foguetes de garrafa PET.

APÊNDICE E – GUIA DE CONTEÚDOS

Apresento neste Guia os principais conteúdos de Física abordados nas oficinas de construção e lançamento, detalhando a abordagem de cada um de acordo com as etapas mais importantes do processo para desenvolvimentos dos foguetes.

Reação Química e a Pressão Interna

O foguete de garrafa PET é uma demonstração prática da Terceira Lei de Newton. Seu funcionamento depende da conversão da energia potencial (armazenada), devido a energia interna do gás, em energia cinética (movimento), através da ejeção de massa (Vinagre e Bicarbonato) em alta velocidade.

O armazenamento de energia que será usada para o lançamento do foguete é resultado da reação entre o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) (base) e o vinagre (CH_3COOH) (ácido acético). Ao se misturarem, eles produzem gás carbônico (CO_2), água e acetato de sódio:



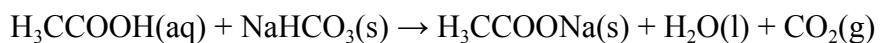
Gerando Energia potencial, pelo acúmulo de gás CO_2 é gerado rapidamente em um espaço fechado (a garrafa). O aumento do número de moléculas de gás em um volume constante aumenta drasticamente a pressão interna (P). Essa pressão atua nas paredes da garrafa, armazenando Energia potencial na forma de pressão do gás comprimido, seguindo os princípios da Lei dos Gases Ideais.

No foguete movido pela reação química, o trabalho realizado pela reação do vinagre e do bicarbonato de sódio pode gerar e comprimir o gás carbônico (CO_2) dentro do volume fechado da garrafa. Essa Energia potencial ($E_{potencial}$) está diretamente ligada à pressão máxima (P) que o gás atinge antes da liberação.

$$E_{potencial} \approx P \cdot V$$

Onde V é o volume da garrafa. Como o volume da garrafa é fixo, o principal fator que determina a energia máxima que você pode armazenar é a Pressão (P). Para maximizar essa pressão, precisamos maximizar a quantidade de gás CO₂ produzido.

A reação entre o vinagre (ácido acético, CH₃COOH) e o bicarbonato de sódio (NaHCO₃), ocorre na proporção de 1:1 em moles. Isso significa que, idealmente, 1 mol de bicarbonato reage com 1 mol de ácido para gerar 1 mol de CO₂.



Para que haja uma reação completa e se maximize o CO₂ é necessário que a proporção em mols seja respeitada. Na prática, para calcular o volume exato de vinagre (que é uma solução de 4% de ácido) necessário para reagir com uma quantidade específica de bicarbonato (que é um sólido puro). É preciso compreender a concentração e quantidade de Ácido Acético presente no Vinagre, onde 4% significa que há 4 ml (aproximadamente 4 g) de ácido acético (CH₃COOH) em cada 100 ml de solução. Portanto, em 1 litro de vinagre (1000 ml):

$$\text{Massa de ácido acético} = \frac{4 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{100} = 40 \text{ g (ácido acético)}$$

Tomando como exemplo uma garrafa com volume de 2L e uma reação de 1L/100g (vinagre/bicarbonato de sódio). Teremos:

$$\text{Mols de CH}_3\text{COOH: } \frac{40 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} \approx 0,667 \text{ mol (ácido acético)}$$

$$\text{Mols de NaHCO}_3: \frac{100 \text{ g}}{84 \text{ g/mol}} \approx 1,19 \text{ mol (bicarbonato de sódio)}$$

Em experimentos de foguete, a estratégia mais eficiente é garantir que um dos reagentes esteja em excesso para que o outro seja o limitante e se esgote completamente, garantindo que toda a massa potencialmente produtora de gás tenha sido consumida.

- O bicarbonato de sódio é geralmente usado como reagente limitante, pois é mais fácil de medir com precisão (em gramas).
- O vinagre deve ser usado em excesso (volume maior do que o estequiométricamente necessário).

O vinagre é o solvente pois a água no vinagre facilita a dissolução e o contato entre os reagentes. O motivo químico de usá-lo em excesso é garantir que o bicarbonato de sódio reagente que determina a quantidade de CO₂ seja totalmente consumido.

Ao consumir todo o bicarbonato, garantimos a produção máxima de gás, o que se traduz na Pressão máxima possível e, consequentemente, na maior Energia Potencial armazenada para o lançamento. Então podemos analisar quanto de Pressão será colocada na garrafa:

Volume de CO₂ gerado a uma temperatura de 25 °C onde convertendo teremos 298 K, 1 mol de CO₂ ocupa 24,45 litros (se fosse a 0°C seriam 22,4 L).

Volume de CO₂ = 0,667 mol × 24,45 L/mol = 16,3 L (para a temperatura de 25°C)

Podemos então, fazer o cálculo da pressão estimada pela equação de Clapeyron (Lei dos gases perfeitos), onde:

$$P = ?$$

$$V = 1\text{L} \text{ (Volume Total da Garrafa - Volume do Líquido)}$$

$$n = 0,667 \text{ mols de CO}_2$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$PV = nRT$$

$$P \times 1 = 0,667 \times 0,082 \times 298$$

$$P = 16,298 \text{ atm} \approx 239 \text{ psi (pressão teórica máxima)}$$

Mesmo com quantidades moderadas, a geração de CO₂ é muito maior que o volume da garrafa; se realmente fosse confinado sem escape, a pressão estimada (16,298 atm ≈ 239 psi) que é perigosíssima, caso a estrutura da garrafa não seja adequada pode explodir. Utilize entre $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{2}$ do volume total da garrafa.

A pressão medida é menor que a pressão teórica máxima, pois parte do CO₂ produzido se dissolve na água (vinagre), reduzindo o número de mols de gás. Outro fator que deve ser considerado é a velocidade de reação e, parte da pressão pode ser liberada pelo gatilho. Outro fator que deve ser levado em consideração é que o CO₂ não se comporta exatamente como um gás ideal.

Terceira Lei de Newton e o Empuxo

O lançamento é uma aplicação direta da Terceira Lei de Newton (Lei da Ação e Reação) onde a ação é a força resultante da alta pressão (CO_2) que empurra a massa líquida (água e excesso de vinagre) para baixo no lançamento. A reação é a força de mesma intensidade, mas em sentido oposto, que a massa ejetada exerce sobre o foguete, impulsionando-o para cima. Esta força é o Empuxo.

Embora a pressão alta seja a fonte da força, (o produto da reação) é fundamental. Ela fornece a massa que deve ser acelerada para que o Empuxo seja significativo. O empuxo é mantido apenas enquanto a massa é ejetada. Assim que todo (o produto da reação) e a maioria dos gases são expelidos, o Empuxo cessa.

No lançamento, o que realmente importa é o impulso total que o motor de reação gera. O Impulso é o quanto de força (Empuxo) é aplicado e por quanto tempo.

$$\text{Impulso} = \text{Força média de Empuxo} \times \text{Duração do Empuxo}$$

A Lei da Conservação do Momento nos diz que, para obter o máximo de velocidade no foguete, precisamos maximizar o momento transferido ($m \cdot v$) para a massa ejetada, pois o foguete recebe um momento igual e oposto.

Pouco (o produto da reação): A pressão alta empurrará uma massa pequena. Isso resulta em uma velocidade de ejeção (v) muito alta, mas a água acaba em uma fração de segundo. O Empuxo é um "espirro" instantâneo, resultando em um Impulso Total baixo.

Muito (o produto da reação): A pressão alta precisa empurrar uma massa grande, tornando a velocidade de ejeção (v) baixa. Embora o Empuxo dure mais, a força não é suficiente para superar o peso inicial e o arrasto de forma eficiente.

A chave está no equilíbrio. O desempenho máximo é alcançado com uma quantidade ótima de reação (em geral, cerca de 1/3 do volume da garrafa). Essa quantidade garante uma massa suficiente para manter o Empuxo por um período de tempo razoável. É um volume suficiente para que o gás pressurizado possa se expandir, mantendo a velocidade de ejeção alta durante a maior parte do tempo.

Aerodinâmica e Estabilidade

Forças Aerodinâmicas como a de Arrasto, que depende da resistência do ar atuam na direção oposta ao movimento, desacelerando o foguete, e podem ser minimizadas pelo formato da coifa, onde a suavidade da superfície é crucial para diminuir o Arrasto. Já a Sustentação é a força perpendicular ao movimento, que deve ser controlada para manter a trajetória reta.

Um dos componentes que auxilia na sustentação são as aletas, e sua principal função é garantir a estabilidade do voo, controlando a interação entre o Centro de Gravidade (CG) o ponto médio da massa total do foguete (deve estar na frente) e o Centro de Pressão (CP) o ponto onde todas as forças aerodinâmicas atuam (movido para trás pelas aletas). Para um voo estável, o CP deve sempre estar posicionado atrás do CG.

O nosso foco é como a forma do foguete afeta seu voo, concentrando-se em duas metas principais: minimizar o Arrasto reduzindo a resistência do ar; e garantir a estabilidade separando o Centro de Gravidade (CG) do Centro de Pressão (CP).

Sabemos que o Arrasto é a força que atua contra o movimento e rouba energia do foguete, uma opção para minimizar a resistência do ar que ocorre quando há uma grande diferença de pressão entre a frente e a traseira do objeto, é optar por coifas no formato ogival ideal porque permite que o ar se desvie suavemente ao redor do foguete. A coifa arredondada e alongada garante um fluxo de ar mais laminar e menos turbulento, otimizando o voo.

Já vimos que a coifa minimiza o arrasto e como as aletas garantem a estabilidade. No entanto, as aletas são grandes superfícies planas que, podem aumentar o Arrasto sendo superfícies planas, contribuem significativamente para dois tipos de Arrasto:

Arrasto de fricção do ar deslizando pela superfície da aleta. Isso é minimizado usando materiais lisos e finos. E o **Arrasto de forma** onde é Criado pelas bordas da aleta que "empurram" o ar. Isso é minimizado usando bordas finas e arredondadas (perfil aerodinâmico), em vez de bordas quadradas e grossas. Ao manter aletas finas e com um perfil de borda suave, você consegue a estabilidade necessária sem adicionar um arrasto excessivo que roubaria a energia do lançamento.

Lançamento oblíquo e Foguetes PET

A construção e o lançamento de foguetes de garrafa PET oferecem a oportunidade de estudo do lançamento oblíquo, que está diretamente associado ao movimento do foguete após a fase inicial de propulsão. Compreender esse tipo de movimento é fundamental para que os estudantes consigam relacionar os parâmetros estruturais e aerodinâmicos do foguete (como massa, formato e posição das aletas) com o comportamento real observado nos lançamentos realizados durante as oficinas.

O lançamento oblíquo de um projétil, segundo Gaspar (2005 apud Souza 2022, pg.4), é descrito pela composição de dois movimentos simultâneos e independentes, um movimento horizontal com velocidade constante caracterizando o movimento uniforme – MU, e um movimento vertical com aceleração constante devido à gravidade caracterizando o movimento uniformemente variado – MUV.

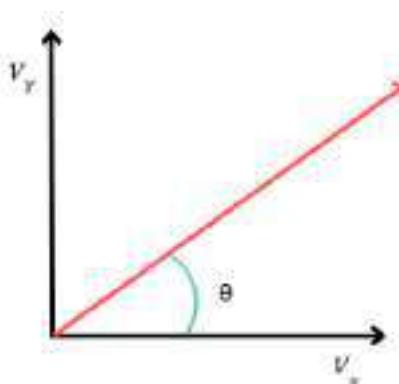
Essa composição gera uma trajetória parabólica, cuja forma depende da velocidade inicial, do ângulo de lançamento e da gravidade local. Esses elementos foram explorados nas oficinas através do ângulo da base, e ao observar diferentes alcances e relacionar o desempenho do foguete com sua construção.

A velocidade inicial do foguete pode ser decomposta em duas componentes fundamentais:

$$V_x = v_0 \cdot \cos\alpha$$

$$V_y = v_0 \cdot \sin\alpha$$

Figura 1 - Gráfico da velocidade inicial



Fonte: A autora (2025).

onde v_0 é a velocidade de saída do foguete e α é o ângulo de lançamento. Essa decomposição, permite compreender como o foguete ganha altura e alcance horizontal.

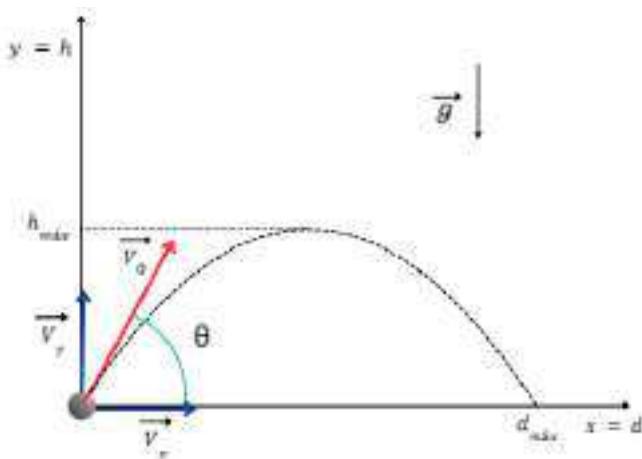
A posição do projétil ao longo do tempo também pode ser prevista pelas equações clássicas do lançamento oblíquo:

$$x = v_0 \cdot t$$

$$y = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

Durante as atividades, os estudantes puderam observar que, ao ser liberado da base, o foguete segue aproximadamente o comportamento descrito para um projétil. A análise dessa trajetória permite investigar grandezas como a distância horizontal percorrida (alcance) e a altura máxima (h_{\max}).

Figura 2 - distância horizontal d_{\max} e altura máxima h_{\max}



Fonte: A autora (2025).

No contexto dos foguetes PET utilizados nas oficinas, esses elementos são perceptíveis quando a velocidade inicial é originada do impulso gerado por reação química ou pela pressurização do foguete, enquanto o ângulo de lançamento é regulado na base de lançamento ou pelo próprio estudante ao posicionar o foguete.

Embora o lançamento oblíquo considere apenas a ação da gravidade, o movimento real dos foguetes PET é fortemente influenciado pela resistência do ar, uma força oposta ao deslocamento é proporcional à velocidade do projétil. Essa resistência modifica significativamente a trajetória teórica, reduzindo o alcance e a altura máxima previstos pelas

equações ideais. No caso dos foguetes construídos nas oficinas, fatores como o formato das aletas, a rugosidade da superfície, a massa total e a posição do centro de pressão afetam diretamente o arrasto aerodinâmico e podem gerar desvios laterais ou instabilidade durante o voo.

Portanto, ao contextualizar o lançamento oblíquo dentro das oficinas de foguetes, não apenas se comprehende um dos fenômenos essenciais do movimento do foguete, mas também se potencializa o aprendizado significativo ao permitir que o estudante veja, modele, simule e experimente o fenômeno.

Confecção de Foguetes / Bases de Lançamento

Os foguetes são compostos de três partes (Coifa, Corpo e Aletas) e sua montagem não segue uma ordem específica, mas é necessário que se obedeça orientações como adicionar um contra peso na coifa antes da colagem dela no corpo. E preferencialmente (cada um pode fazer do seu jeito) indico colar as aletas no corpo (garrafa) antes de colocar a coifa.

A construção ou confecção dos foguetes usa materiais de baixo custo, o Corpo do foguete é feito de garrafas PET's que podem ser recicláveis ou retornáveis (suporta uma pressão interna maior), dependendo do desempenho que desejar do seu foguete, a Coifa pode ser feita com a parte superior de garrafas, ou caso seja viável utilizando impressão 3D, e as Aletas podem ser feitas de potes de sorvete, capas de DVD ou do material que é feito as placas de trânsito. E para o contra peso da Coifa, pode ser usado Durepox. O modelo da coifa e das aletas fica a critério de quem está elaborando o foguete.

Figura 3 - Foguetes da nossa equipe



Fonte: A autora (2025).

A base de lançamento é um projeto a parte de cada equipe, e pode ser confeccionada de várias formas e utilizando materiais distintos que podem ser (Canos de PVC, Metalon ou Madeira) acrescentando (Luva de PVC, Luva Soldável Rosca e Cotovelo PVC) e podem ser projetadas com combinações desses materiais, porém, todas as bases precisam ter uma boa fixação e fazer um ângulo de 45° com a horizontal.

Figura 4 - Base de Lançamento



Fonte: A autora (2025).

Para aqueles que nunca tiveram contato com essa atividade e desejam ver o passo-a-passo de como é a confecção, aconselho entrar no site da OBA e buscar pelos regulamentos onde é disponibilizado as instruções sobre como fazer os foguetes, bases de lançamentos e os lançamentos, link <<http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=6&pag=conteudo&m=s>>. Lá encontraram de forma prática como ter uma direção para essa construção e podem aperfeiçoar de acordo com cada realidade.

REFERÊNCIAS

REAÇÃO - NÍVEL 4. noic.com.br, 2019. Disponível em: <<https://noic.com.br/olimpiadas/foguetes/foguete/openrocket/>>. Acesso em: 06 Dezembro de 2025.

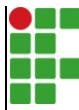
SOUZA, Gustavo Fontoura. Atividade didática de análise do lançamento de foguete de garrafa PET utilizando processamento digital de imagens. *Holos*, v. 4, 2022. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS>. Acesso em: 07 Dez. 2025.

OLIVEIRA, Hebio Junior Bezerra de. Dinâmica de foguetes com propulsão a água e ar comprimido. / Hebio Junior Bezerra de Oliveira. - Caruaru: O Autor, 2015.

SOUZA, Patrícia Pereira de. Experimentação com foguetes de garrafa PET: uma proposta para o ensino de Física. Patrícia Pereira de Souza. – Diadema, 2025.

OPENROCKET. noic.com.br, 2019. Disponível em: <<https://noic.com.br/olimpiadas/foguetes/foguete/openrocket/>>. Acesso em: 08 Dez de 2025.

OLIVEIRA, Marco Antonio Sodré. Os aspectos físicos e matemáticos do lançamento do foguete de garrafa PET. Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2008.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
Campus Campina Grande - Código INEP: 25137409	
R. Tranquílio Coelho Lemos, 671, Dinâmérica, CEP 58432-300, Campina Grande (PB)	
CNPJ: 10.783.898/0003-37 - Telefone: (83) 2102.6200	

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega do Trabalho de Conclusão de Curso

Assunto:	Entrega do Trabalho de Conclusão de Curso
Assinado por:	Natalia Santos
Tipo do Documento:	Tese
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Natalia dos Santos Rocha, ALUNO (202021240023) DE LICENCIATURA EM FÍSICA - CAMPINA GRANDE**, em 11/12/2025 21:16:45.

Este documento foi armazenado no SUAP em 11/12/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1697609

Código de Autenticação: a93a74825f

