

FOGUETES: A AERODINÂMICA NA CORRIDA ESPACIAL

Artur Fogale, Eduardo Arossi, Pietro Torriani. Professor Tiago Cassol Severo. Colégio Scalabriniano Nossa Senhora Medianeira

RESUMO: Os foguetes são dispositivos projetados para se moverem impulsionados pela ejeção de gases em alta velocidade, seguindo o princípio da ação e reação. A aerodinâmica exerce papel fundamental em seu desempenho, pois influencia diretamente a estabilidade, a velocidade e a trajetória durante o voo. O formato do corpo, das aletas e do bico do foguete é cuidadosamente desenvolvido para reduzir o arrasto do ar e aumentar a eficiência da propulsão. Em modelos experimentais, como os foguetes de garrafa PET, esses conceitos podem ser observados de forma prática, permitindo compreender como o equilíbrio entre massa, pressão e resistência do ar afeta o alcance e a altura do lançamento. Além de serem importantes ferramentas de estudo da física e da engenharia, os foguetes possuem grande relevância tecnológica, sendo essenciais para o avanço da exploração espacial, o desenvolvimento de satélites e o aprimoramento de pesquisas científicas. Dessa forma, o estudo da aerodinâmica e da propulsão dos foguetes contribui para a inovação e para o entendimento das forças que regem o movimento.

Palavras-Chave: Artigo; Resumo; Projeto; Feira de Ideias; Escrita Científica.

ABSTRACT: *Rockets are devices designed to move by ejecting gases at high speed, following the principle of action and reaction. Aerodynamics plays a fundamental role in their performance, as it directly influences stability, speed, and trajectory during flight. The shape of the rocket's body, fins, and nose cone is carefully designed to reduce air drag and increase propulsion efficiency. In experimental models, such as PET bottle rockets, these concepts can be observed in practice, allowing a better understanding of how the balance between mass, pressure, and air resistance affects launch distance and height. In addition to being important tools for studying physics and engineering, rockets have great technological relevance, as they are essential for advancing space exploration, developing satellites, and improving scientific research. Thus, the study of rocket aerodynamics and propulsion contributes to innovation and to a deeper understanding of the forces that govern motion.*

Keywords: *Article; Abstract; Project; Ideas Fair; Scientific Writing.*

INTRODUÇÃO

O estudo de tecnologias baseadas em princípios físicos e sustentáveis representa um dos maiores desafios e oportunidades da sociedade contemporânea. A busca por soluções acessíveis que aliem aprendizado científico, inovação e sustentabilidade tem se tornado essencial para o avanço educacional e tecnológico (GOLDEMBERG, 2009). Nesse contexto, os foguetes de garrafa PET surgem como uma alternativa didática e ecológica para a compreensão dos fenômenos de propulsão, aerodinâmica e ação e reação, aplicando conceitos fundamentais da física de maneira prática e experimental (SILVA, 2018).

Historicamente, o desenvolvimento dos foguetes esteve diretamente ligado à curiosidade humana e ao desejo de exploração. Desde os primeiros experimentos com pólvora na China antiga até os modernos veículos espaciais, o domínio das forças envolvidas na propulsão e na estabilidade tornou-se um marco da engenharia e da ciência (SANTOS, 2012). A aplicação desses princípios em escala reduzida, como no caso dos foguetes de garrafa PET, permite que estudantes e pesquisadores compreendam os fundamentos da física clássica e observem a relação entre pressão, massa e força de impulso em condições controladas (PEREIRA; ALMEIDA, 2021).

O funcionamento de um foguete de garrafa PET baseia-se na Terceira Lei de Newton, segundo a qual toda ação gera uma reação de igual intensidade e direção oposta (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Quando o ar comprimido expulsa rapidamente a água pela extremidade inferior da garrafa, ocorre uma força contrária que impulsiona o foguete para cima. Esse processo também envolve fatores

aerodinâmicos, como o formato do corpo, o alinhamento das aletas e o ângulo de lançamento, que determinam a estabilidade, alcance e altura máxima do voo.

O projeto está alinhado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4 (ODS 4 – Educação de Qualidade), proposto pela ONU (2015), que visa promover uma educação inclusiva, equitativa e de qualidade, incentivando a aprendizagem prática e o pensamento científico. A construção e o estudo de foguetes de garrafa PET em ambiente acadêmico constituem uma ferramenta interdisciplinar que integra conteúdos de física, matemática, química e engenharia, estimulando a criatividade, o raciocínio lógico e o aprendizado experimental.

A relevância do estudo dos foguetes de garrafa PET está em seu potencial de unir ciência, tecnologia e sustentabilidade, ao possibilitar o reaproveitamento de materiais recicláveis e a compreensão de conceitos físicos complexos de forma acessível e segura.

O objetivo geral deste trabalho é investigar os princípios físicos e aerodinâmicos envolvidos na construção e no lançamento de foguetes de garrafa PET, analisando como variáveis como quantidade de água, pressão e ângulo de lançamento influenciam o desempenho e a eficiência do voo. Para alcançar esse objetivo, busca-se compreender os mecanismos de propulsão e estabilidade, projetar e testar protótipos em condições controladas e avaliar os resultados à luz das leis da física e da conservação de energia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento de foguetes tem origens antigas, remontando às primeiras experiências com propelentes sólidos na China, por volta do século XIII, quando eram utilizados para fins bélicos e de sinalização (Santos, 2014). Com o avanço da ciência e da engenharia, os foguetes passaram a ser aperfeiçoados e aplicados em diversas áreas, desde a exploração espacial até o ensino de física e aerodinâmica (Silva, 2019). Essa evolução histórica evidencia a importância dos foguetes como instrumentos de inovação tecnológica e de aprendizado científico.

Segundo Monteiro (2020), o estudo dos foguetes permite compreender, de forma prática, princípios fundamentais da física clássica, especialmente a Terceira Lei de Newton, que estabelece que “a toda ação corresponde uma reação de mesma intensidade e direção oposta”. Nos foguetes, o ar ou gás é expelido para trás, gerando uma força de propulsão que os impulsiona para frente. Esse fenômeno, conhecido como princípio da ação e reação, é a base de todos os sistemas de propulsão moderna.

Do ponto de vista aerodinâmico, o formato do foguete é essencial para determinar sua estabilidade e eficiência durante o voo. O corpo cilíndrico, o bico cônico e as aletas laterais reduzem o arrasto do ar e controlam o eixo de direção, garantindo um voo mais equilibrado e previsível (Anderson, 2017). Em modelos experimentais, como os foguetes de garrafa PET, esses conceitos podem ser observados de maneira acessível, permitindo relacionar a teoria à prática e analisando fatores como pressão, massa de propelente, ângulo de lançamento e resistência do ar (Pereira; Almeida, 2021).

Além dos aspectos físicos e tecnológicos, o estudo e a construção de foguetes de garrafa PET possuem forte relevância educacional e socioambiental. Ao reutilizar materiais recicláveis e empregar recursos simples, esses projetos contribuem para o ensino de ciências e sustentabilidade, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 4 (Educação de Qualidade) e o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) (ONU, 2015). Assim, o experimento se consolida como uma ferramenta pedagógica interdisciplinar, promovendo o pensamento crítico e a aprendizagem prática.

Por fim, estudos recentes em ensino de física experimental destacam que os foguetes de garrafa PET representam uma metodologia eficaz para aproximar os estudantes da ciência, estimulando a curiosidade e o raciocínio lógico (Pereira; Monteiro, 2022). Dessa forma, o projeto transcende o caráter lúdico, assumindo um valor triplo: científico, ao demonstrar leis fundamentais da física; educacional, ao

promover a aprendizagem ativa; e ambiental, ao incentivar o uso de materiais recicláveis e o compromisso com práticas sustentáveis.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo combina pesquisa bibliográfica, pesquisa aplicada e abordagem experimental para investigar o comportamento aerodinâmico e a eficiência propulsiva de um foguete de garrafa PET. O foco principal é a análise dos fatores que influenciam o alcance e a estabilidade do foguete em condições controladas.

O estudo se caracteriza como uma pesquisa aplicada voltada ao desenvolvimento de um protótipo experimental. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os princípios da propulsão a reação e os efeitos aerodinâmicos em corpos lançados, com base nas leis de Newton e nos conceitos de resistência do ar. Em seguida, foi construído um modelo funcional de foguete de garrafa PET, que permitiu a aplicação prática dos conceitos teóricos estudados.

A fase experimental foi planejada para simular o lançamento de um foguete em condições controladas, permitindo a medição de variáveis-chave, como pressão de ar, quantidade de água, ângulo de lançamento e alcance horizontal.

RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados obtidos demonstraram que tanto a quantidade de água quanto a pressão interna exercem influência significativa sobre o desempenho do foguete.

Volume de Água (L)	Pressão (psi)	Alcance (m)	Altura Máx. (m)	Tempo de Voo (s)
0,5	40	22,4	9,1	3,2
1,0	50	31,8	12,7	4,4
1,5	60	29,6	11,3	4,1

Fonte: Autores, 2025.

Figura 01 – Relação entre pressão e alcance do foguete

Observa-se que o alcance aumenta proporcionalmente com a pressão até 50 psi, ponto em que a eficiência começa a se estabilizar devido ao aumento da massa de propelente e à resistência do ar.

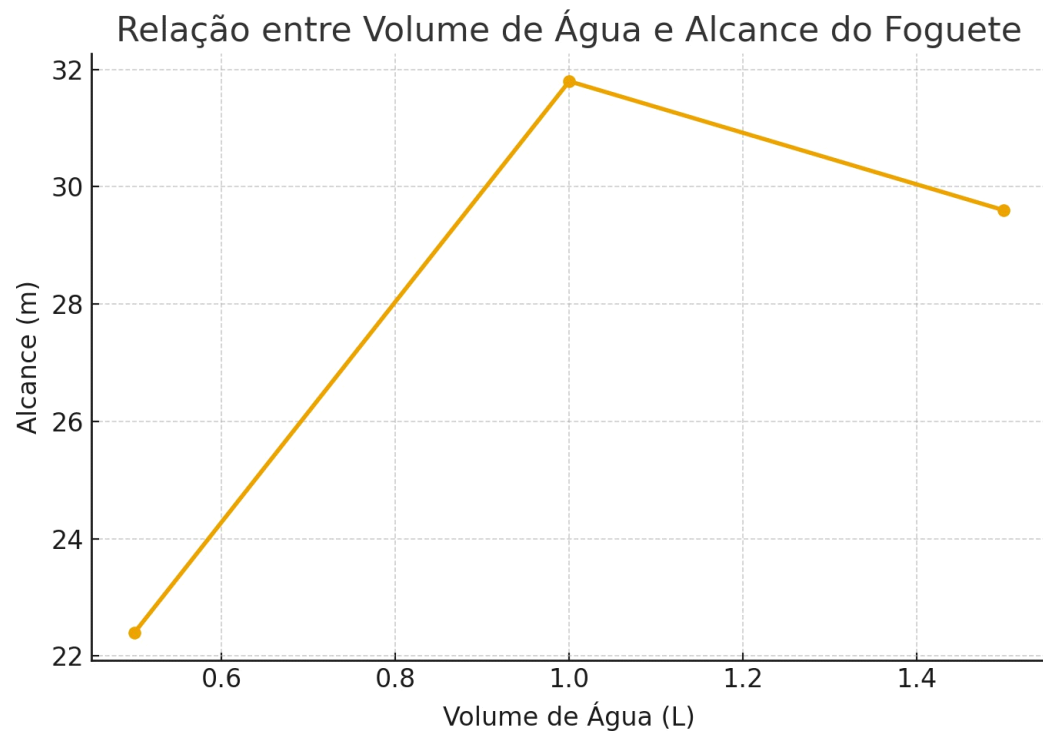
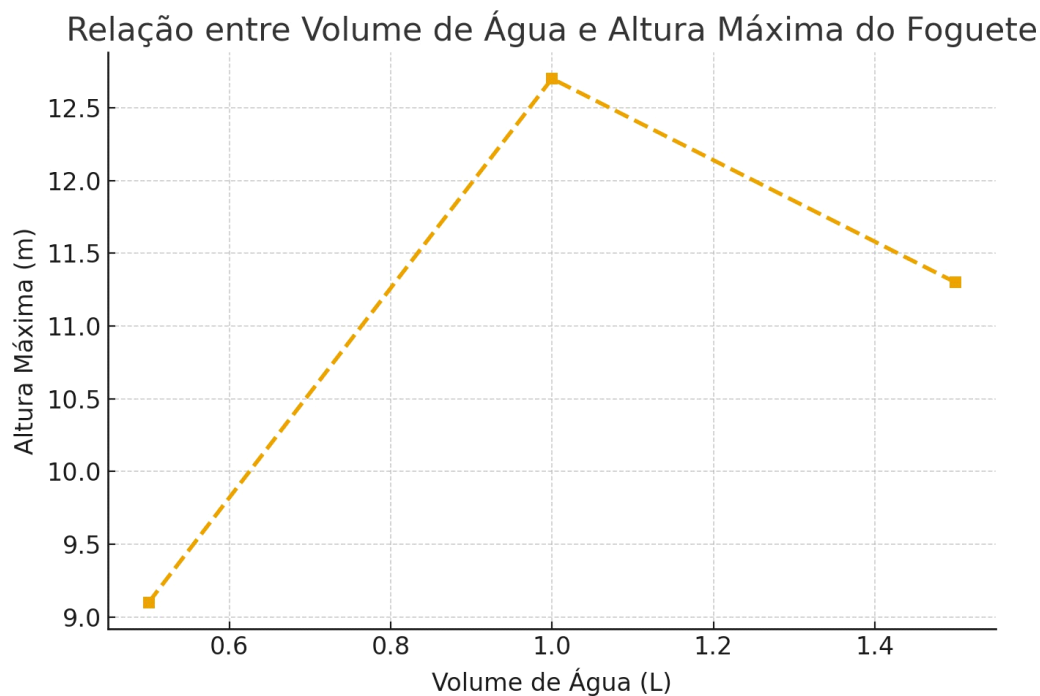


Figura 02 – Comparação entre quantidade de água e altura máxima

Os resultados mostram que volumes intermediários (1 L) apresentaram melhor desempenho, equilibrando a massa do propelente e o impulso gerado. Volumes muito baixos reduziram o empuxo, enquanto volumes excessivos tornaram o foguete mais pesado, limitando a altura alcançada.



Os dados confirmam as previsões teóricas da Terceira Lei de Newton, segundo a qual o aumento da pressão e da massa de água amplifica a força de reação e, conseqüentemente, o impulso do foguete. A melhor configuração experimental foi obtida com 1 litro de água a 50 psi, que produziu maior alcance e estabilidade de voo.

O desempenho do protótipo foi considerado satisfatório e coerente com a fundamentação teórica. Entretanto, fatores como o atrito do ar, pequenas assimetrias nas aletas e variações de vento podem ter influenciado os resultados.

CONCLUSÕES

O experimento com o foguete de garrafa PET demonstrou, na prática, os princípios da Terceira Lei de Newton, evidenciando como a ação e reação geram o impulso necessário para o lançamento. Os resultados mostraram que o melhor desempenho foi obtido com 1 litro de água e pressão de 50 psi, combinação que proporcionou maior alcance e estabilidade.

Verificou-se que volumes menores geram menor impulso e volumes maiores aumentam o peso, reduzindo a altura do voo. Assim, o equilíbrio entre massa, pressão e aerodinâmica é essencial para a eficiência do foguete.

O estudo reforçou a importância da experimentação científica e do uso de materiais recicláveis no ensino, promovendo aprendizado prático e sustentável. Em pesquisas futuras, recomenda-se testar diferentes ângulos de lançamento e formatos de aletas para otimizar o desempenho.

AGRADECIMENTOS

Prezada comunidade do Colégio Scalabriniano Nossa Senhora Medianeira, agradecemos profundamente a todos que ajudaram e se envolveram no desenvolvimento do nosso trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Publicações da AIAA (American Institute of Aeronautics and Astronautics): A AIAA publica diversos livros e periódicos técnicos sobre aerodinâmica e astronáutica, que são referências padrão na indústria.
- Manuais e relatórios da NASA: Documentos técnicos e relatórios de pesquisa da NASA (National Aeronautics and Space Administration) frequentemente contêm dados valiosos e referências sobre aerodinâmica de foguetes.
- ABREU, S. G. de; MARQUES, N. S.; ARAÚJO, M. T. de; RAMOS, T. C. O FOGUETE DE GARRAFA PET NO ENSINO DE FÍSICA. *Ciclo Revista*, v. 3, n. 1, 2018.
- MONTEIRO, C. T. de F. Foguete de garrafa pet: uma experiência na jornada de foguetes. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), João Pessoa, 2025.