



## Cultura maker aplicada à Física: o uso de impressão 3D e ESP-32 no aperfeiçoamento de foguetes PET

SILVA, Brenda Fabiszaki da<sup>1</sup>  
CORDEIRO, Erick Gustavo<sup>2</sup>  
GUARATES, Estefanni Jeane<sup>3</sup>  
FREITAS FILHO, Evandro de Souza<sup>4</sup>  
SILVA, Laffert Gomes Ferreira da<sup>5</sup>  
BEZERRA, Mauro Guilherme Ferreira<sup>6</sup>

**RESUMO:** A prática experimental de física, fundamentada na cultura *maker*, possui grande importância no engajamento dos estudantes porque preconiza unir conceitos teóricos com aplicações práticas. O intento deste trabalho é relatar o desenvolvimento e o lançamento de um foguete de garrafa PET de dois estágios, equipado com um sistema eletrônico embarcado. O estudo caracterizou-se como uma pesquisa-ação com prototipagem baseada em tentativa e erro. A estrutura construída utilizou a técnica encamisamento em garrafas PET, dividindo-se em um primeiro estágio, impulsionado por a água e ar comprimido, e um segundo, por reação química de bicarbonato e vinagre. Com vistas a automatizar o desacoplamento no apogeu da trajetória do foguete, foi desenvolvido um sistema eletrônico baseado em ESP-32, protegido por peças feitas em impressão 3D. Observamos que a integração da engenharia mecânica com a eletrônica foi eficaz, pois o protótipo atingiu a marca de 198 metros de distância sob uma pressão inicial de 120 PSI. Durante a fase de testes, analisamos os altos níveis de resistência do ar e modificamos a estrutura externa para reduzir o arrasto aerodinâmico. Verificamos também que o sistema eletrônico acoplado funcionou corretamente ao liberar o gatilho, o que resultou na conquista da medalha de ouro na competição XIX OBAFOG. O trabalho findou na demonstração que a transposição de conceitos teóricos para a construção de itens palpáveis consolida significativamente o aprendizado. Tais evidências apontam que o protagonismo estudantil e o estímulo do pensamento lógico através da resolução de problemas reais são caminhos eficazes para a democratização e alfabetização científica.

**PALAVRAS-CHAVE:** pesquisa-ação; OBAFOG; foguete; automação.

---

<sup>1</sup> Graduanda em Licenciatura em Física, Bolsista no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Porto Velho Calama, [brenda.fabiszaki@estudante.ifro.edu.br](mailto:brenda.fabiszaki@estudante.ifro.edu.br).

<sup>2</sup> Colaborador, Graduando em Engenharia de Controle e Automação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Porto Velho Calama, [cordeiro.erickgustavo.roeng@gmail.com](mailto:cordeiro.erickgustavo.roeng@gmail.com).

<sup>3</sup> Graduanda em Licenciatura em Física, Bolsista no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Porto Velho Calama, [estefannimagaalhaes@gmail.com](mailto:estefannimagaalhaes@gmail.com).

<sup>4</sup> Colaborador, Graduado em Licenciatura em Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Porto Velho Calama, [e.filho@estudante.ifro.edu.br](mailto:e.filho@estudante.ifro.edu.br).

<sup>5</sup> Preceptor, Bolsista no programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Porto Velho Calama, [laffert.silva@ifro.edu.br](mailto:laffert.silva@ifro.edu.br).

<sup>6</sup> Coordenador de área, Bolsista Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Porto Velho Calama, [mauro.guilherme@ifro.edu.br](mailto:mauro.guilherme@ifro.edu.br).



## 1 INTRODUÇÃO

A prática experimental de física possui, em grande medida, uma importância ímpar durante o processo de aprendizagem dos alunos de ensino médio. Isso, pois, ela permite a inclusão de atividades palpáveis que integram a teoria à realidade do discente.

Nesse sentido, uma das possibilidades de maior engajamento para essa integração se materializa por meio do desenvolvimento de foguetes de garrafa PET, que permite demonstrar conceitos teóricos por meio da construção efetiva e palpável do conhecimento que pode ser passado de modo abstrato num primeiro momento, em sala de aula. Essa abordagem, por sua vez, guia-se pelo “construcionismo” elencado por Papert (1991), que defende amplamente que o aprendizado é mais eficaz e significativo quando o aluno se mantém engajado na criação de um instrumento, artefato ou item que o permite “pensar com as mãos”. A partir disso, a participação em competições científicas, como Olimpíada Brasileira de Foguetes (OBAFOG), também pode atuar como um poderoso catalisador para o interesse dos discentes, porque promovem o protagonismo do estudante o desenvolvimento do pensamento lógico através da resolução de problemas reais.

Desse modo, a partir desse arcabouço de informações, propôs, neste trabalho, o desenvolvimento de um foguete de garrafa PET de dois estágios, justificando-o pela necessidade de alcançar maiores distâncias e tempos de voo, fato que é possibilitado pelos dois impulsos seguidos a partir do lançamento na base.

Paralelamente à construção do foguete de garrafa PET em si, a inclusão de um sistema eletrônico é fundamental para garantir o sucesso do desacoplamento do segundo estágio, momento em que a redução de riscos de falha técnica é crucial. Nessa ótica, o uso de tecnologias acessíveis, como microcontrolador e impressão 3D, demonstra a viabilidade em construir ferramentas complexas dispendo de orçamento limitado, alinhando toda a construção aos princípios do movimento de *cultura maker*, que se integram com a resolução de problemas, conforme explicitam Carvalho e Bley (2018):

O movimento originalmente propõe uma nova revolução industrial através de novas formas de apropriação do conhecimento derivado da tendência DIY (Do It Yourself) com aplicação no campo das tecnologias e produção industrial. Elementos da robótica, Arduino, FabLabs, impressoras 3D, softwares livres, eventos como Campus Party e Feira Maker, fazem parte do movimento maker (Carvalho; Bley, 2018, p. 2-3).



Assim, o objetivo deste trabalho foi relatar o desenvolvimento e lançamento de um foguete de garrafa PET de dois estágios, equipado com um sistema eletrônico para desacoplamento e uma base de lançamento personalizada, que culminou na premiação do troféu e medalha de ouro na competição da XIX OBAFOG, em 2025.

## 2 METODOLOGIA

Primeiramente, esta pesquisa caracterizou-se como uma pesquisa-ação, que, segundo Thiollent (1985, p. 14 apud Gil, 2002, p. 55), consiste em:

[...] um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. (Thiollent, 1985, p. 14 apud Gil, 2002, p. 55).

Nessa visão, o trabalho buscou a intervenção na realidade por meio do desenvolvimento de um sistema funcional, fundamentado nos princípios da cultura *maker* e do "aprender fazendo".

O desenvolvimento do foguete como um todo foi estruturado em etapas interligadas. Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental em artigos, sites e vídeos para o levantamento de técnicas de construção de foguetes de garrafa PET. Após a fundamentação teórica, a fase de prototipagem foi marcada pelo método de tentativa e erro, quando os testes práticos serviram como mecanismos de *feedback* para o aperfeiçoamento aerodinâmico e estrutural do foguete, bem como da base e do sistema eletrônico.

A estrutura do foguete foi construída com garrafas PET, abastecendo-se da técnica de "dupla parede" (encamisamento), que culminou no reforço da carcaça original com outra camada de PET, mediante aquecimento, que garantiu maior aderência e resistência para suportar pressões de até 120 PSI e o impacto tanto de um pouso leve ou quanto de um pouso truculento. Dessa forma, o foguete foi dividido em dois estágios: o primeiro utilizou água e ar comprimido como propelentes e a ação com a base de canos PVC; enquanto que o segundo funcionou através da reação química entre bicarbonato de sódio e vinagre, que teve reação iniciada por intermédio do sistema eletrônico.

Ademais, a base de lançamento foi confeccionada com canos de PVC e equipada com um suporte personalizado para sustentar o peso do foguete, conforme mostrado na Figura 01. O conjunto incluiu também um mecanismo de gatilho integrado



e pressurização controlada, permitindo o ajuste de ângulos de lançamento para otimizar a trajetória de voo.

**Figura 01:** Base de lançamento montada.



Fonte: Arquivos dos autores (2025).

Noutra visão, para a automação do desacoplamento, foi desenvolvido um sistema eletrônico baseado no microcontrolador ESP-32 (modelo ESP32-S3-N1638). Inclusive, o sistema contou com sensores embarcados para detectar o limite de altura, enviando um sinal elétrico para o acionamento do gatilho do segundo estágio no momento de apogeu, conforme ilustra a Figura 02.

**Figura 02:** Sistema eletrônico acoplado no gatilho.



Fonte: Arquivos dos autores (2025).

Adiante, os componentes eletrônicos do ESP-32 foram protegidos por uma “caixa” produzida via impressão 3D em plástico PLA, que era o material disponível no laboratório de física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de



Rondônia (IFRO Campus Porto Velho Calama). Nesse viés, o módulo de eletrônico foi alocado na coifa (bico) do foguete, com preenchimento protetivo para evitar danos causados pela água ou pelo impacto no solo.

Por conseguinte, projeto foi estruturado para atender aos requisitos da XIX OBAFOG, cujos critérios de avaliação basearam-se em: (a) maior distância horizontal alcançada; (b) no tempo de voo; e (c) na inovação do design do protótipo. Assim, o rigor científico aplicado na construção do sistema completo, Figura 03, visou garantir a estabilidade do voo e a precisão do desacoplamento eletrônico exigidos pelo comitê organizador.

**Figura 03:** Sistema completo; base preparada para lançamento.



Fonte: Arquivos dos autores (2025).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos durante o desenvolvimento e o lançamento oficial do foguete demonstraram a eficácia da integração entre a engenharia mecânica e a eletrônica embarcada. Isso se confirma, pois, o foguete atingiu a distância de 198 metros, impulsionado por uma pressão interna de 120 PSI no primeiro estágio. Por sua vez, esse desempenho é uma aplicação direta da Terceira Lei de Newton, conforme expresse em “Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos” (Halliday; Resnick, 2016, p. 258). Neste, onde a massa (água ou mistura química) expelida para baixo gera uma força de igual magnitude e sentido oposto, impulsionando o foguete para cima, é um reflexo direto da definição literária e é, de forma análoga, o mesmo princípio de foguetes reais.



Durante as fases de testes, observou-se que a estrutura inicial enfrentava alta resistência do ar, fenômeno amplamente conhecido como arrasto aerodinâmico, que prejudicava a trajetória e reduzia a distância final. Com base nesses dados, a parte externa do protótipo foi modificada para permitir que o fluxo de ar escoasse com menor turbulência pelos contornos do foguete. Além disso, os testes revelaram a necessidade de reforçar a estrutura para suportar a alta pressurização e o impacto da queda; para isso, utilizou-se a técnica de "dupla parede" ou encamisamento de PET, evitando explosões precoces ou deformações graves no pouso descompassado.

Seguidamente, ao se realizar os testes e lançamento, o uso do sistema eletrônico permitiu definir o momento exato em que o segundo gatilho liberou o segundo estágio (propulsão por bicarbonato e vinagre), o que garantiu um incremento crucial na distância total. Para proteger esses componentes frágeis, foi desenvolvida uma "caixa" em impressão 3D, que, aliada a um preenchimento protetivo na coifa, garantiu a integridade dos microcontroladores mesmo após o impacto.

Por fim, a estabilidade garantida pelo suporte personalizado na base de lançamento (que evitou a perda de angulação devido ao peso do projétil) foi um fator determinante no dia do evento e lançamento oficial. A precisão do sistema de desacoplamento e a robustez do design aerodinâmico asseguraram o cumprimento de todas as exigências da competição. Como resultado, a equipe obteve um desempenho satisfatório, culminando na conquista de troféu e medalha de ouro na XIX OBAFOG, em 2025, como mostra a Figura 04.

**Figura 04:** Premiação da XIX OBAFOG, 2025.



Fonte: Arquivos dos autores (2025).



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho cumpriu com nível elevado de excelência o objetivo inicialmente proposto, que versava desenvolver e lançar um foguete de garrafa PET de dois estágios e equipado com sistema eletrônico. Nesse intento, a execução como um todo confirmou que a sinergia entre a engenharia mecânica (design de dois estágios e base de lançamento em PVC) e a eletrônica embarcada (coleta de dados e automação para o desacoplamento) constituiu o diferencial técnico decisivo para o desempenho observado em competição.

Os resultados práticos, como o alcance de 198 metros, validaram os conceitos teóricos da Terceira Lei de Newton e da aerodinâmica aplicadas, demonstrando que a transposição da teoria para um artefato palpável consolida o aprendizado de forma significativa. Por outro lado, a utilização dos princípios de cultura *maker* e do "aprender fazendo" permitiu que a equipe superasse desafios complexos, como o arrasto aerodinâmico e a proteção de componentes sensíveis via impressão 3D, transformando falhas técnicas em valiosos *feedbacks*.

Para além da conquista da medalha e do troféu de ouro na XIX OBAFOG (2025), os maiores aprendizados residiram no desenvolvimento de competências essenciais, como o trabalho em equipe, a resolução de problemas reais em tempo de execução e especialmente a aplicação prática da física experimental.

Dado o exposto, conclui-se que o projeto não apenas entregou um foguete funcional de performance elevada para competições, mas também serviu como uma poderosa ferramenta de alfabetização científica, provando que o protagonismo estudantil e o estímulo ao desenvolvimento do pensamento lógico através da resolução de problemas reais são caminhos eficazes para a democratização do conhecimento tecnológico.

#### 5 AGREDECIMENTOS

Pelo fato de subsidiar a realização desse projeto, presta-se agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), que proporcionou a permanência estudantil necessária para desenvolver pesquisa e estudos de qualidade, que são refletidos em trabalhos como esse. Ademais, também se presta agradecimentos ao Campus Calama do Instituto Federal de Educação, Ciência e



Tecnologia de Rondônia (IFRO) pelo suporte financeiro ao transporte de viagem, à hospedagem e alimentação para participar da XIX OBAFOG, em 2025.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, Ana Beatriz Gomes; BLEY, Dagmar Pocrifka. cultura maker e o uso das tecnologias digitais na educação: construindo pontes entre as teorias e práticas no Brasil e na Alemanha. **Revista Tecnologias na Educação**, [S. l.], ano 10, n. 26, Edição Temática VIII – III Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E 2018), 2018. Disponível em: <https://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2018/09/Art2-vol.26-EdicaoTematicaVIII-Setembro2018.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002.

HALLIDAY, D; RESNICK, R. & WALKER, J. 2016. **Fundamentos de Física: Mecânica**, Vol 1, 10ª ed. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas**. 2. ed. New York: Basic Books, 1991.