

Foguetes a combustão para o ensino da física

César H. Pinto¹, Veronica Trevizoli², Gabriel H. F Gonçalves³, Sergio Shimura⁴

¹ César Hipólito Pinto, Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal fluminense, Física pela UNISO, Mestrado na UFSCar, cesarhipolito@professor.educacao.sp.gov.br

² Veronica Trevizoli, Licenciada e Bacharel em Matemática pelo Centro Universitário Fundação Santo André - Pedagoga pela Uninter - Pós Graduada no Ensino de Física e Matemática pela Universidade São Luís, vt.veronica.trevizoli@gmail.com

³ Gabriel Henrique Fragoso Gonçalves, Cursando ensino médio, Técnico em eletroeletrônica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Sorocaba
Bolsista IFSP, gabhenrique444@gmail.com

⁴ Sergio Shimura, Pós-Doutor, Orientador IFSP, sergio.shimura@ifsp.edu.br

RESUMO: Este artigo apresenta a experiência da utilização de meios alternativos para o ensino da física de uma forma lúdica, usando estímulo multidisciplinar, com a construção de um foguete de combustível sólido, lançado verticalmente. Em paralelo aos estudos da física, utiliza-se um conjunto a softwares de simulação de lançamento, visando uma forma de desenvolvimento próximo ao utilizado por agências espaciais, visando evitar falhas críticas de projeto e facilitar seu desenvolvimento. Para validação destes modelos é desenvolvido um sistema de sensoriamento e coleta de dados com telemetria onde serão comparados dados reais de localização, velocidade e altitude com os resultados de simulação.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino da física; Softwares de Simulação; Eletrônica embarcada.

Physics teaching by a build of a rocket model

ABSTRACT: This paper shows the experience of using alternative means for teaching physics in a playful manner, with a multidisciplinary stimulus, by the construction of a solid fuel rocket, launched vertically. Along with physics theory studies, this paper describes the use of launch simulation software, using a process close to that one used by space agencies, in order to avoid critical design flaws and facilitate its development. To validate these simulation models, a sensor data collection system is developed to collect real time information such as location, speed and altitude that are compared with the simulation results.

KEYWORDS: Physics teaching; Simulation Software; Embedded electronics.

INTRODUÇÃO

Os foguetes de combustível sólidos possibilitam diversos aprendizados durante seu desenvolvimento, embora seja um pouco mais complexo que os foguetes de garrafa pet impulsionados a água, podem ser encontrados diversos conteúdos na internet para serem utilizados como base. Nos lançamentos, é possível explorar vários conceitos físicos e matemáticos.

Os objetivos do projeto são aprofundar o conhecimento sobre a exploração espacial, testando conceitos e etapas da construção e lançamento de protótipos de foguetes experimentais.

Este projeto tem como meta, desenhar, projetar e testar virtualmente um protótipo de foguete à combustão e em seguida manufaturá-lo em oficina de materiais e lançá-lo para comparação de resultados das simulações feitas no *OpenRocket* (ROCKETRY FORUM, 2020). Para a coleta dos dados reais é devolvido um sistema de coleta de dados de localização, velocidade e altitude baseado na plataforma Arduino.

MATERIAIS E MÉTODOS

Protótipo do foguete:

Em virtude de o projeto do foguete a combustão ser mais complexo no contexto de magnitude, material e processo construtivo, precisamos realizar testes de estabilidade, uma vez que são necessários cálculos

avançados de Centro de Gravidade e Centro de Pressão, para tal realização desta tarefa usamos o programa *OpenRocket*.

Softwares de simulação:

OPENROCKET – É um software de prototipagem e simulação. Ele calcula as propriedades aerodinâmicas de foguetes e modelos e simula o seu voo, retornando uma ampla gama de resultados técnicos.

O programa pode ser dividido em duas seções:

Projeto do foguete, onde você pode projetar o modelo de foguete que você pretende construir. Durante esta fase, você verá uma representação 2D do foguete assim como várias informações técnicas (tamanho, massa, apogeu máximo, velocidade máxima, aceleração, estabilidade, centro de gravidade (CG), centro de pressão (CP)), assim sendo possível ter uma noção de como o foguete se comportara.

Simulação de voo, onde você pode executar uma ou mais simulações de voo do seu foguete, escolhendo a partir de uma ou mais configurações de motor.

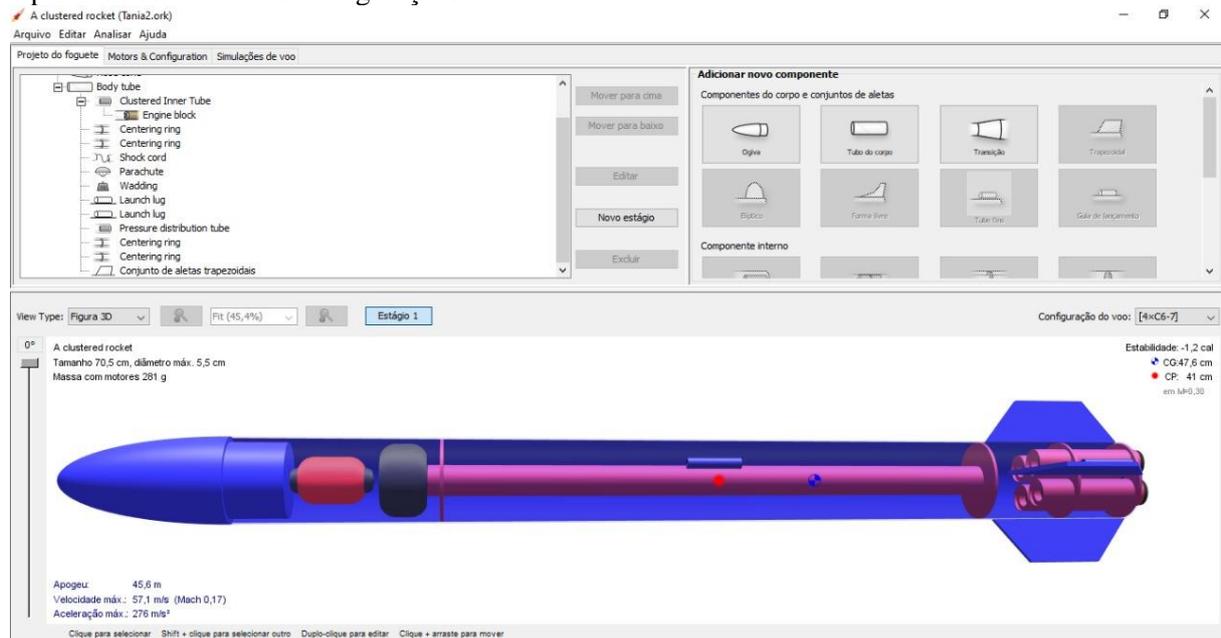


Figura 1 – modelo do foguete no OpenRocket

Tracker: Análise de dinâmica física de corpos - O aplicativo Tracker é um *software* livre de análise da dinâmica de corpos e ele é apropriado para nosso propósito de analisar o comportamento do movimento do foguete após o seu lançamento. Ele faz as análises dinâmicas a partir de vídeos, combinando-os com modelos físicos computacionais. A sincronização do vídeo com os modelos permite a comparação visual com o mundo real (BROWN, 2020).

De acordo com HIPOLITO, 2019, “para cumprir com esta tarefa, durante a fase de testes de campo, precisamos de uma filmagem perpendicular ao plano de lançamento do foguete a partir desta tomada de imagem, lançamos o conteúdo no software e montamos o processo de análise”.

A análise, feita através do programa que gera gráficos de diferentes grandezas físicas. Os dados, (como posição, velocidade, aceleração, energia, entre outros) são gerados pelo ajuste de curvas que pode ser manual ou automático sobre as imagens de vídeo.

Combustível do foguete:

O combustível do foguete deste projeto é composto de três principais componentes químicos.

1. Nitrato de Potássio
2. Sacarose
3. Óxido de Ferro

O processo de elaboração do combustível segue a fórmula de cozinhar os ingredientes citados até formar uma pasta.

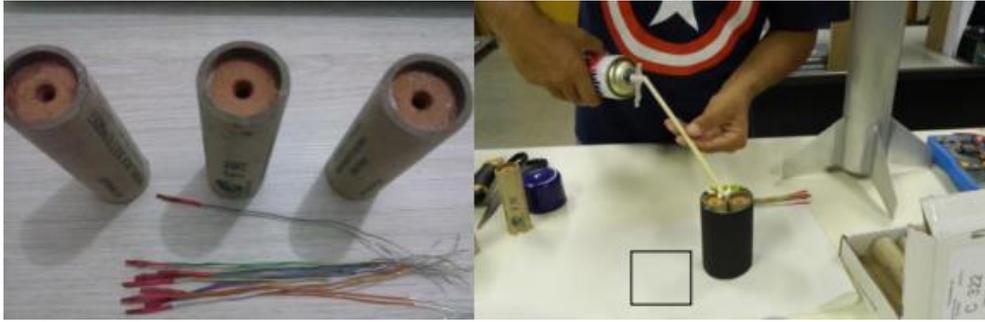


Figura 2 - Desenvolvimento dos motores do foguete

Para o sistema de captura de dados e recuperação do foguete, foi utilizado o software *Fritzing* (FRITZING FOUNDATION, 2020) para desenvolvimento da placa de circuito impresso.

Sistema eletrônico - componentes utilizados:

- Esp32 LoRa OLED (microcontrolador com transmissor de rf) (ARDUINO, 2020)
- MPU 9250 (acelerômetro de 9 eixos - Faixa do giroscópio: $\pm 250^\circ$, $\pm 500^\circ$, $\pm 1000^\circ$ e $\pm 2000^\circ$
Faixa do Acelerômetro: $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ e $\pm 16g$
Faixa do magnetômetro: $\pm 4800\mu T$)
- BMP 280 (sensor de pressão Precisão: $\pm 0.12hPa$, Precisão temperatura: $\pm 1.0^\circ C$ e altitude: $\pm 1m$)
- GY-NEO6M (Módulo GPS – *Global Positioning System*, sua precisão varia mediante a quantidade de satélites a sua volta)

A Figura 3a mostra o esquema elétrico utilizado para o sistema de sensoriamento. Abaixo o Esp 32 Lora, acima à esquerda o módulo MPU 9250, no centro o módulo BMP 280 e no alto, à direita, o sensor GPS. A comunicação entre os módulos mpu e bmp é feita via comunicação i2c. Já o módulo de GPS utiliza a comunicação serial TTL.

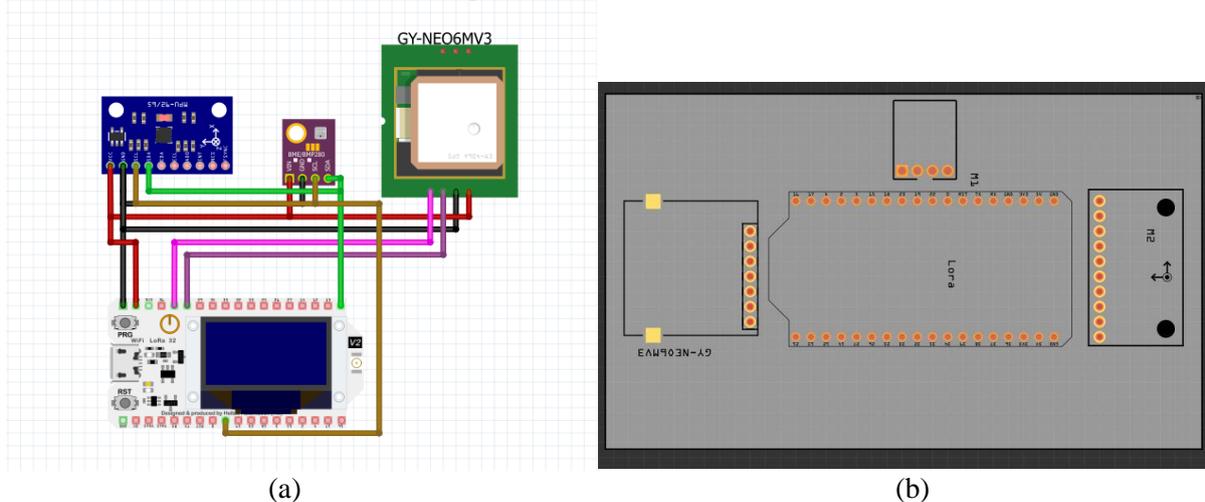
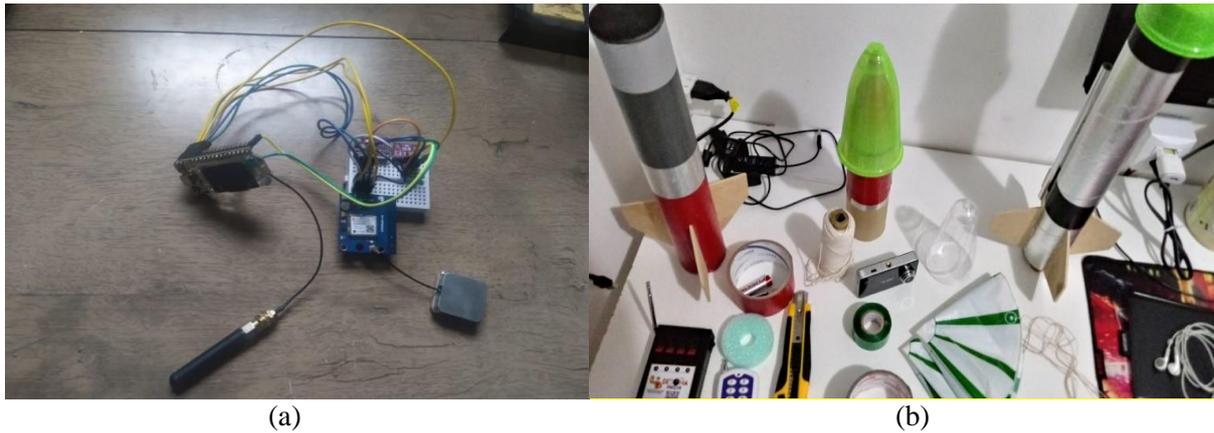


Figura 3 – (a) - Esquema eletrônico do sistema captura de dados e recuperação
(b) – posicionamento dos componentes na placa de circuito impresso

A Figura 3b mostra uma placa de 150 mm de comprimento por 60 mm de largura, onde ficaram acoplados os componentes, assim se encaixando sob as medidas do foguete.

A Figura 4 (a) mostra a montagem realizada em protoboard deste mesmo circuito e a Figura 4 (b) a montagem física do foguete.



(a) (b)
 Figura 4 – (a) – Montagem da eletrônica embarcada em um protoboard
 (b) – Foguete em sua montagem

Para a validação da eletrônica embarcada, foram comparadas as medições de seus sensores com outros sistemas isolados. Como por exemplo para teste do GPS do sistema, foi comparado os resultados com o GPS do celular, que utiliza a mesma tecnologia.

Este protótipo tem 55 cm de comprimento, sendo composto de papelão madeira e plástico, 2 motores de 12 cm de comprimento, onde cada um fornecia 8 N de empuxo, que com sua carga era estimado uma altitude de cerca de 150 a 200 m – Figura 6.



Figura 5 – Foguete em sua base de lançamento

Antes do voo o sistema de telemetria foi ligado fora do foguete para verificação de seu funcionamento. Porém, como não foi possível a instalação completa do sistema, o foguete acabou sendo lançado sem a eletrônica. Entre os principais motivos da instalação do sistema eletrônico ser abortada foram o fato da fiação estar fixada de forma precária (vários fios se soltaram durante a instalação dentro do compartimento de carga) e também devido ao tamanho do conjunto, incluindo as baterias (um powerbank de duas células). Com isto, o volume total tornou inviável a instalação nesta primeira etapa. Como solução proposta pela equipe, está a fabricação de uma placa de circuito impresso, que evitará a desconexão de fios e facilitará em muito a montagem e a utilização de 3 baterias de lítio de 3,6V 2450 em paralelo, do tipo moeda, diminuindo a massa e o volume e tendo uma capacidade de 360 mAh, como o circuito possui um consumo de aproximadamente 80 mA, teremos cerca de 4 horas de alimentação com as baterias.

Outras melhorias incluem troca dos fios do sistema de paraquedas, que enrolou durante a descida como também o aumento do seu tamanho.

Também não foi feita a gravação do lançamento de forma adequada para a análise com o tracker.

A Figura 6 mostra a foto do lançamento feito pelos autores no dia 19/09/2020.



Figura 6 - Primeiro lançamento de teste feito pela equipe deste projeto no dia 19/09/2020

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O foguete se comportou como o esperado, embora o sistema de paraquedas passivo tenha falhado e o foguete se chocou com o solo, foi possível recuperar grande parte dos componentes sem muitos danos. A altitude do voo foi de aproximadamente 150 m, estimado pela filmagem feita a longa distância. A captura dos dados não foi possível, devido à falta de espaço interno para o sistema de eletrônica embarcada por conta da câmera. O próximo lançamento será feito no início de outubro de 2020, com um foguete de 4 motores de 8 N de empuxo. Estima-se uma altitude de 400 metros para este próximo lançamento.

CONCLUSÕES

As propostas de melhorias observadas neste primeiro lançamento, a saber: eletrônica mais compacta, assim fazendo uso melhor do espaço interno do foguete disponível que é de 150 mm de comprimento e 60 mm de diâmetro; e sistema de paraquedas mais robusto serão implementadas para este próximo lançamento, junto as melhorias no sistema de paraquedas.

Mesmo com os detalhes citados acima, a eletrônica se provou eficaz e pronta para o próximo lançamento, mas é interessante a implementação de um sistema de captura de dados independente da transmissão de radiofrequência para evitar perda de dados, como um cartão SD acoplado ao sistema.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores e ao Instituto Federal Campus Sorocaba pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ARDUINO, Sítio da Plataforma Arduino. Disponível em: <<http://arduino.cc>>. Acesso em: 27/09/2020.

BROWN, D. et al. Tracker - Video Analysis and Modeling Tool. Disponível em: <<http://physlets.org/tracker/>>. Acesso em: 10 set 2020.

FRITZING FOUNDATION. Fritzing – Electronics Made Easy. Disponível em: <<http://fritzing.org/>>. Acesso em: 27 set 2020.

HIPOLITO, C., ARANHA, N. Foguetes à combustão: Uma proposta para ensino de Física. 2019. Apostila didática para Ensino de física.

ROCKETRY FORUM. OpenRocket – Build Better Rockets. Disponível em: <<http://openrocket.info/>>. Acesso em: 10 set 2020.