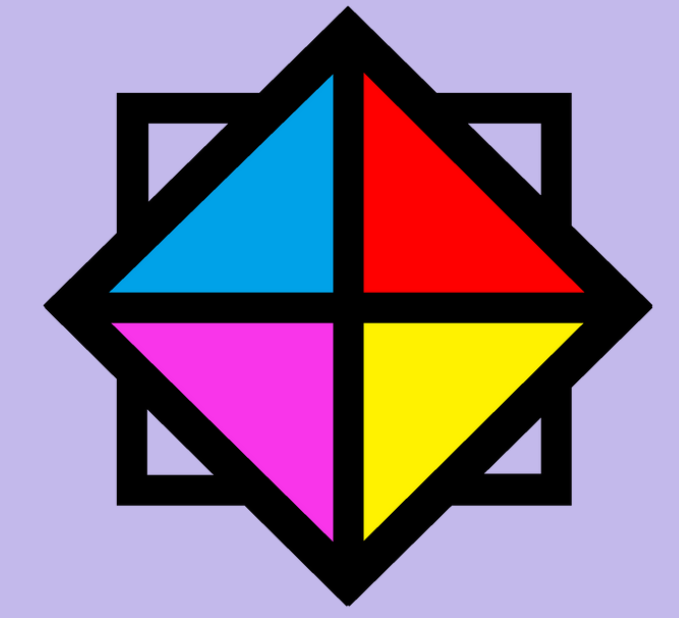


# Determinação e simulação do movimento em três dimensões



criatividade e inovação  
**FEBRACE**

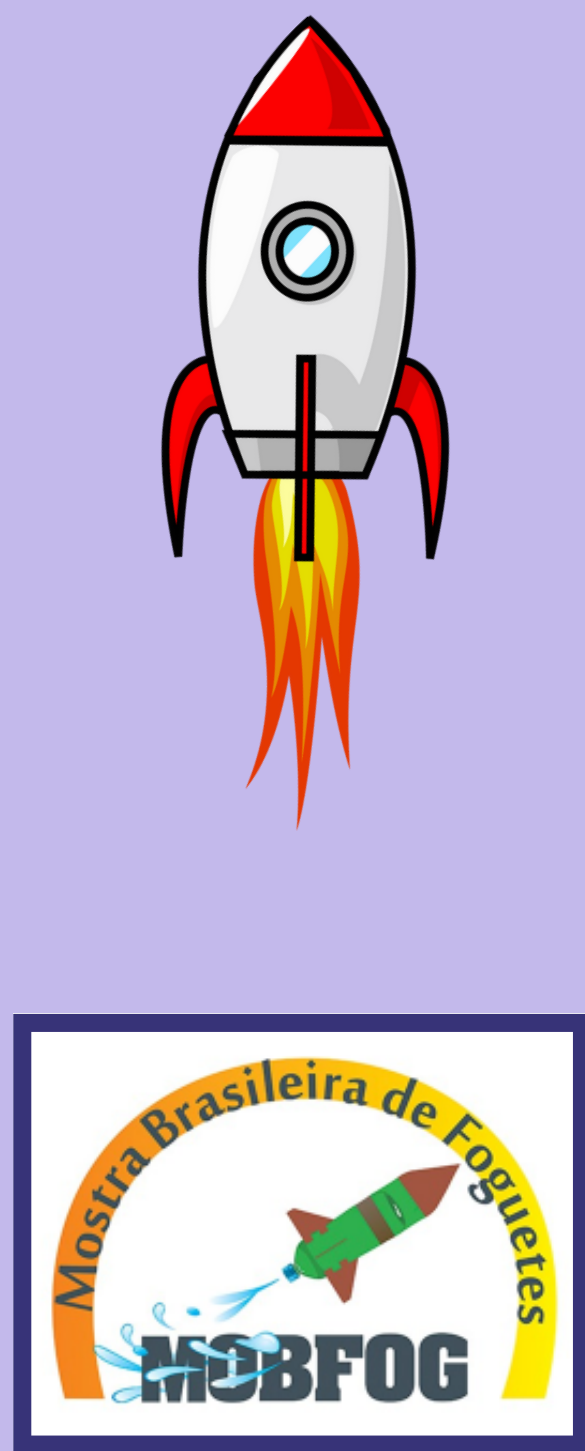
**Autores:** Eduardo Barros Guimarães e Gustavo Passos Ribeiro  
**Orientador:** José Marcelo Gomes



CAP-COLUNI/UFV

## 1 Introdução

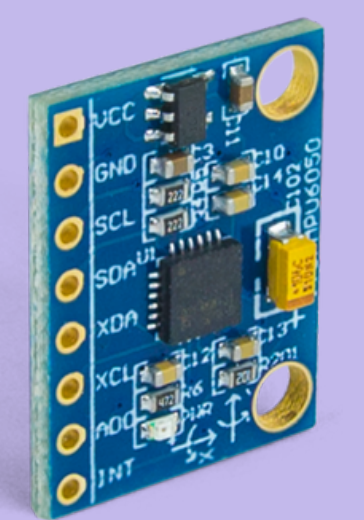
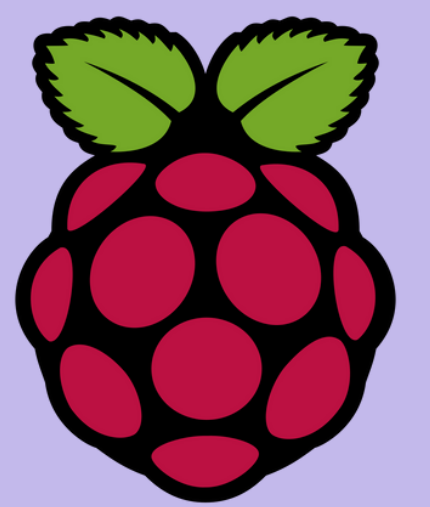
A competição de lançamento oblíquo da Mostra Brasileira de Foguetes toma por vencedor aquele que alcançar a maior distância horizontal. Nesse contexto, a fim de avaliar e possibilitar melhorias nos foguetes desenvolvidos, ocorreu a ideia de desenvolver um sistema de monitoramento e simulação da trajetória e orientação do corpo estudado, além de produzi-lo de forma que fosse facilmente adaptável.



## 2 Objetivos

Dessa forma, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

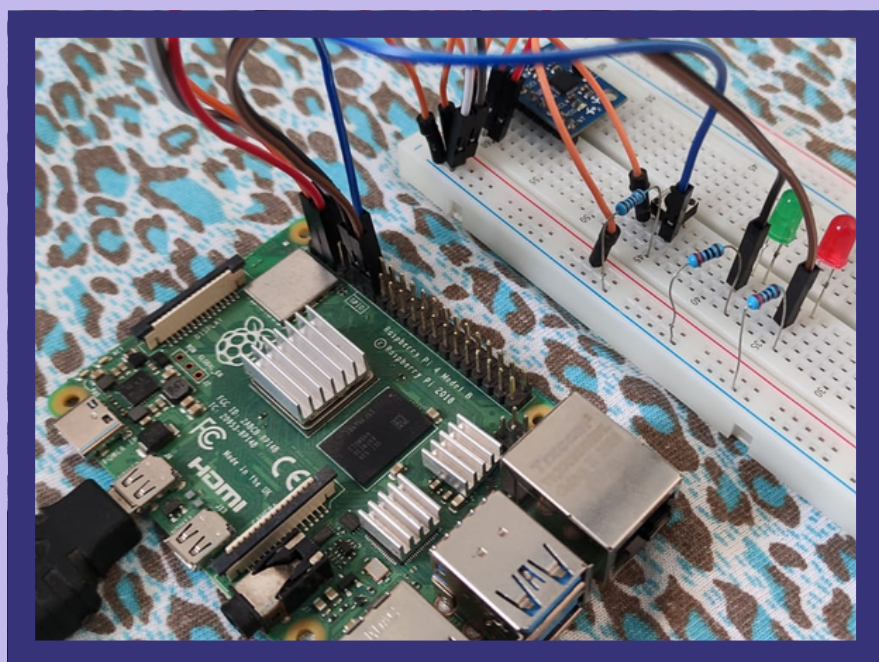
- desenvolver um sistema eletrônico de baixo custo capaz de coletar dados da aceleração e da velocidade angular usando o MPU6050 e o Raspberry Pi 4;
- programar um aplicativo que apure os dados coletados e determine a posição e orientação do sensor em gráficos e simulações;



## 3 Metodologia

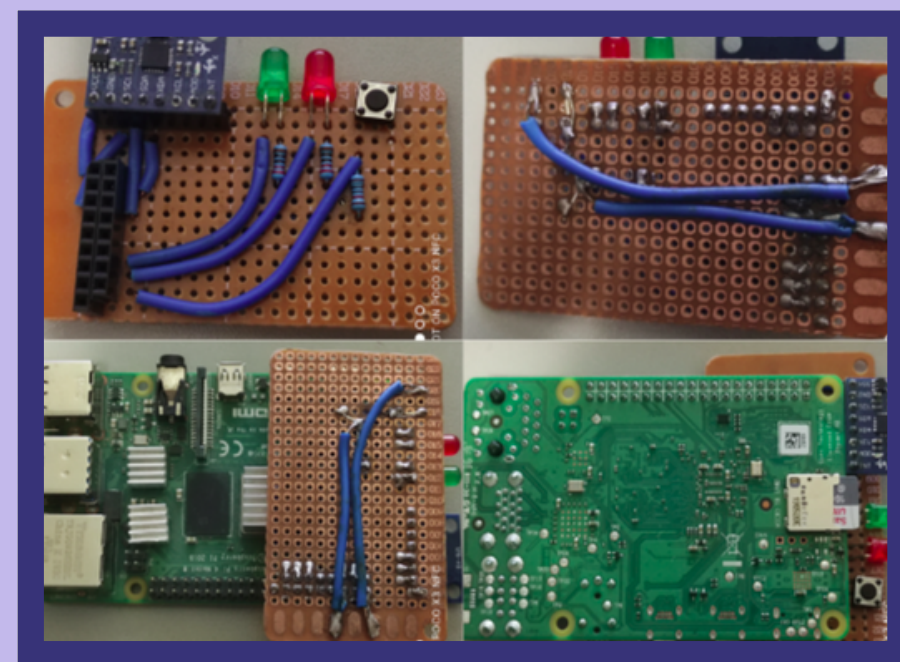
### Protótipo

De início, fez-se um protótipo utilizando o MPU6050, Raspberry Pi 4, botões e leds, para testar o funcionamento do circuito e desenvolver o programa de coleta.



### Modelo Final

Concluída a programação do sistema, fixou-se numa placa de fenólite os componentes para minimizar a massa e facilitar a coleta.



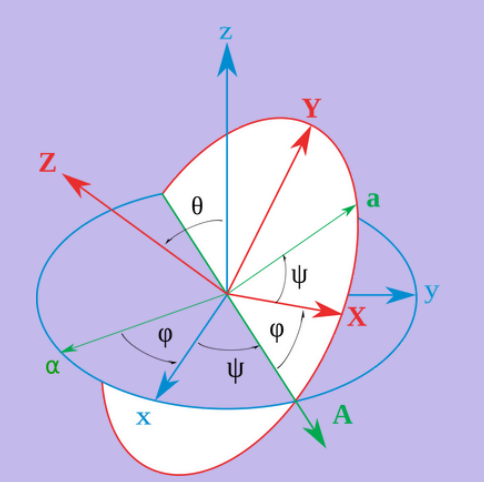
### Previsões do Modelo

A engenharia do sensor tornou necessárias correções na orientação do vetor de aceleração gravitacional<sup>1</sup>. Além disso, desvios angulares na posição inicial e ao longo do movimento precisaram ser corrigidos. Tais correções foram feitas usando quatérnions<sup>2</sup>.

### Processamento e Exibição

Após modelar o problema, utilizando Python, foi criado um programa para:

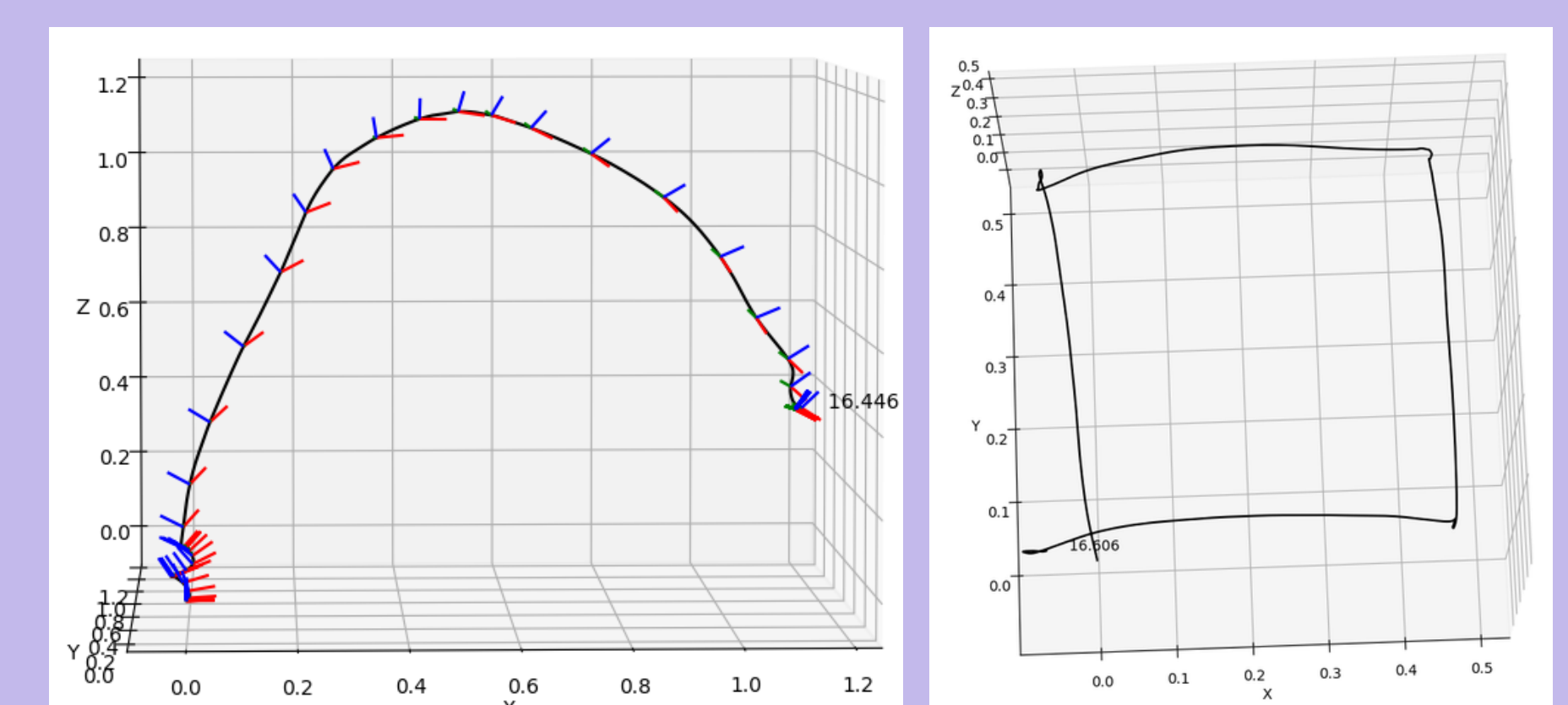
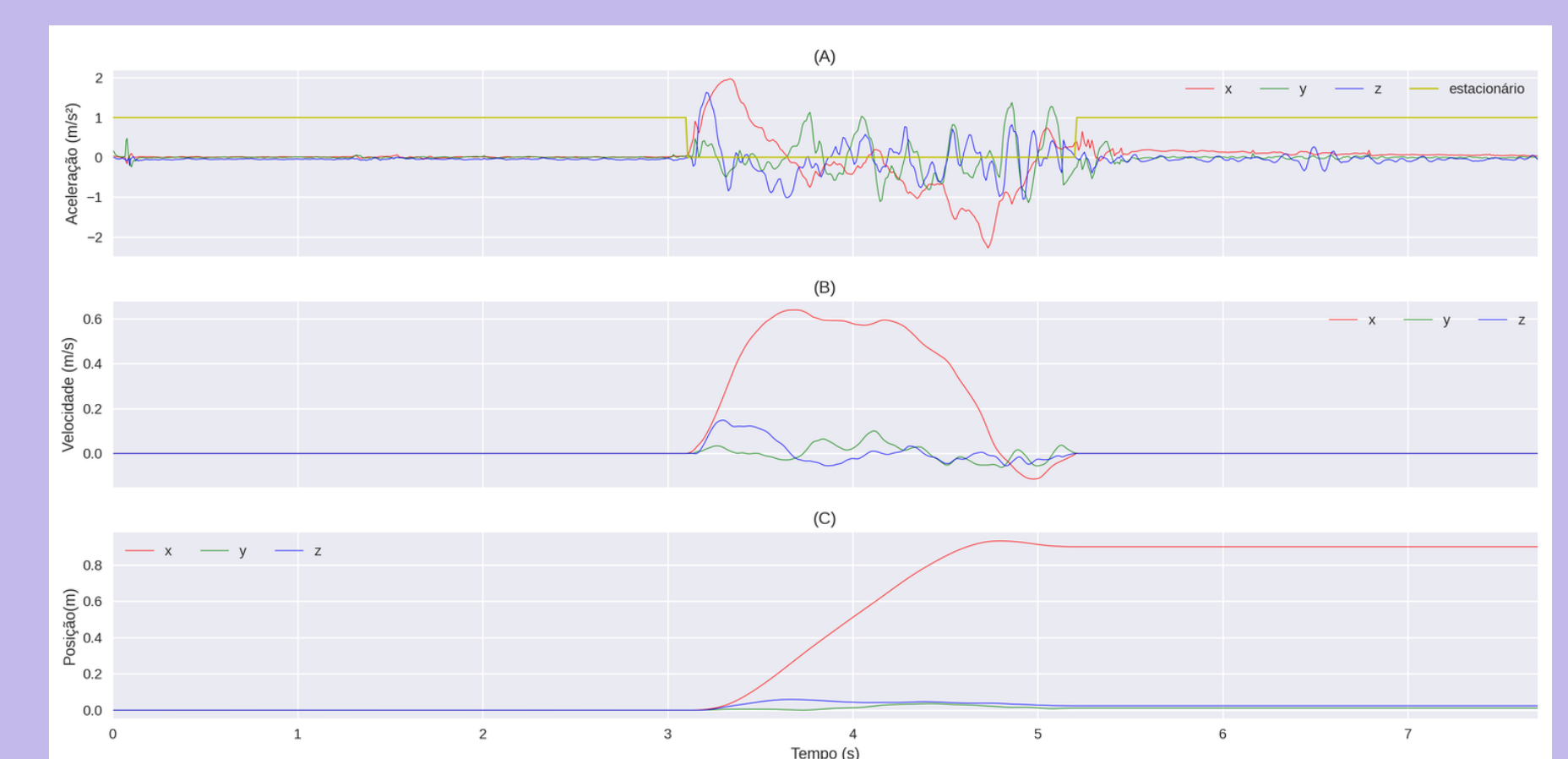
- processar e corrigir os dados do sensor;
- exibir gráficos e simular os movimentos realizados.



## 4 Resultados

Após desenvolver os programas de coleta e processamento, alguns movimentos foram feitos e gravados com uma câmera em uma mesa com um sistema de coordenadas para comparar a realidade com os dados. Com efeito, o programa conseguiu coletar os dados, bem como dispô-los em gráficos e construir simulações que guardavam alguma semelhança com o que foi gravado.

Todavia, os testes iniciais mostraram que o dado bruto sozinho não permite determinar de forma satisfatória a posição do sensor. Nesse sentido, melhorias foram feitas usando filtros de ruído e determinando um valor mínimo de aceleração, a partir do qual corrigimos a velocidade do corpo. Após isso, o programa operou de forma satisfatória, criando simulação e gráficos do movimento com precisão muito maior do que antes.



[1] MADGWICK, S. Open source IMU and AHRS algorithms. X-IO Technologies. Acesso em: 05 ago 2021  
[2] HAMILTON, W. R. On Quaternions, or a New System of Imaginaries in Algebra. Londres: Philosophical Magazine, 1844-1850. Acesso em: 16 jul 2021.

Para melhor compreensão dos resultados obtidos, acesse os vídeos:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ekyY6dQ9t6o> - Para a simulação da posição  
<https://www.youtube.com/watch?v=dDBdsNAT8Fs> - Para simulação da rotação