

## IMPLEMENTAÇÃO DE AVIÔNICA MODULAR PARA UM FOGUETE UNIVERSITÁRIO DE COMPETIÇÃO COM APOGEU DE 250 M

**Carlos Roberto Bearzi**

**Bruno Fernandez Rodrigues de Sousa**

**Vitória Pazeto Nolêto**

Universidade Federal de Santa Maria – Av. Roraima, 1000, Santa Maria - RS, Brasil

**carlos.bearzi@acad.ufsm.br**

**bruno.sousa@acad.ufsm.br**

**vitoria.pazeto@acad.ufsm.br**

**Resumo.** Os componentes elétricos refinados de um sistema de engenharia podem ser um empecilho no custo final. Diante disso, estudantes membros da equipe de foguetemodelismo TAU Rocket Team projetaram um subsistema de eletrônica e carga paga para o projeto Foguete de Treinamento TAU (FTT) visando minimizar as despesas desse setor. Para atingir esse objetivo foram utilizados componentes eletrônicos de fácil acesso no mercado, além de técnicas básicas de soldagem e confecção de placa de circuito impresso. Por fim, obteve-se um subsistema de coleta, armazenamento, transmissão e recepção de dados atmosféricos pontuais e geolocalização para um foguete universitário de treinamento e competição. O objetivo final alcançado foi a manufatura de uma placa de desenvolvimento modular, suscetível a introdução de novos elementos de carga paga a fim de promover a reutilização a futuros membros e missões.

**Palavras chave:** Foguete. Universitário. Eletrônica. Payload.

### 1. INTRODUÇÃO

A equipe de foguetemodelismo de competição TAU Rocket Team teve início em meados de 2020 procurando preencher a falta de uma equipe de competição nesta categoria para o curso de engenharia aeroespacial da Universidade Federal de Santa Maria. Desde então, ela promoveu duas missões. A primeira, Photon, destina-se a altitudes de médio alcance e utiliza componentes fixos e com redundância de segurança.

Enquanto isso, o Foguete de Treinamento TAU (FTT), serve de porta de entrada e teste para novos membros e futuras missões. Por conseguinte, seu subsistema de eletrônica e carga paga foi concebido de modo a suprir requisitos essenciais de reutilização e adaptabilidade.

O cenário atual de desenvolvimento de veículos universitários brasileiros conta com diversos empecilhos financeiros quando se trata da aquisição de peças. Sistemas de rastreamento mais refinados para foguetes atmosféricos (BABAYOMI et al., 2013) utilizam através de conexão à internet, por meio de conexão GSM. Na TAU, o Departamento de Eletrônica e Carga Paga (DEC) buscou uma solução para introduzir novos membros à cultura de

foguetemodelismo priorizando modularidade e interface simples porém funcional.

Dessa forma, desenvolveu-se o projeto da base de aviônica do FTT. Um sistema que utiliza de sensores, módulos e componentes eletrônicos para controlar e monitorar dados como, a pressão aplicada ao foguete, o ângulo de ataque, a vibração durante o voo, as coordenadas de localização, ignição do motor, temperatura e sistema de recuperação. Para desenvolver o sistema foi utilizado placas de desenvolvimento bem como os respectivos sensores. O sistema embarcado se comunica com o solo através de radiofrequência fazendo com que seja possível acompanhar os devidos dados através de um aplicativo para celular.

Com uma metodologia iterativa entre os demais departamentos e dividida entre 4 fases sequenciais, o projeto atualmente encontra-se em sua última etapa, onde deverá ser operado e constantemente atualizado.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto teve início com a seleção de uma metodologia estabelecida para sistemas. Partindo da cultura

organizacional da equipe, o DEC decidiu pelo guia de engenharia de sistemas utilizado pela agência espacial americana, disponível em domínio aberto (NASA, 2019).

## 2.1. Metodologia

A abordagem de engenharia de sistemas consiste em subdividir o projeto em quatro fases sequenciais com duração não-necessariamente iguais: Fase A<sub>0</sub>, Fase A, Fase B e Fase C. Embora a fonte sugira possibilidade de acrescentar mais etapas, apenas essas foram imprescindíveis para atingir o resultado desejado.

Adicionalmente, pôde-se estabelecer uma relação com a metodologia CDIO, presente em cursos modernos de graduação de engenharia ao redor do mundo. Como visto em Crawley et al. (2019, p. 27), concepção, projeto, implementação e operação são as quatro principais tarefas ao desenvolver produtos, processos e sistemas.

Na fase A<sub>0</sub> e fase A, definiram-se os objetivos da missão, a metodologia adotada pela equipe, os componentes eletrônicos a serem utilizados e as principais atividades que seriam desenvolvidas durante o projeto. Nesta fase, também se definiu que o departamento ficou responsável pelo tratamento e extração dos seguintes dados: umidade, temperatura, altitude, ângulo de voo, posicionamento, pressão e velocidade. Nesta fase foram contempladas a concepção do sistema.

Na fase B, trabalhou-se no desenvolvimento da área de comunicação e operações com o solo, bem como iniciou-se o projeto da placa principal do módulo eletrônico do foguete, item responsável por conectar todos os componentes eletrônicos utilizados. Durante a fase B também foi iniciado o desenvolvimento da placa principal do módulo eletrônico com o *software* aberto EasyEDA. Essa fase foi análoga ao projeto em CDIO.

Por fim, na fase C, finalizou-se o projeto da Placas de Circuito Impresso, os CADs e iniciou-se o desenvolvimento do software. Adicionalmente, foram desenvolvidos os instrumentos de controle de solo. Dessa forma, concluindo a implementação e iniciando o processo de operação.

## 2.2 Seleção dos Componentes

Durante a fase A, mais precisamente, o departamento estudou e comparou muitas alternativas de componentes para o desenvolvimento do sistema elétrico e da placa de circuito impresso, entretanto, fatores como custo-benefício, eficiência/utilidade e fácil acesso, foram decisivos para a escolha dos componentes. Dessa forma foram escolhidos os seguintes componentes na Tabela 1.

Tabela 1. Componentes escolhidos

Componente elétrico	Função
ESP32	Microprocessador
BMP280	Sensor
MPU6050	Sensor
Módulo Micro-SD	Módulo
Transceiver HC12	Módulo
Módulo GPS NEO6mV2	Módulo
Reguladores de tensão	Outros
Cartão SDHC 32GB	Outros
Placa de fenolite cobreada	Placa de circuito

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O circuito de conexões produzido no EasyEDA com todas as conexões visíveis para montagem na placa está demonstrado na Figura 1.

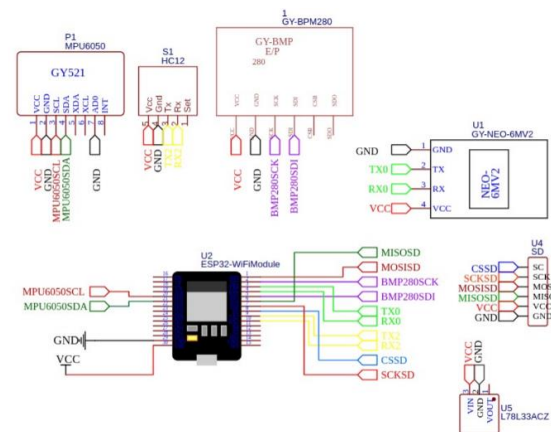


Figura 1. Circuito de conexões desenvolvido através do *software* EasyEDA

A partir das conexões, foi possível desenvolver a topologia da placa de circuito impresso. Devido às restrições impostas pelo departamento de estruturas, as dimensões máximas da placa do circuito elétrico foram de 17 cm x 5 cm com relevo máximo segundo um raio de 5 cm. desse modo, desenvolveu-se o projeto do circuito elétrico e seu CAD utilizando o EasyEDA, ilustrado na Figura 2.

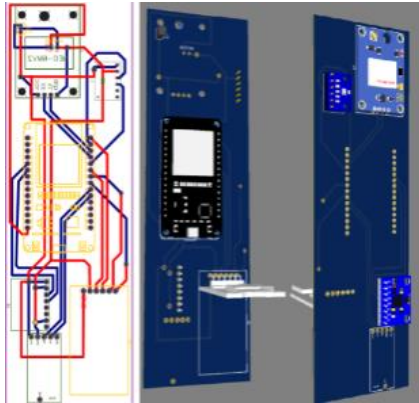


Figura 2. Projeto do circuito elétrico e CAD da placa de circuito impresso

Tendo os formatos compatíveis em mãos, foi necessário realizar a impressão da placa. Esse procedimento foi realizado pelo setor responsável da universidade, com a maquinaria necessária.

De posse da placa de circuito impresso, o DEC pôde realizar os testes dos sistemas embarcados como medição de distância máxima e integridade para os dados transmitidos. Ainda sob a fase de implementação, foram confeccionados pela impressora 3D da TAU os suportes de integração da placa à estrutura do foguete. O estado final da aviãoica com seus suportes produzidos está demonstrado na Figura 3.

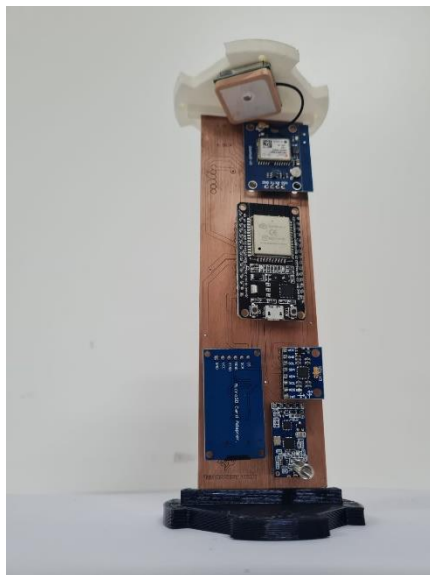


Figura 3. Estado final da aviãoica do FTT com suportes de estrutura integrados

Observa-se que o modelo apresentado não consta de alguns componentes, como regulador de tensão. Isso se deve à indisponibilidade atual do componente cuja aquisição está prevista para as próximas semanas.

#### 4. CONCLUSÕES

O estado atual da implementação da aviãoica satisfatoriamente os requisitos do projeto FTT. De posse do código-fonte que permite adaptabilidade e da estrutura modular (com espaços para substituição ou integração de sensores), restará apenas testá-la *in situ* a fim de averiguar sua responsividade durante a operação.

O FTT está com previsão para primeiro lançamento em dezembro de 2022 e com posterior missão durante o Festival de Balonismo de Venâncio Aires - RS, com data para maio de 2023.

Neste momento, o DEC prioriza demais testes de componentes e a instrução de novos membros *trainees* aprovados para o departamento. A TAU espera utilizar-se do material produzido em função da missão FTT a fim de melhor integrar seus participantes, servindo como porta de entrada para missões mais robustas como a do Photon.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BABAYOMI, O. O. et al. "Low Cost Ground Test Equipment for Atmospheric Rocket Flights Using Embedded Systems." 2013 IEEE International Conference on Emerging & Sustainable Technologies for Power & ICT in a Developing Society (NIGERCON) (2013): n. pag. Web.. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. NASA Systems Engineering Handbook - NASA/SP-2016-6105 Rev 2: National Aeronautics and Space Administration. N.p.: Independently Published, 2019.
- CRAWLEY, E. et al. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. Springer International Publishing, 2014. p. 27. (EBL-Schweitzer). ISBN 9783319055619. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=Qo-4BAAAQBAJ>>.