

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Escola Técnica Estadual Rodrigues de Abreu
Ensino Médio Integrado ao T em Desenvolvimento de Sistemas

PROJETO UNRAVEL: CONSTRUÇÃO DE UM FOGUETEMODELO DA CATEGORIA DE 500 METROS DE APOGEU

Rafael Cambrais Cestari¹

Thiago Lucas Antones Mariano²

Thiago Miguel Slompo³

Thomas Henrique Santos Pinheiro⁴

Vinicius Belchior⁵

Resumo: O artigo que aqui se desenvolve visa documentar os processos que compõe a construção de um foguetemodelo com apogeu previsto para quinhentos metros de altura. O objetivo dessa pesquisa é demonstrar como e quais áreas de conhecimento podem ser aplicadas num único projeto, visando atrair o interesse para a prática do foguetemodelismo tanto dentro da nossa comunidade escolar quanto para comunidade externa. Dessa maneira, será discutido sobre como a inclusão dessa prática nas instituições de ensino, de nível médio e técnico, pode trazer benefícios para os estudos em Desenvolvimento de Sistemas.

Palavras-chave: foguetemodelismo, robótica, programação, modelagem em 3D.

¹ Aluno do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, na ETEC Rodrigues de Abreu – rafael.cestari01@etec.sp.gov.br.

² Aluno do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, na ETEC Rodrigues de Abreu – thiago.mariano2@etec.sp.gov.br.

³ Aluno do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, na ETEC Rodrigues de Abreu – thiago.slompo@etec.sp.gov.br.

⁴ Aluno do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, na ETEC Rodrigues de Abreu – thomas.pinheiro@etec.sp.gov.br.

⁵ Aluno do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, na ETEC Rodrigues de Abreu – vinicius.belchior@etec.sp.gov.br.

1 INTRODUÇÃO

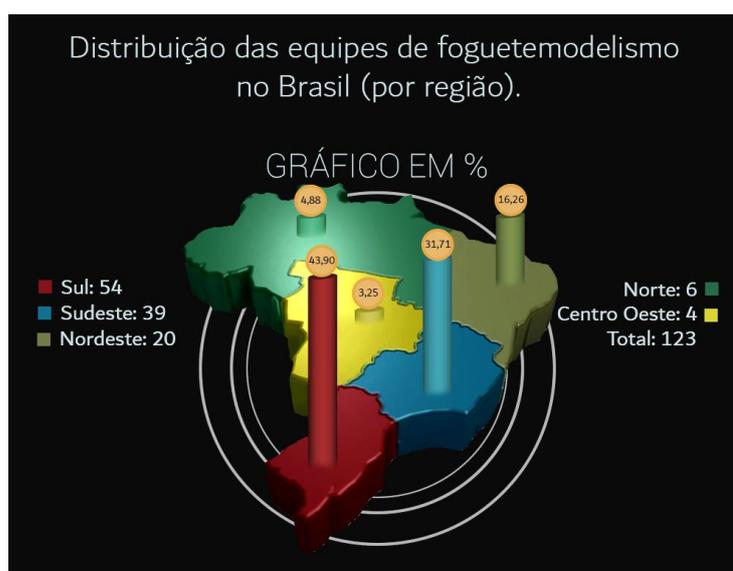
O tema do trabalho desenvolvido abrange o planejamento e construção de um foguetemodelo e a avaliação de como essa experiência pode beneficiar estudantes do ensino médio técnico que planejam seguir na área da tecnologia.

O problema da pesquisa se apoia no fato de que, de acordo com NASCIMENTO, et al. (2015), a prática e a experimentação são vitais para a aprendizagem das ciências e ao longo de nossa experiência escolar, inclusive no período do Ensino Técnico, percebemos que experiências raramente são realizadas, principalmente, pela falta de recursos financeiros, físicos e materiais de apoio.

Perante esta constatação e para buscar enriquecer o estudo de Desenvolvimento de Sistemas, decidimos nos debruçar sobre o foguetemodelismo, que envolve processos como: robótica, programação e modelagem 3D.

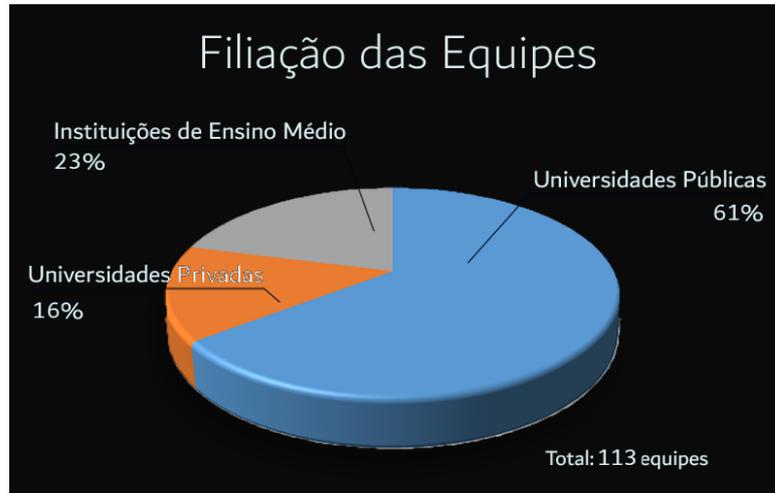
O objetivo desse projeto é demonstrar como as diferentes áreas de conhecimento podem ser aplicadas de maneira unificada para o alcance de um objetivo em comum, evidenciando o valor de uma prática não muito conhecida no Brasil – 123 equipes em todo o país, segundo GDAE (2020), em contraste com as 800 equipes estadunidenses cadastradas para o *American Rocketry Challenge* em 2023, de acordo com ARC (2023).

Figura 1: Distribuição das equipes de foguetemodelismo no Brasil



Fonte: Grupo de Desenvolvimento Aeroespacial da Universidade Federal do Ceará (2020). Disponível em: <https://gdae.ufc.br/foguetemodelismo/>

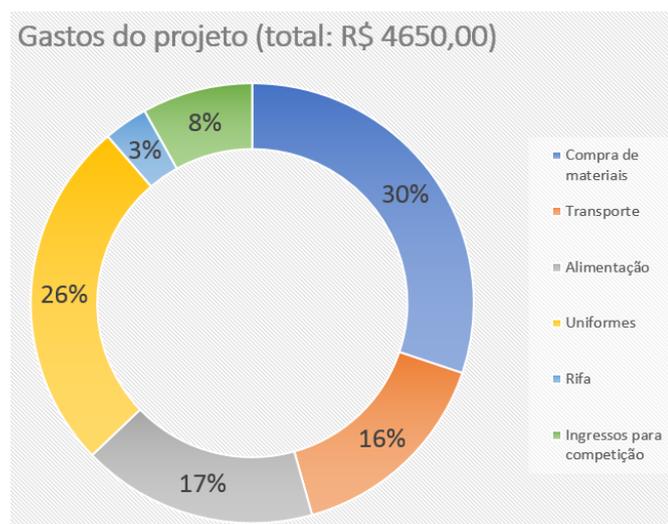
Figura 2: Filiações das equipes de Foguetemodelismo



Fonte: Grupo de Desenvolvimento Aeroespacial da Universidade Federal do Ceará (2020). Disponível em: <https://gdae.ufc.br/foguetemodelismo/>

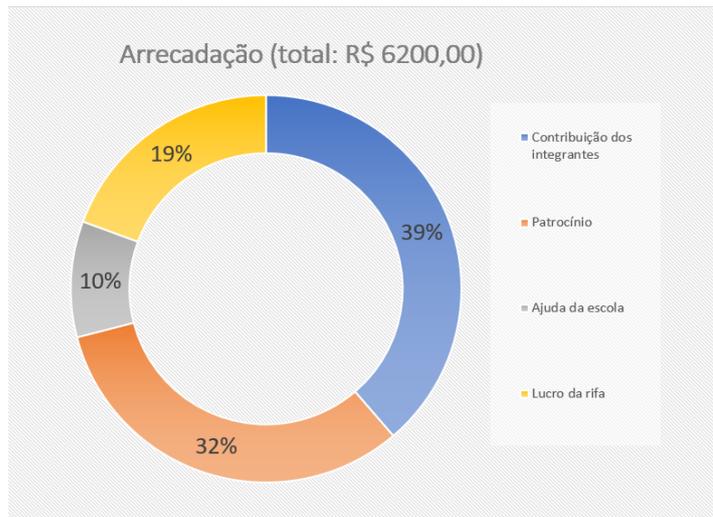
Para bancar a construção do foguete, que custou aproximadamente R\$ 4.650,00, foi necessária a arrecadação de fundos por meio da venda de rifas e da elaboração de um uniforme para os membros da equipe, com espaços para publicidade paga, além da contribuição por parte de cada membro com os custos excepcionais.

Figura 3: Gastos com o projeto



Fonte: Produção dos autores (2023)

Figura 3: Arrecadação de fundos



Fonte: Produção dos autores (2023)

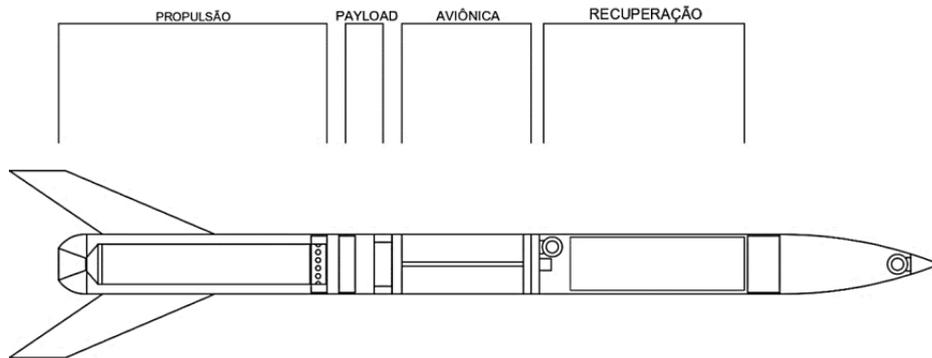
2 METODOLOGIA

A pesquisa se baseou na construção de um foguetemodelo com capacidade para atingir 500 metros de altitude. Durante o processo de desenvolvimento, foram pontuadas as diferentes áreas de conhecimento, como modelagem 3D, programação, eletrônica e uso de planilhas, necessárias para a conclusão das etapas do projeto.

3 DESENVOLVIMENTO

Como define KOBETS (s. d.) e CORRÊA (2021), podemos dividir um projeto de um foguete em diferentes áreas denominadas “subsistemas”, pois cada uma delas exige uma maneira específica de se trabalhar. São eles: Recuperação, Aviônica, Carga-útil, Propulsão e Estrutura.

Figura 4: Subdivisões do corpo do foguete

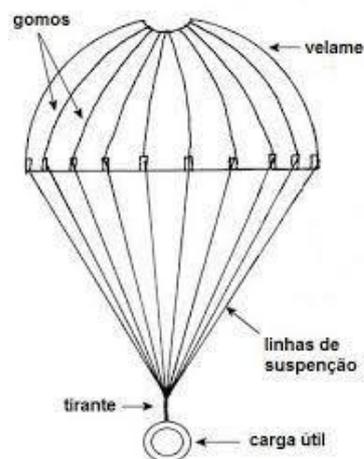


Fonte: Produção dos autores (2023)

3.1 SUBSISTEMA DA RECUPERAÇÃO

Esse subsistema é responsável por garantir que o foguete retorne ao solo em segurança, após atingir o apogeu. Para tal, se faz necessária a confecção de um paraquedas.

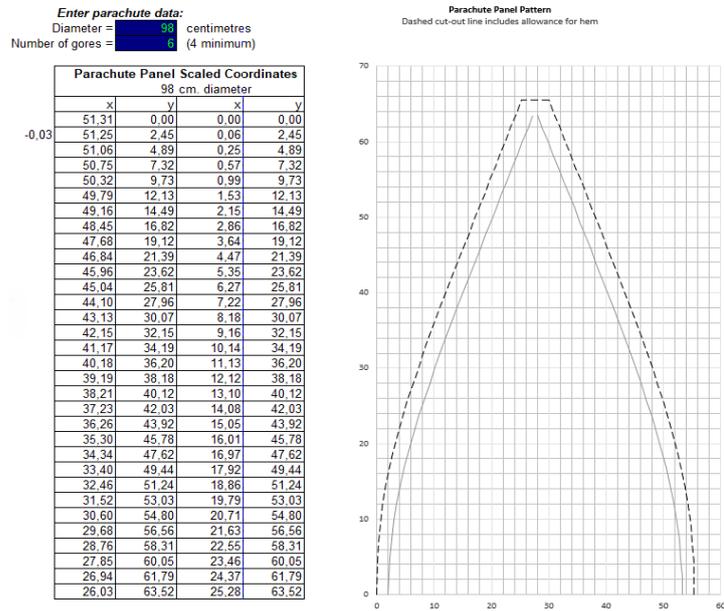
Figura 5: Estruturas básicas de um paraquedas



Fonte: NAZARÉ e GAIVÃO (2016)

Aqui, o uso da tecnologia se deu na elaboração dos gomos, que variam de tamanho e quantidade. Utilizamos uma planilha no Microsoft Excel, elaborada por NAKKA (2016), que gera o desenho esquemático com base no diâmetro total e na quantidade de gomos desejada.

Figura 6: Entrada de parâmetros e resultado, utilizando a planilha PARAPAT XLS no Excel

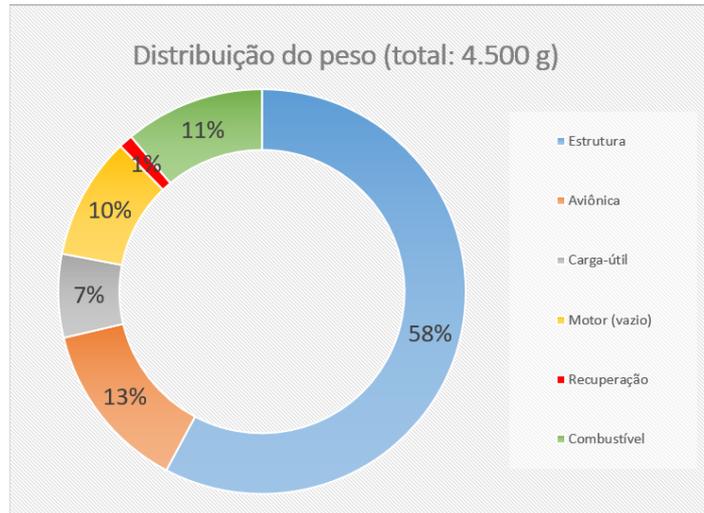


Fonte: Produção dos autores (2023)

3.2 SUBSISTEMA DA CARGA-ÚTIL

Esse subsistema é responsável por administrar a carga que o foguete deverá transportar além de sua massa vazia – peso obtido com o foguete totalmente montado, porém, sem nenhuma carga extra ou combustível) –. No caso do nosso projeto, as medidas foram subordinadas às regras da *Latin American Space Challenge*, que exige que o foguete tenha um peso total exato de 4.500 gramas para a categoria de 500 metros de apogeu.

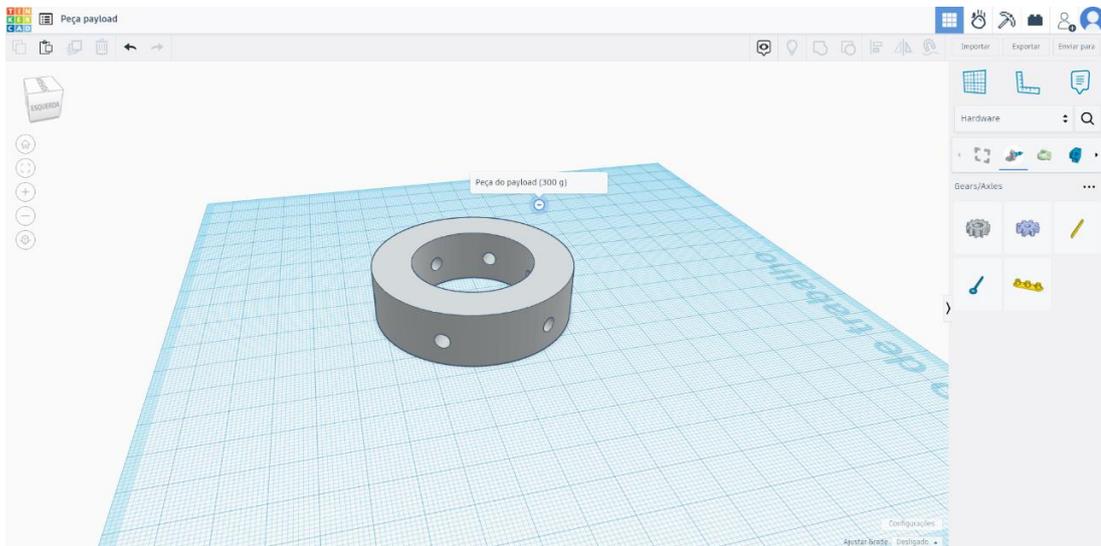
Figura 6: Distribuição do peso no foguete



Fonte: Produção dos autores (2023)

Então, com a massa vazia sendo 3.600 gramas e a quantidade de combustível 500 gramas, a carga-útil foi de 300 gramas. Essa carga seria um peso-morto feito em liga de alumínio maciça. Para projetar o melhor formato, criamos um modelo em 3D da peça, utilizando a ferramenta TinkerCad.

Figura 7: Modelo 3D da peça de carga-útil na plataforma TinkerCad



Fonte: Produção dos autores (2023)

3.3 SUBSISTEMA DA AVIÔNICA

O nosso objetivo com o lançamento do foguete, ou seja, sua missão, é obter dados sobre o ambiente à sua volta – temperatura, pressão atmosférica e altitude – durante o percurso do voo, armazenando-os na memória EEPROM – “[...] memórias reprogramáveis e não voláteis [...]” (SANTOS e ROSA, 2015, p. 2) – para se realizar o aferimento dos dados no âmbito de atendermos às exigências da competição. Além disso, após a ejeção do paraquedas pelo subsistema de Recuperação, o foguete precisa ser encontrado para verificar os dados e seu estado de conservação. Dependendo das condições climáticas, o foguete pode ser levado para locais relativamente distantes, se fazendo necessária a instalação de um sistema de geolocalização, que envia os dados remotamente por meio de um dispositivo LoRa (*Long Range*), conforme recomenda CORRÊA (2021). Para realizar as medições de temperatura, pressão atmosférica e altitude, foi utilizado o barômetro eletrônico BMP280. Para a obtenção das coordenadas, um módulo GPS NEO M8N.

Para gerenciar tudo isso, foi escolhido o microcontrolador ESP WROOM 32 acoplado a um módulo DEVKIT V1, a despeito dos mais tradicionais modelos ARDUINO, pois além de possuir um tamanho mais reduzido, tem uma excelente capacidade de processamento.

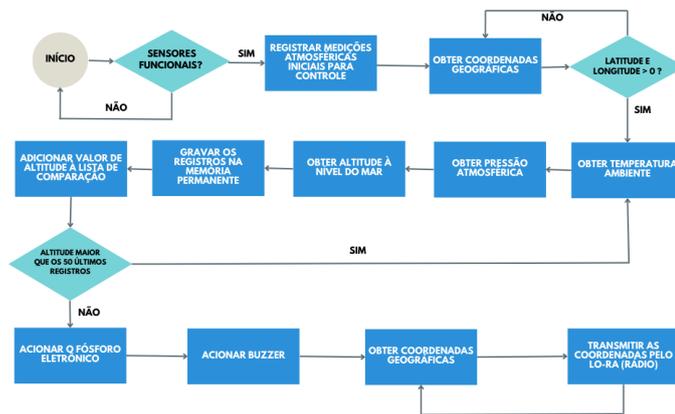
Figura 8: Exemplo de ESP WROOM 32, utilizado no projeto



Fonte: <https://shopee.com.br/ESP32-WiFi-Bluetooth-ESP32S-ESP-WROOM-32-i.278642888.7470027499> (s. d.)

Aqui, pudemos exercer a área de programação, tanto no planejamento por meio de fluxogramas quanto na escrita do código em si, feito completamente em linguagem C++ utilizando o ambiente de desenvolvimento ARDUINO IDE.

Figura 9: Fluxograma do algoritmo de gerenciamento de voo, realizado na plataforma Canva



Fonte: Produção dos autores (2023)

Figura 10: Ambiente de desenvolvimento ARDUINO IDE

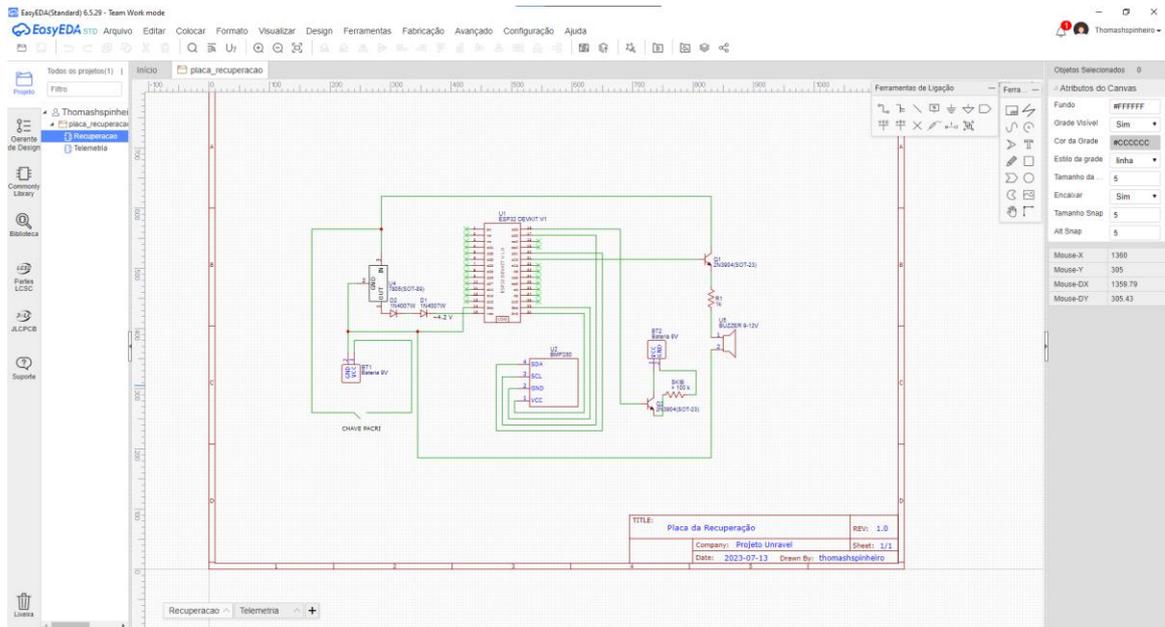
```

1 #include <Preferences.h>
2 #include <Wire.h>
3 #include <Adafruit_BMP280.h>
4 #include <SoftwareSerial.h>
5 #include <TinyGPS++.h>
6
7 Adafruit_BMP280 bmp;
8 Preferences pref;
9 TinyGPSPlus gps;
10 SoftwareSerial gpsPort(15, 4); // ESP32 RX, TX
11
12 constexpr unsigned ATM_PRESSURE = 1021;
13
14 float prev_alt = 0.0, alt = 0.0, temp = 0.0, prss = 0.0, latitude = 0.0, longitude = 0.0, queue[52];
15 int reg = 0;
16
17 void setup() {
18   Serial.begin(9600);
19   gpsPort.begin(9600);
20   bmp.begin(0x76);
21   bmp.begin("Main", false);
22   prev_alt = bmp.readAltitude(ATM_PRESSURE);
23   esprom.printf("prev_alt", prev_alt);
24   while (gpsPort.available()) gps.encode(gpsPort.read());
25   while (gps.location.isNotFix()) while (gpsPort.available()) gps.encode(gpsPort.read());
26 }
27
28 inline bool isFulling() {
29   for(int i=0, i=0; i < 52; i++) {
30     if (alt[i] < 0) return true;
31     if (i == 51) return true;
32   }
33   return false;
34 }
35
36 void loop() {
37   while (gpsPort.available()) gps.encode(gpsPort.read());
38   delay(100);
39   alt = bmp.readAltitude(ATM_PRESSURE);
40   queue[reg] = alt;
41   temp = bmp.readTemperature();
42   prss = bmp.readPressure();
43   esprom.printf("t" + String(reg) + "_str()", temp);
44   esprom.printf("p" + String(reg) + "_str()", alt);
45   esprom.printf("pr" + String(reg) + "_str()", prss);
46   latitude = gps.location.lat();
47   longitude = gps.location.lng();
48   if(isFulling()) {
49     Serial.println("DETAR PARAQUEDAS!");
50     while(true){}
51   }
52   reg++;
53   if (reg > 52) reg = 0;
54 }
55
  
```

Fonte: Produção dos autores (2023)

Para a confecção dos circuitos que foram montados no módulo da aviãoica, foi necessário o planejamento das placas segundo os padrões da Eletrônica, e para tal utilizamos o programa EasyEDA, que permite a criação dos esquemas lógicos.

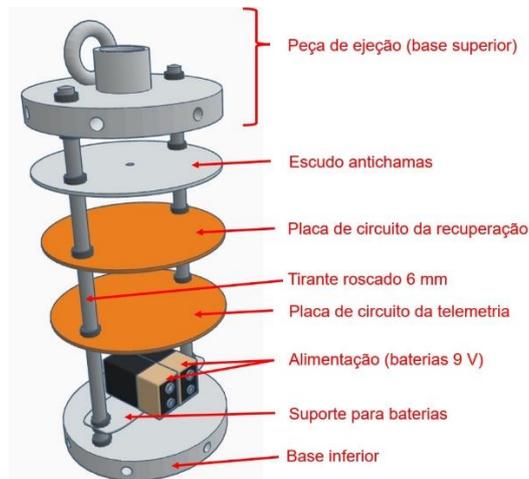
Figura 11: Esquema lógico de uma das placas de circuito



Fonte: Produção dos autores (2023)

Outro item importante foi o design do módulo da Aviãoica, em conjunto com o subsistema da Estrutura, para acomodar os circuitos e baterias. O modelo em 3D, usado para o planejamento, foi criado utilizando a ferramenta TinkerCad.

Figura 12: Modelo em 3D do módulo da Aviãoica



Fonte: Produção dos autores (2023)

3.4 SUBSISTEMA DA PROPULSÃO

Ele é responsável por gerir a construção do motor e o propelente do foguete. O propelente escolhido foi o KNSu: “[...] *Potassium (K)-Nitrate (KNO₃)* e *Sucrose (C₁₂H₂₂O₁₁)* que são usados na composição deste propelente.” (MARCHI, 2021, p. 4), que é utilizado em estado sólido. A fabricação desse propelente representou certo risco para nós, pois utilizamos o método de fabricação a calor, e segundo MARCHI (2021), já foram registrados diversos acidentes resultando em queimaduras. Por isso, fizemos o processo com auxílio de alunos experientes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que possuem sua própria equipe de foguetemodelismo (Equipe Rocket).

As peças do motor foram fabricadas pelos integrantes da Equipe Rocket, com base em modelos em 3D criados por nós, feitos no programa SolidWorks. Para aferir sobre as medidas do motor, resistividade dos materiais e a quantidade de propelente adequada, foram realizados testes em ambiente simulado utilizando o programa Ansys.

Figura 13: Modelos em 3D produzidos no SolidWorks



Fonte: Produção dos autores (2023)

Figura 14: Gráfico da pressão na câmara de combustão em função do tempo, produzido no Ansys

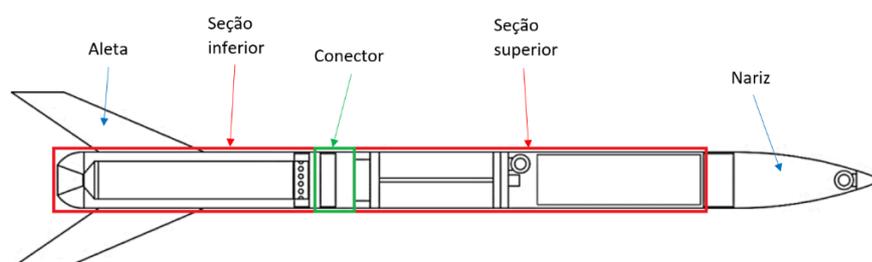


Fonte: Produção dos autores (2023)

3.5 SUBSISTEMA DA ESTRUTURA

Ele engloba a estrutura externa do foguete, sendo composta por diferentes partes: nariz, aletas, tubos do corpo (seção superior e inferior), e o conector que junta os dois tubos.

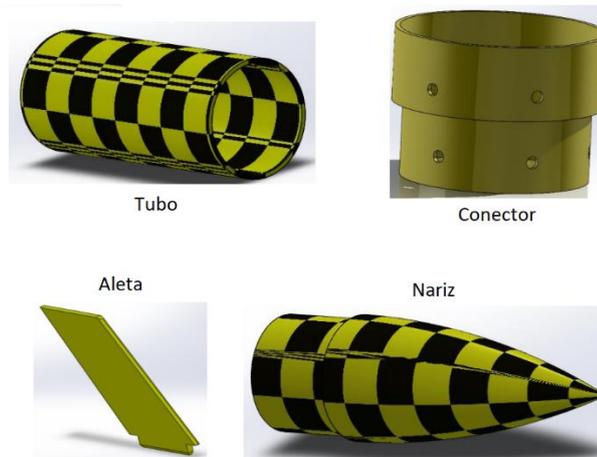
Figura 15: Partes da estrutura



Fonte: Produção dos autores (2023)

Os modelos dessas peças foram construídos utilizando o programa SolidWorks, sendo esse o subsistema em que a modelagem 3D esteve mais presente. Na confecção das peças, utilizamos fibra de carbono para o nariz, aletas e o tubo inferior, e fibra de vidro para o tubo superior e o conector. Para endurecer e moldar as fibras, utilizamos resina epóxi, muito utilizada na indústria aeronáutica, como evidencia GONÇALEZ, BARCIA e SOARES (2006).

Figura 16: Modelos em 3D produzidos no programa SolidWorks



Fonte: Produção dos autores (2023)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento do projeto em sua parte prática, pudemos exercer com êxito a aplicação das áreas de conhecimento propostas na pesquisa, e concluir a construção do foguetemodelo. A modelagem 3D em especial foi de grande aplicabilidade em muitos processos, sendo que anteriormente não havíamos presenciado nenhuma atividade relacionada na grade do curso de Desenvolvimento de Sistema. Além disso, comprovamos que o foguetemodelismo pode ampliar o conhecimento em *hardware* voltado à robótica com o uso do Arduino e ESP32, que é trabalhado somente no 2º Módulo do curso e se restringe ao desenvolvimento somente em ambiente simulado. A criação de algoritmos e a programação em linguagens mais complexas como o C e o C++ utilizadas no *software* da aviônica retomaram e expandiram o que foi trabalhado apenas em teor introdutório no 1º Módulo, ao utilizarmos conceitos como memória dinâmica, ponteiros e vetores.

As maiores dificuldades foram o alto custo e a exigência de conhecimento de nível superior, principalmente na utilização dos programas de computador com alta precisão e cálculos complexos, além da base teórica necessária para compreender a engenharia de foguetes. Conseguimos contornar esses obstáculos estabelecendo uma parceria com a Equipe Rocket, da Universidade Técnica Federal do Paraná (Cornélio Procópio, PR), que nos auxiliou com as etapas mais difíceis e arriscadas, como por exemplo na produção do propelente e no manejo das máquinas de usinagem que foram utilizadas para fabricar as peças de metal do foguete.

Concluimos, com base na nossa pesquisa, que o foguetemodelismo é uma prática que pode contribuir imensamente para que os alunos de Desenvolvimento de Sistemas em nível técnico possam testar e aplicar seus conhecimentos, tornando o aluno um futuro profissional ainda mais capacitado. A parceria entre escolas e universidades também se provou essencial para que os projetos possam ser bem-sucedidos, e sugerimos que tanto as instituições de nível médio-técnico quanto superior ofereçam programas relacionados, oferecendo mais oportunidades.

PROJECT UNRAVEL: CONSTRUCTION OF A ROCKET MODEL FROM THE 500 METERS APOGEE CATEGORY

Abstract: the article developed here aims to document the processes that make up the construction of a model rocket with a peak predicted to be five hundred meters high. The objective of this research is to demonstrate how, and which areas of knowledge can be applied in a single project, aiming to attract interest in the practice of model rocketry both within our school community and in the external community. In this way, it will be discussed how the inclusion of this practice in educational institutions, at secondary and technical levels, can bring benefits to studies in Systems Development.

Keywords: model rocketry, robotics, programming, system development.

REFERÊNCIAS

NASCIMENTO, Jefferson et al. **O uso da experimentação como ferramenta na construção do conhecimento científico**. Paraíba, v. 1, n. 1, p. 2-3, 2015. Disponível em:

https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enid/2015/TRABALHO_EV043_MD1_SA1_ID1140_01072015162506.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023;

KOBETS, Roman et al. **Subsystems**. Canadá. [s. d.]. Disponível em: <https://www.waterloorocketry.com/subsystems>. Acesso em: 30 jun. 2023;

CORRÊA, Ana Carolina Luciani et al. **Desenvolvimento de foguetes de baixa altitude para auxiliar no ensino**. Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2021. Disponível em: <https://periodicos.univali.br/index.php/acotb/article/view/17472/9953>. Acesso em: 26 set. 2023;

GDAE. **Uma visão do foguetemodelismo no Brasil**. Universidade Federal do Ceará. Ceará. 1 p. Disponível em: <https://gdae.ufc.br/foguetemodelismo/>. Acesso em: 7 out. 2023;

ARC. **Blast off: Tennessee students win national finals of the world's largest rocket contest**. American Rocketry Challenge. EUA. 1 p. 20, 2023. Disponível em: <https://rocketcontest.org/news/blast-off-tennessee-students-win-national-finals-of-the-worlds-largest-rocket-contest/>. Acesso em: 8 out. 2023;

MLABS. **Confira quais são as redes sociais mais usadas pelos brasileiros**. MLabs Software. São José dos Campos, São Paulo. 1 p. 2023. Disponível em: <https://www.mlabs.com.br/blog/redes-sociais-mais-usadas>. Acesso em: 8 out. 2023;

NAZARÉ, Diego Ferraz; GAIVÃO, Luis Felipe Meyer de Orey. **Desenvolvimento de paraquedas semi-elipsoidal – Jupiter I**. São Paulo, p. 13, 2016. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/pme/pet/pesquisas/2015/paraquedas/relatorio.pdf>. Acesso em 12 out. 2023;

NAKKA, Richard. **Rocketry Software**. EUA, 2016. Disponível em: <https://www.nakka-rocketry.net/softw.html#PARA>. Acesso em 12 out. 2023.

SANTOS, Matusalém Muller dos; ROSA, Mathias Silva da. **EPROM e EEPROM: dispositivos lógicos programáveis**. Florianópolis, p. 2, 2015. Disponível em: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/a/a9/EPROM_-_EEPROM_Dispositivos_L%C3%B3gicos_Program%C3%A1veis.pdf. Acesso em 13 out. 2023;

MARCHI, Carlos Henrique. **Propelente KNSu a frio para minifoguetes: preparo, carregamento, estocagem e uso.** Curitiba, p. 4, 2021. Disponível em: http://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Palestras/palestra_2021-10-22_KNSu-a-frio_FHO.pdf. Acesso em 15 out. 2023;

GONÇALEZ, Viviane; BARCIA, Fábio; SOARES, Bluma. **Composite materials based on modified epoxy resin and carbon fiber.** Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/FpKTtvxmpnQQN6RN5bHkPfv/>. Acesso em 17 out. 2023;