
Etec “Profª Anna de Oliveira Ferraz”

AUTOMATIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO NA LEITURA DA WOW
OS BENEFÍCIOS PARA OS TÉCNICOS INDUSTRIAIS E PARA A SEGURANÇA AO
AUTOMATIZAR O MÉTODO OPERACIONAL NA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO
AERONÁUTICA

Junior Cezar Campos- juniorcezarcampos@gmail.com

ETEC Profª Anna de Oliveira Ferraz – Araraquara – São Paulo – Brasil

Lucas Renan Coladão dos Santos- lukaasrenan10@gmail.com

ETEC Profª Anna de Oliveira Ferraz – Araraquara – São Paulo – Brasil

Luis Fernando Santana – luisfernando08santana@gmail.com

ETEC Profª Anna de Oliveira Ferraz – Araraquara – São Paulo – Brasil

Luiza Oliveira dos Santos- luizafragadossantos13@gmail.com

ETEC Profª Anna de Oliveira Ferraz – Araraquara – São Paulo – Brasil

Vinicius da Cruz Martins- vinicius.martins@outlook.com.br

ETEC Profª Anna de Oliveira Ferraz – Araraquara – São Paulo – Brasil

RESUMO

Os trabalhadores, operadores da área industrial, normalmente técnicos realizam diversas manutenções em aeronaves de diversos tipos, uma questão comum em todas essas aeronaves é a forma de manutenção quando se é necessário simular voo, um formato não trivial para esses técnicos .Ao especificar, operacionalmente algumas manutenções precisam ser “em voo”, seria executado então com manobras de uma operação padrão de uma aeronave, é simulado decolagem, subida, cruzeiro, descida e pouso; porém a média de custo do voo para uma empresa, segundo a Forbes (uma das maiores revistas de negócios e economia do mundo) os modelos da linha 747-400 da Boeing, por exemplo gastam o equivalente a US\$ 25 mil (quase R\$ 80 mil na cotação atual) por cada hora em que estão no ar em uma pesquisa feita em 2017. Para que não seja necessário um voo é realizado uma simulação, onde um sensor do trem de pouso (weight on wheels) é ajustado tecnicamente, forçando o estado do

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

sensor para ler que a porta do trem de pouso está fechada, enviando então uma mensagem para a aeronave que o sistema está em modo Voo.

Como possibilidade de automatizar essa atividade, realiza-se então, a produção de um pequeno painel a fim de controlar remotamente esse sensor. Esse artigo visa apresentar uma alternativa para automatização desse processo e responder a seguinte pergunta: Quais benefícios essa automatização trará para os técnicos e para a segurança aeronáutica?

Palavras-chave: Manutenção. Trem de pouso. WoW. Sensor. Industrial. Operadores. Aeronaves.

ABSTRACT

Workers, operators in the industrial area, normally technicians carry out various maintenance on aircraft of different types, a common issue in all these aircraft is the form of maintenance when it is necessary to simulate flight, a non-trivial format for these technicians. When specifying, operationally, some maintenance needs to be "in flight", it would then be performed with maneuvers of a standard aircraft operation, simulating takeoff, climb, cruise, descent and landing; however, the average cost of a flight for a company, according to Forbes (one of the largest business and economic magazines in the world), models from Boeing's 747-400 line, for example, spend the equivalent of US\$25,000 (almost R\$ 80 thousand at the current rate) for every hour they are in the air in a survey carried out in 2017. So that a flight is not necessary, a simulation is carried out, where a sensor on the landing gear (weight on wheels) is technically adjusted, forcing the state of the sensor to read that the landing gear door is closed, then sending a message to the aircraft that the system is in Flight mode. As a possibility to automate this activity, a small panel is then produced to remotely control this sensor. This article aims to present an alternative for automating this process and answer the following question: What benefits will this automation bring to technicians and for aeronautical safety?

Keywords: Maintenance. Landing Gear. WoW. Sensor. Industrial. Operator. Aircraft.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Nicholas Payne (2006) os erros em manutenção de aeronaves estavam presentes em aproximadamente 12% dos maiores acidentes no mundo, na aviação brasileira, acidentes de Táxi Aéreo- 46%, Aviação Geral- 35,25%, Instrução Aérea- 27,3%). Juntos, essas áreas são responsáveis de 75,5% a 90% dos acidentes da aviação civil brasileira. Nesse cenário estatístico, a influência da manutenção não deve ser interpretada como aspecto

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

isolado. Os fatores são somatórios, entre eles elementos individuais, organizacionais, treinamentos, supervisão, projeto e manufatura, culturas organizacionais e sociais, dentre outros.

De acordo com James Reason, condições latentes contribuem para um ambiente propício a acidentes (ICAO, 2008). Vale ressaltar que essa questão não se dá apenas no Brasil, segundo o texto da autoridade inglesa, nos últimos 10 anos, a média do número de acidentes e incidentes que envolvem manutenção, aumentou em cerca de mais de 100%, enquanto o número de voos aumentou menos que 55% (CAA,2002).

De acordo com a Revista Conexão SIPAER, ao longo dos anos, profissionais de segurança no trabalho consideram que a maiorias dos acidentes nos locais de trabalho são provocados por fatores psicológicos internos, refletidos em comportamentos inseguros.

Sendo assim o Artigo 87 do CBA dispõe que: a prevenção de acidentes aeronáuticos é da responsabilidade de todas as pessoas, naturais ou jurídicas, envolvidas com a fabricação, manutenção, operação e circulação de aeronaves, assim como as atividades de apoio da infraestrutura aeronáutica no território brasileiro (BRASIL, 1986).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como referencial técnico, segundo a ANAC (2009), devem ser observados os documentos/normas:

- RBHA 43 – Manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos;
- RBHA 65 – Requisitos para emissão de licenças e certificados de habilitação técnicas;
- RBHA 91 – Regras gerais de operação para aeronaves civis;
- RBHA 121 – Requisitos operacionais – Operações domésticas de bandeira e suplementares;
- RBHA 135 – Requisitos operacionais – Operações regionais e por demanda;
- RBHA 145 – Empresas de Manutenção de Aeronaves;

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

- IAC 3108 – Instruções para o controle geral de aero navegabilidade das aeronaves civis brasileiras;
- IAC 3132 – Manual de procedimentos de inspeção em empresa de manutenção aeronáutica;
- IAC 145-1001 – Homologação de empresas de manutenção doméstica.

2.1 Erros na Manutenção

Erro é a incapacidade do ser humano em desempenhar sua função dentro de parâmetros definidos. O erro na manutenção pode assumir duas formas básicas: uma que resulta em discrepância que não estava presente na aeronave, antes do início das tarefas de manutenção, e outra, em que é oriunda de um dano que não pode ser detectado durante a realização de uma tarefa de manutenção (CAA, 2002).

Estatísticas de acidentes mostram que manutenção e inspeção são responsáveis por 12% dos maiores acidentes aeronáuticos. A pesquisa da Revista Conexão SIPAER revela que os aspectos psicológicos (como subtópico das razões de acidentes em razão da manutenção) tem participação em 56% nos eventos que estabelecem acidentes aeronáuticos.

Algumas falhas na manutenção não se mostram na primeira decolagem, mas sim, durante alguns voos, e o mais curioso na situação se dá que essas falhas de manutenção não são como as outras que podem ser gravadas, mas normalmente são percebidas em um momento mais tardio. Por mais que reconheçamos a capacidade e instrução dos mecânicos profissionais, o fator humano está sempre presente nessas falhas latentes, uma vez que demonstram demonstra para produzir seus efeitos, muitas vezes trágicos.

Um exemplo de falha citado no artigo da SIPAER “A falha humana no ambiente da manutenção” foi com um DC-10 da United Airlines, voo 232 nos EUA (1989), onde a comissão de investigação concluiu que o fator decisivo para a ocorrência do acidente foi

Etec “Profª Anna de Oliveira Ferraz”

uma falha na inspeção dos motores 17 meses antes do acidente, o que posteriormente resultou em uma falha em um dos discos de uma turbina.

O artigo então cita a fala do engenheiro Paulo R. que tem mais de 30 anos de experiência na aviação: *“A segurança de voo é montada em cima de um tripé cujas pernas são: a integridade do produto, a integridade operacional e a integridade da manutenção. A missão da perna manutenção é preservar seu intrínseco nível de segurança – aquele característico do projeto -, evitando que o desgaste decorrente do uso diário, o envelhecimento e a obsolescência do material comprometam a segurança de voo. Quanto à quantidade de falha humana, que se mostra até certo ponto inegável o que se resta para evitá-lo é a criação de barreiras eficazes o suficiente para impedir que circunstâncias específicas levem determinadas situações aos acidentes aéreos. Na aeronáutica, com o propósito de produzir Qualidade e Segurança, há duas opções dessas barreiras possíveis: “tecnologias e treinamentos”.*

Conforme recomendações do CENIPA (2009) renovação, integração e aperfeiçoamento devem ser as ideias norteadoras das ações integradas para que a prevenção de acidentes, de acordo com o artigo 87 da Lei no 7.565/86, não seja prejudicada pelas atuais dificuldades decorridas da complexa transição ora em andamento.

“A prevenção de acidentes aeronáuticos é da responsabilidade de todas as pessoas, naturais ou jurídicas, envolvidas com a fabricação, manutenção, operação e circulação de aeronaves, bem assim com as atividades de apoio da infraestrutura aeronáutica do território brasileiro.” (artigo 87 da Lei no 7565/86).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho de conclusão de curso é aproximar um pouco mais as manutenções aeronáuticas a ficarem cada vez mais automatizadas, sem o objetivo de substituir a quantia da mão de obra, mas transformar o ambiente de trabalho mais seguro e menos suscetíveis à falha humana; cumprindo assim como operadores, o artigo 87 da Lei 7.565/86, citado anteriormente.

2.2 Funcionamento do WoW

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

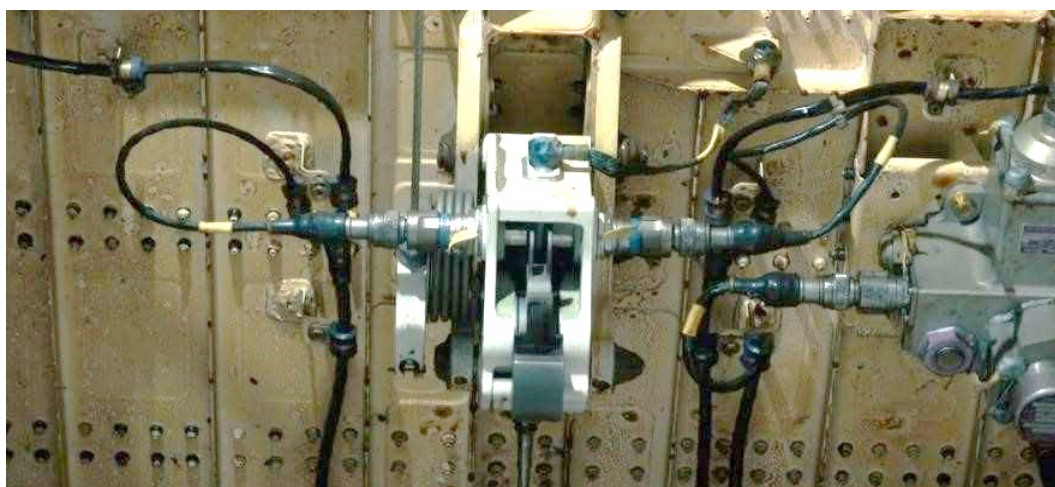
Como visto anteriormente, ao decolar o avião, o piloto aciona uma alavanca localizada no cockpit do trem de pouso e a roda aciona o sistema que sobe o trem de pouso e encaixa exatamente no compartimento previsto para o trem de pouso; esse sistema é chamado de sistema escamotiável pois fecha a tampa totalmente e todo o sistema some, funciona principalmente para melhorar a questão da aerodinâmica, diminuindo o arrasto.

Figura 1: Cilindro responsável por fazer o trem de pouso subir



(Fonte: "Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer"- Aero por Trás da Aviação)

Figura 2: Peça com trava do trem de pouso



(Fonte: "Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer"- Aero por Trás da Aviação)

Etec “Profª Anna de Oliveira Ferraz”

Na imagem anterior, trata-se de uma peça responsável por assegurar o travamento do trem de pouso dentro do encaixe do mesmo dentro do seu respectivo compartimento.

Figura 3: Peça Bruta 1 que compõe o conjunto do trem de pouso, feito de ligas metálicas



(Fonte: “Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer”- Aero por Trás da Aviação)

Figura 4: Peça Bruta 2 que compõe o conjunto do trem de pouso, feito de ligas metálicas



(Fonte: “Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer”- Aero por Trás da Aviação)

Figura 5: Montagem final do Trem de Pouso

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"



(Fonte: "Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer"- Aero por Trás da Aviação)

Figura 6: Sensor indutivo do trem de pouso, WoW



(Fonte: "Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer"- Aero por Trás da Aviação)

Figura 7: Luzes do Avião Boeing 737



Luz acesa vermelha significa que o trem de pouso está estendido

(Fonte: "Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer"- Aero por Trás da Aviação)

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

Figura 8: Luz do trem de Pouso apagada Boeing 737



A Luz apagada significa que o trem de pouso está sendo recolhido

(Fonte: "Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer"- Aero por Trás da Aviação)

Figura 9: Luz acesa verde do trem de pouso Boeing 737



A Luz acesa significa que o trem de pouso está totalmente recolhido.

(Fonte: "Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer"- Aero por Trás da Aviação)

Figura 10: Tela do Cockpit mostrando a posição do trem de pouso do E190



Importante observar que cada luz, identificação, muda de aeronave para aeronave.

(Fonte: "Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer"- Aero por Trás da Aviação)

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

Figura 11: Cockpit Embraer 190



(Fonte: "Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer"- Aero por Trás da Aviação)

Vale ressaltar que esse é um sensor de proximidade do tipo indutivo (detecta apenas sinais metálicos) PNP que envia um sinal positivo ao módulo.

Os sensores PNP emitem um sinal de tensão positivo em sua(s) saída(s), os sensores NPN emitem um sinal de tensão negativo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS (MATERIAIS E MÉTODOS)

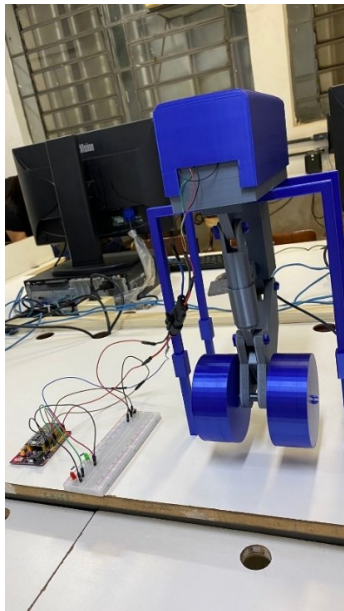
Os materiais utilizados na montagem do protótipo foram:

- Fios de jumpers de tamanhos e cores diversas;
- Leds de 5mm de cores diversas;
- Sensor de proximidade indutivo, tipo PNP;
- Resistores de 1/8W, valores diversos;
- Protoboard;
- Placa de desenvolvimento genérica de ESP32 com 32 pinos;

Segundo passo do projeto realizado, se operou pela montagem do setup de ensaios.

Etec “Profª Anna de Oliveira Ferraz”

Figura 12: Setup de ensaio finalizado



(Fonte: Autores)

3.1 Funcionamento

Primeiramente, devemos observar que o sensor do trem de pouso funciona como um parâmetro discreto, ou seja, o sinal que ele manda pro cockpit se define em 0 ou 1, como a linguagem digital; então, para simular que o trem de pouso fique em solo, por exemplo, deixaríamos o sensor em 0, “desligado”, enquanto para simular em Voo, deixaríamos o sensor em 1, “ligado”.

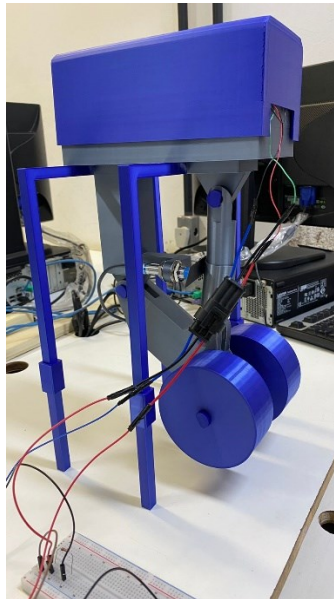
Basicamente, nossa ideia original se realiza ao desconectar nosso sensor indutivo da cablagem, conectando na cablagem do avião o nosso conector.

Nosso conector estaria ligado à uma pequena bancada contendo um microcontrolador, que por bluetooth, enviaria apenas um sinal para a cablagem (ligado ou desligado). Nosso setup simulado utiliza, ao invés do conector e o cabo, apenas um led para mostrar como funcionaria essa lógica. Sendo assim, em uma protoboard realiza-se a montagem de um circuito simples, com um resistor e um led conectador a um ESP32. No Microcontrolador realiza-se a programação através do Arduino IDE (aplicativo). E, para

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

acesso a Bluetooth, realiza-se a produção de um aplicativo que conecta o telefone com o microcontrolador, enviando assim, um sinal remotamente. Vale lembrar que esse aplicativo foi feito através do Software Inventor.

Figura 13: Montagem da maquete representando o trem de pouso.



(Fonte: Autores)

3.2 Programação do ESP32

A seguir, tem-se o código de programação do ESP32 para conexão com o aplicativo e comando do Setup de ensaio:

```
#include <BluetoothSerial.h>
const int ledPin1 =2;
const int ledPin2 =4;
const int Signal =15;
BluetoothSerial SerialBT;

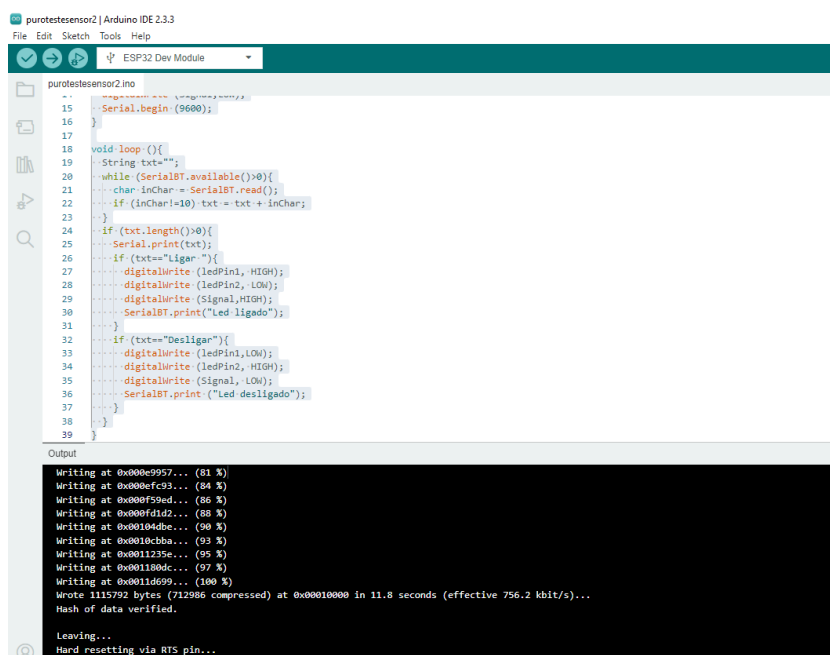
void setup(){
  SerialBT.begin ("ESP32_");
  pinMode (ledPin1, OUTPUT);
  pinMode (ledPin2, OUTPUT);
  pinMode (Signal,OUTPUT);
  digitalWrite (ledPin1,LOW);
```

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

```
digitalWrite (ledPin2, HIGH);
digitalWrite (Signal, LOW);
Serial.begin (9600);
}

void loop (){
  String txt="";
  while (SerialBT.available()>0){
    char inChar = SerialBT.read(); if (inChar!=10) txt = txt + inChar;
  }
  if (txt.length()>0){
    Serial.print(txt);
    if (txt=="Ligar "){
      digitalWrite (ledPin1, HIGH);
      digitalWrite (ledPin2, LOW);
      digitalWrite (Signal, HIGH);
      SerialBT.print("Led ligado");
    }
    if (txt=="Desligar"){
      digitalWrite (ledPin1, LOW);
      digitalWrite (ledPin2, HIGH);
      digitalWrite (Signal, LOW);
      SerialBT.print ("Led desligado");
    }
  }
}
```

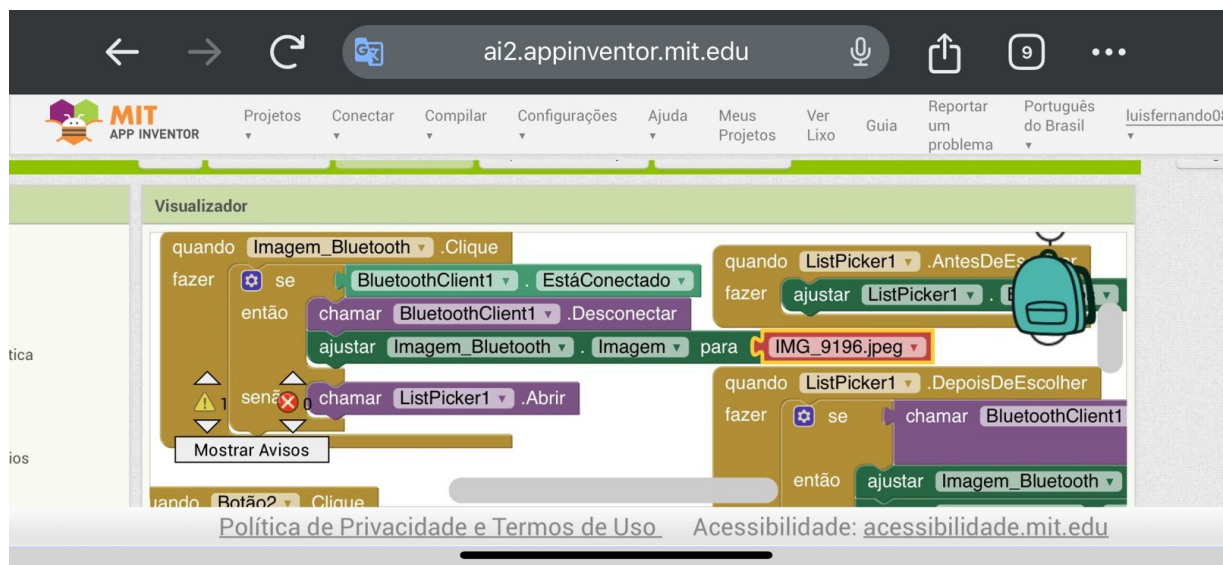
Figura 14: Print do Arduino IDE



(Fonte: Autores)

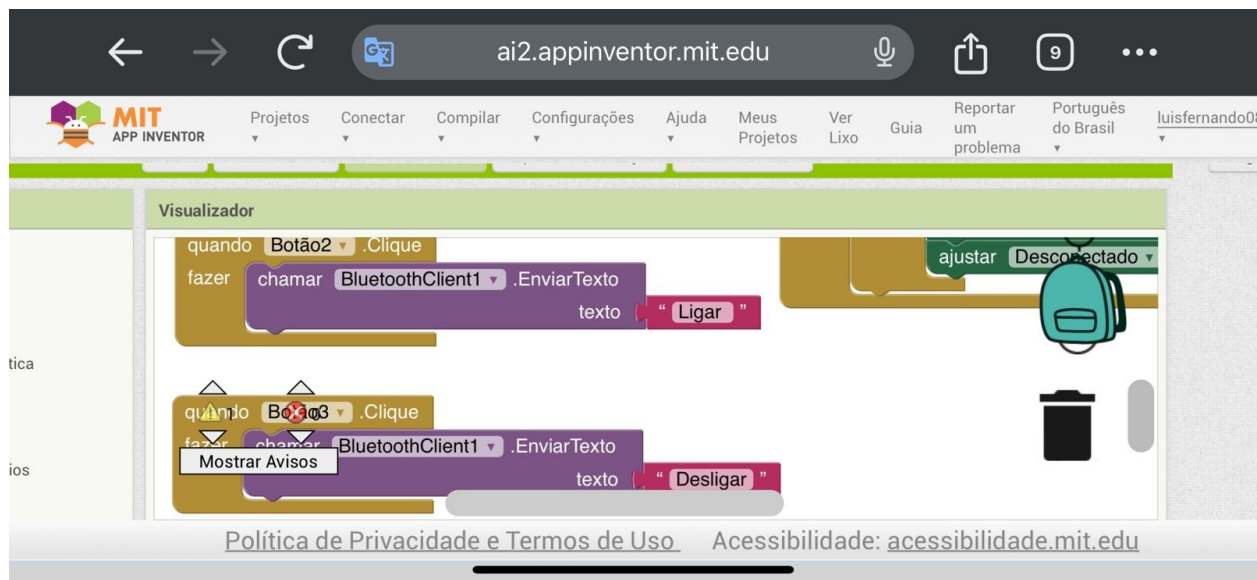
Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

Figura 15: Print da programação do Aplicativo Inventor/1



(Fonte: Autores)

Figura 16: Print da programação do Aplicativo Inventor/2



(Fonte: Autores)

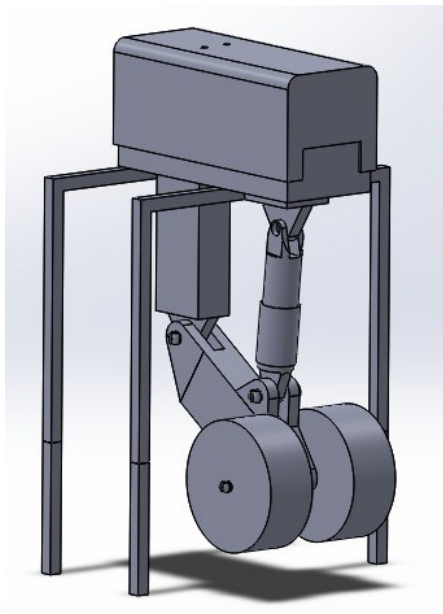
3.3 Maquete

A maquete foi projetada e fabricada em uma impressora 3D, seu objetivo era mostrar simulando como seria no avião, a conexão seria com o conector PNP (ligado ao ESP32 e à

Etec “Profª Anna de Oliveira Ferraz”

maquete) quando através do aplicativo, operasse o botão “ligado” então, o ESP envia um sinal para o relé que acenderia o LED no cockpit indicando voo.

Figura 17: Projeto da Maquete – Vista em perspectiva



(Fonte: Autores)

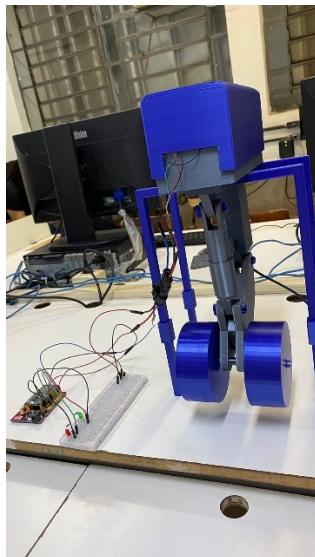
Figura 18: Maquete real



(Fonte: Autores)

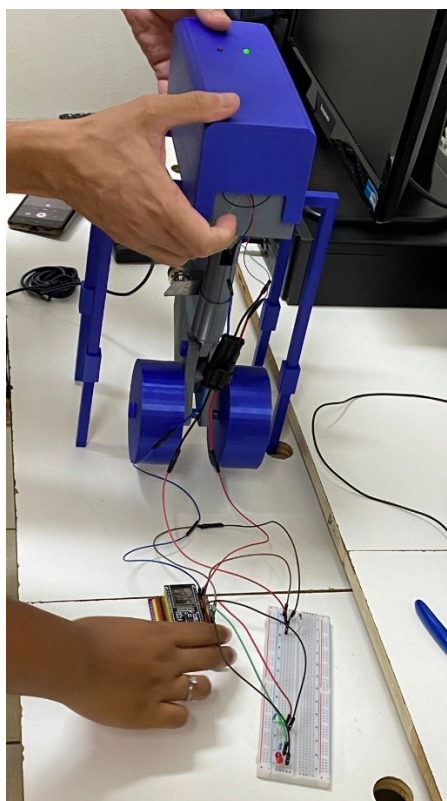
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 19: Setup totalmente montado



(Fonte: Autores)

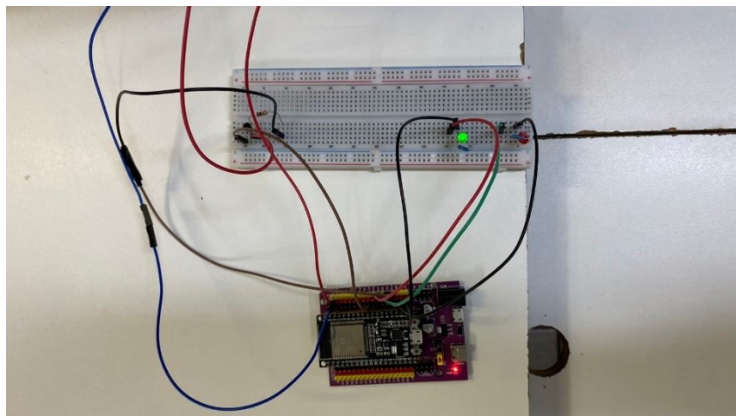
Figura 20: Montagem Maquete



(Fonte: Autores)

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

Figura 21: Montagem do Setup ESP32



(Fonte: Autores)

Ao testes do Setup de ensaio, pode-se observar que o ESP32 foi programado para leitura através do Bluetooth, em conexão com um aplicativo programado pelo Inventor, com tal conexão foi possível realizar em simulação o comando de leitura do sensor WoW (Weight on Wheels, que significa peso sobre rodas). Através dessas leituras, pode-se concluir pelo cockpit que o avião está em solo ou está em Voo (Ground or Flight).

Para que fosse possível tal simulação, deve-se observar que esse comando é um comando binário, chamado também de discreto, onde a variação desse sensor envia um sinal de 0 ou 1, ligado ou desligado, assim para simular, no lugar do sensor, foi colocado um led, já que o comando tem o mesmo princípio (ligado ou desligado).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse Artigo de Trabalho de Conclusão de Curso, visa responder a pergunta inicial com uma proposta de ação no interior do sistema de manutenção de aeronaves, cuja manutenção tem, relação com o sistema do trem de pouso, especificamente com o funcionamento do sensor WoW (Weight on Wheels, que significa peso sobre as rodas). “Quais benefícios essa automatização trará para os técnicos e para a segurança aeronáutica?”

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

Os benefícios na nossa proposta, oportunidade de melhoria, apresenta características como: a diminuição da probabilidade de erros humanos na manutenção, já que uma vez visa manter cada vez mais essa forma de trabalho automatizado; maior segurança, podendo realizar o serviço com uma distância mais segura do sistema, agilização do trabalho, desde que, uma vez conectado o Microcontrolador, será possível "manipular" o sistema de forma remota, dentro da agilização do trabalho, temos como consequência, a diminuição das horas necessárias para realização do serviço, aumentando a produtividade no meio de manutenção aeronáutica.

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional da Aviação Civil.

Autoridade de Aviação Civil.

Revista Conexão Sipaer.

SIPAER: A falha humana no ambiente da manutenção.

CENIPA Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (2009).

[https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=524811#:~:text=de%20Acidentes%20Aeron%C3%A1uticos.,Art.,estrutura%20aeron%C3%A1utica%20no%20territ%C3%B3rio%20brasileiro.\(Artigo 87 da Lei no 7565/86\)](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=524811#:~:text=de%20Acidentes%20Aeron%C3%A1uticos.,Art.,estrutura%20aeron%C3%A1utica%20no%20territ%C3%B3rio%20brasileiro.(Artigo+87+da+Lei+no+7565/86))

(Fonte: “Como funciona o trem de pouso de um avião comercial da Embraer”- Aero por Trás da Aviação- https://youtu.be/AET30_hZoBc?si=oWMwgbqmVgK8iNmk)