

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM TRANSCÉPTOR EMBARCADO EM SATÉLITE CUBESAT VIA RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE

Leonardo Ramos Alves¹

Vinicius Pereira Alves²

Wesley da Silva Pereira³

Bruno Moisés Rufino Baptista⁴

Simone Aparecida Alves Pinto⁵

Resumo

Desde a corrida espacial, a humanidade vem se desenvolvendo e crescendo sobre o conceito e ideia de exploração, gerando a curiosidade e a vontade de responder perguntas que há alguns anos, não teriam resposta. Hoje, além de buscar respostas, nós podemos desenvolver uma comunicação direta, em tempo real para qualquer lugar do planeta, isso graças aos satélites de comunicação posicionados em órbita. A pesquisa tem como principal objetivo apresentar a comunicação e o funcionamento entre minissatélite Cubesat e uma estação em terra, com o desenvolvimento eletrônico, uma prototipação representativa e a realização de simulações de comunicação, gerando uma abstração destes dados para possíveis implementações conforme a necessidade de projeto. Para a execução prática do modelo, foram utilizados a plataforma Arduino e módulos transceptores de rádio frequência (RF), e como resultado, buscamos representar e demonstrar o avanço científico para que se compreenda a importância dessa tecnologia e sua ampla aplicação em nosso cotidiano.

Palavras-chaves: Cubesat, Arduino, RF, rádio frequência, Comunicação.

Abstract

Since the space race, humanity has been developing and growing around the concept and idea of exploration, generating curiosity and the will to answer questions that a few years ago would not have been answered. Today, in addition to seeking answers, we can develop direct, real-time communication to any place on the planet, thanks to communication satellites positioned in orbit. The main **objective of the research is to**

¹ Aluno de Engenharia da Computação na FECAF. E-mail:leonardo.ramos@a.fecaf.com.br

² Aluno de Engenharia da Computação na FECAF. E-mail:vinicius.pereira@a.fecaf.com.br

³ Aluno de Engenharia da Computação na FECAF. E-mail:wesley.pereira.@pro.fecaf.com.br

⁴ Coordenador do curso de Engenharia da Computação na FECAF. E-mail: bruno.baptista@pro.fecaf.com.br

⁵ Professora do curso de Engenharia da Computação na FECAF. E-mail:
simone.aparecida@pro.fecaf.com.br

present the communication and operation between Cubesat minisatellite and a station on land, with electronic development, a representative prototyping and the realization of communication simulations, generating an abstraction of these data for possible implementations according to the need of the project. . For the practical execution of the model, the Arduino platform and radio frequency (RF) transceiver modules were used.

Keywords: Cubesat, Arduino, RF, radio frequency, Communication.

1 Introdução

Um componente importante dos satélites de comunicação são os transceptores de rádio que recebem, amplificam e retransmitem os sinais recebidos pelo satélite. Os receptores são usados em muitas aplicações, como transmissão de rádio e televisão, aplicações cotidianas como GPS, internet móvel e muito mais. A incorporação de componentes em cubesats facilita a montagem dos dispositivos eletrônicos para comunicação espacial. Esses satélites em miniatura são ferramentas poderosas para futuras explorações espaciais.

Os CubeSats incorporam uma ampla variedade de dispositivos eletrônicos e de computadores portáteis para atender às suas necessidades de comunicação. São construídos usando a miniaturização da tecnologia eletrônica e computadorizada, assim, são construídos com maior agilidade e menor custo devido à baixa complexidade de produção. Os CubeSat podem exibir diversas configurações devido a modulação que apresentam, com dispositivo para sondagem geológica, vigilância ambiental e pesquisa biológica, isso porque esses dispositivos são basicamente satélites menores que os CubeSat. O controle remoto desses apetrechos permite que sejam programados para atuar de modo específico em cada finalidade. Ou seja, o CubeSat irá cumprir um papel fundamental na nossa vida cotidiana.

Leva menos tempo para construir um CubeSat do que um satélite tradicional. A produção CubeSat é relativamente simples devido à sua miniaturização. Porém, prolongar a construção do satélite tradicional é complexo devido às normas legais presentes nos países onde esses satélites seriam lançados. Isso porque há diversas normas legais relacionadas a testes mecânicos sobre esse tipo de material, como as zonas quase vazias que precisam ser preenchidas antes do lançamento do satélite.

A comunicação espacial é uma área crescente devido ao progresso constante na tecnologia espacial sem precedentes na humanidade moderna. As velocidades

dos satélites permitem a transferência rápida de informações entre países ou entre regiões do mundo.

2 Fundamentação Teórica

A radiofrequência (RF) é uma das formas mais eficientes de comunicação em longas distâncias. Os transmissores são usados para enviar mensagens para outros dispositivos, enquanto os receptores são usados para receber mensagens. Tanto os transmissores quanto os receptores usam sinais de radiofrequência e antenas para se comunicar. Eles podem se comunicar em diferentes frequências e com diferentes níveis de potência, dependendo da distância e do nível de interferência que esperam encontrar. Por exemplo, um telefone celular opera com baixo consumo de energia e se comunica localmente em um alcance limitado; uma antena parabólica se comunica por longas distâncias em altos níveis de potência.

Projetar um transceptor é um processo complicado que requer muita pesquisa e desenvolvimento. O primeiro passo é ter uma ideia para um aplicativo baseado no espaço. A partir daí, trabalharemos no design de um satélite que pode hospedar o transceptor e, em seguida, no design do próprio transceptor. Também precisaremos determinar como transmitiremos mensagens usando nosso transceptor. Além disso, precisaremos descobrir como receber mensagens usando nosso transceptor e como interpretá-las assim que o fizermos.

Um transceptor consiste em duas unidades: um transmissor (Tx) e um receptor (Rx). Ambas as unidades devem ser projetadas de modo que suas faixas de frequência coincidam — qualquer incompatibilidade resultará em equipamentos não funcionais. O transmissor converte sinais de áudio em sinais de frequência de rádio que podem ser recebidos pela unidade receptora. Por outro lado, o receptor converte

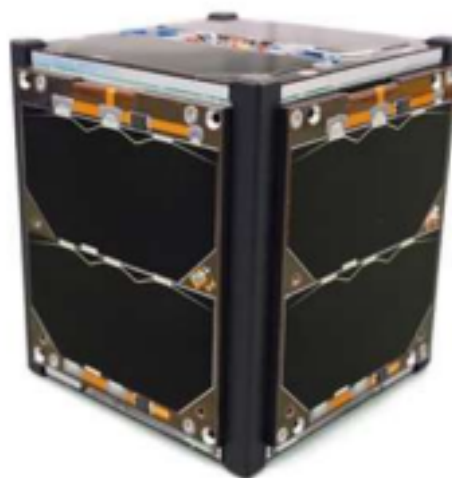
os sinais de radiofrequência recebidos em sinais de áudio que podem ser recebidos pela unidade de áudio. Ambas as unidades devem ser testadas cuidadosamente durante o desenvolvimento para garantir que suas frequências correspondam perfeitamente ao desempenho máximo.

2.1 CubeSat

Como o nome sugere, um CubeSat é um satélite que tem uma forma cúbica, medindo cerca de 10 cm de cada lado e pesando entre 1 e 2 quilogramas. Esses satélites são muito pequenos e são frequentemente usados em experimentos científicos. Eles também são usados para fins educacionais e para participar de futuras explorações espaciais. Embora ainda em desenvolvimento, os CubeSats já provaram ser muito úteis.

A maioria dos cubesats são construídos como ferramentas educacionais, permitindo que os alunos testem conceitos sem precisar de muito dinheiro. Esses alunos também podem testar seus designs desde o início, garantindo que seu cubesat seja robusto o suficiente para fazer o que eles desejam. Por exemplo, as faculdades podem usar cubesats para pesquisa espacial e experimentação científica. Os alunos podem aprender sobre ciência enquanto testam suas teorias no espaço sideral. Isso os ajuda a projetar cubesats melhores e produzir dados mais precisos.

Figura 1 – Satélite Cubesat



Fonte - satsearch

A maioria dos cubesats também monitora nosso planeta do espaço — eles auxiliam na proteção ambiental e na pesquisa de mudanças climáticas. Eles também são usados para rastrear desastres naturais, como inundações e incêndios florestais, em todo o mundo. Muitos desses satélites são construídos por governos ou outras organizações que trabalham diretamente com cientistas.

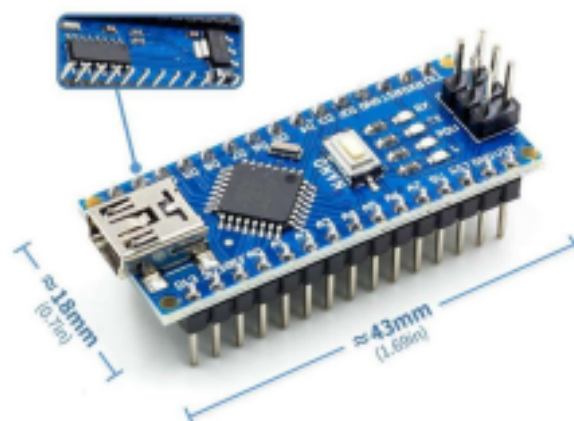
3 Prototipação

Para aprimorar o protótipo, foram realizados testes e coletas de dados sobre os sistemas e hardwares utilizados para a criação do projeto. Isso permitiu desenvolver hipóteses sobre o funcionamento dos sistemas implementados com mais precisão e confiabilidade.

3.1 Arduino Nano

Arduino é uma plataforma de hardware de código aberto para projetar eletrônicos. Eles também fazem uma placa de prototipagem eletrônica DIY. O dispositivo possui um microcontrolador Atmel, circuitos de entrada e saída, bem como uma interface de programação na forma de um IDE (Integrated Development Environment) que em tradução livre seria “Ambiente de desenvolvimento integrado”, seu software é criado usando uma linguagem de programação baseada em C/C++ com um ambiente de software baseado em Java.

Figura 2 – Arduino Nano



Fonte - microdaz

Arduino nano é um microcontrolador de baixo custo baseado em um ATmega328P. Possui uma interface USB e 14 pinos de E/S digitais e 10 analógicos. A placa é projetada e fabricada pela Arduino SRL e foi introduzida em 2007 como sucessora da placa Arduino Uno. Ele foi projetado para ser utilizado em projetos onde são necessários versatilidade, simplicidade e baixo custo.

3.1.1 Arduino Uno

O Arduino UNO é uma pequena placa de circuito que possui um microcontrolador ATmega328P. Possui 14 pinos de entrada/saída digitais, 6 saídas PWM, 6 entradas analógicas e um ressonador cerâmico de 16MHz. Possui uma porta USB, conector de alimentação, conector ICSP e um botão de reset. Você só precisa conectá-lo a um computador com um cabo USB ou alimentá-lo.

Figura 3 – Arduino Uno R3



Fonte - filipeflop

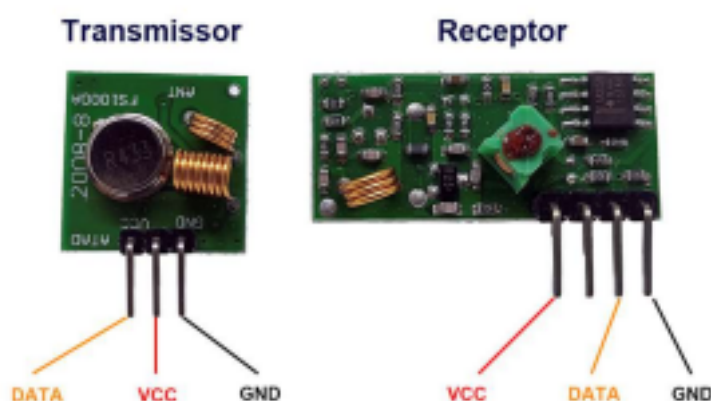
A plataforma Arduino foi escolhido para o projeto de simulação por possuir as características descritas, necessárias para o projeto, com os arduinos conseguimos

implementar as funcionalidades do projeto, através das portas analógicas e digitais e do código utilizado é transferido para os arduinos com a IDE.

3.2 Módulo RF 433MHz

O Módulo RF permite transmitir e receber dados por meio de seu receptor e transmissor. Esta peça de tecnologia barata e eficiente pode ser encontrada no Kit de Módulos Transmissor RF + Receptor 433Mhz.

Figura 4 – Módulo RF 433MHz



Fonte-vladcontrol

A escolha deste conjunto de transceptores que separa em dois módulos um para a transmissão e outro para a recepção, permitiu a simulação de comunicação entre o satélite e a estação terra, utilizando os arduinos como base para o processamento da comunicação.

3.3 Display LCD

O Display LCD 16x2 é uma parte importante da visualização de dados para

projetos construídos com Arduino. É muito utilizado em projetos que utilizam a plataforma e pode ser utilizado com diversos modelos de Arduino. Displays maiores como este são normalmente emparelhados com o controlador HD44780, que pode ser usado com microcontroladores embutidos como PICs e Raspberry Pis. Esta tela tem luz de fundo azul, letras brancas e 16 colunas e 2 linhas.

8

As conexões no monitor se conectam ao mundo externo por meio de 16 pinos. Isso inclui os pinos 1 e 2 da fonte de alimentação, o pino 15 da luz de fundo e o pino 3 do contraste. Além disso, eles se conectam a várias outras funções.

Figura 5 – Display LCD



Fonte - circuits-diy

O display LCD foi adicionado a estação terra, para facilitar a visualização dos dados que estão sendo recebidos do satélite, assim trazendo uma rápida aquisição de informação e permitindo que mais funcionalidades possam ser implementadas futuramente.

3.4 LED's

LEDs são componentes eletrônicos muito comuns. Eles foram inventados em 1962 por Nick Holonyak enquanto trabalhava na GE. LED significa diodo emissor de luz,

que é um tipo de semicondutor que emite luz em resposta à corrente que passa por ele.

Os LEDs são usados para sinalização em circuitos eletrônicos, como quando uma tomada é ligada ou desligada.

Os LEDs usam um tipo específico de diodo que só conduz corrente em uma direção. A junção semicondutora de um LED é chamada de junção PN.

O campo elétrico do diodo deve exceder uma certa voltagem para induzir os elétrons a se ligarem aos buracos na região do tipo N. Isso resulta em uma corrente elétrica, bem como na emissão de um quantum de luz – geralmente um fóton.

A quantidade de energia liberada depende da propriedade bandgap do material semicondutor usado.

A presença dessa energia determina a cor da onda de luz que ela produz. Diferentes LEDs azuis claros têm diferentes tensões de limite. Isso ocorre porque o intervalo de banda determina a voltagem com a qual as lâmpadas precisam ser acesas.

Figura 6 – Funcionamento de um LED



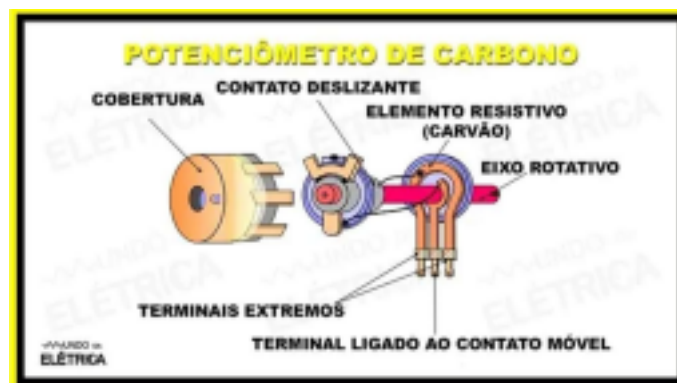
Fonte - AKARI

Utilizamos LED's como forma de visualizar se a comunicação entre o satélite e a estação terra está ocorrendo da forma esperada.

3.5 Potenciômetro de Carbono

Os potenciômetros usam uma escala resistiva linear que muda com a rotação de um eixo. Potenciômetros podem ser encontrados em quase todos os equipamentos. Eles são usados para alterar o modo de um aparelho - por exemplo, um potenciômetro de brilho pode ajustar o brilho das imagens.

Figura 7 – Potenciômetro de Carbono



Fonte - Henrique Mattede

O potenciômetro foi colocado na estação de terra para enviar um comando ao satélite para regular a intensidade de iluminação em um Led posicionado para a verificação de recepção de dados.

3.6 Push Button

Um botão é um interruptor que, quando pressionado, transforma um comando mecânico em um comando elétrico abrindo ou fechando um circuito elétrico. Eles geralmente têm contatos de ação momentânea que abrem ou fecham um circuito apenas momentaneamente.

As chaves podem ser do tipo NA (normalmente abertas) ou interruptor NF (normalmente fechado), para fechar o circuito quando pressionado, permitindo que a corrente flua e enviando um sinal alto (1) para o Arduino. Ou interruptor NF (normalmente fechado), assim, quando pressionado, abre um circuito que impede a passagem de corrente, enviando um sinal baixo (0) para o Arduino.

Figura 8 – Push Button



Fonte - [Carol Correia Viana](#)

3.7 Desenvolvimento da programação

Utilizando o Arduino para a implementação dos módulos de comunicação RF, foi realizada a confecção da programação em linguagem C/C++, utilizando como base o código disponibilizado Marlon Nardi Walendorff, que o disponibiliza-o de forma a incentivar e disseminar o conhecimento sob essa tecnologia.

Os códigos utilizados em nossas simulações sofreram alterações para atender as demandas do projeto.

3.7.1. Código do Transmissor

Figura 9 – configurando os terminais de dados e o hardware e software

```
TRANSMISSOR_RF-Rodrigo | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

TRANSMISSOR_RF-Rodrigo
/* ===== TRANSMISSOR =====
  Autor: Marlon Nardi Walendorff
  Data: 28/11/2020
  Projeto: Comunicação entre dois Arduinos sem fio utilizando módulos RF 433Mhz
 */

//==== Inclusão de bibliotecas ====//
#include <VirtualWire.h>

//==== Mapeamento de Hardware e constantes =====//
#define Size 2
#define pinButton 3
#define pinPot A0

//===== Variáveis globais =====//
byte TX_buffer[2];

void setup()
{
  //Entradas/Saídas digitais
  pinMode(pinButton, INPUT_PULLUP);

  vw_set_tx_pin(2); //Seleciona o pino de comunicação do TX
  vw_setup(4000); // Velocidade de comunicação em BPS
} //endSetup

void loop()
{
  TX_buffer[0] = map(analogRead(pinPot), 0, 1023, 0, 255);
}
```

Fonte – autor

Figura 10 - configurando a rotina do sistema de transmissão

```
void loop()
{
  TX_buffer[0] = map(analogRead(pinPot), 0, 1023, 0, 255);

  if (digitalRead(pinButton) == 1)
  {
    TX_buffer[1] = 1;
  }
  else
  {
    TX_buffer[1] = 0;
  }

  vw_send(TX_buffer, Size);
  vw_wait_tx();

} //endLoop
```

Fonte – autor

3.7.2. Código do Receptor

Figura 11 - configurando os terminais de dados e o hardware e software



```
Receptor_RF-Rodrigo | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

Receptor_RF-Rodrigo
/* ===== RECEPTOR =====
  Autor: Marlon Nardi Walendorff
  Data: 28/11/2020
  Projeto: Comunicação entre dois Arduinos sem fio utilizando módulos RF 433Mhz
*/

//==== Inclusão de bibliotecas ====//
#include <VirtualWire.h>

//==== Mapeamento de Hardware e constantes =====//
#define pinLEDPot 3
#define pinLEDButton 4

//===== Variáveis globais =====//
byte message[VW_MAX_MESSAGE_LEN]; // Um buffer para armazenar as mensagens
byte messageLength = VW_MAX_MESSAGE_LEN; // Tamanho máximo das mensagens recebidas

void setup()
{
  //Inicia comunicação serialcom velocidade de 9600 BPS
  Serial.begin(9600);

  //Entradas/Saídas digitais
  pinMode(pinLEDPot, OUTPUT);
  pinMode(pinLEDButton, OUTPUT);

  vw_set_rx_pin(2); //Seleciona o pino para recepção dos dados
  vw_setup(4000); //Velocidade de comunicação em BPS
  vw_rx_start(); //Começa a receber os dados
```

Fonte – autor

Figura 12 - configurando a rotina do sistema de recepção

```

void loop()
{
  if (vw_get_message(message, &messageLength)// Se houver dados para receber
  {
    analogWrite(pinLEDPot, message[0]);// Controle PWM no pino pinLEDPot

    if (message[1] == 1)// Se o segundo byte do vetor message for igual a um...
    {
      digitalWrite(pinLEDButton, LOW);// Desliga o LED no pino pinLEDButton
    }
    else
    {
      digitalWrite(pinLEDButton, HIGH);// Liga o LED no pino pinLEDButton
    }

    Serial.print("PWM: ");
    Serial.print(message[0]);
    Serial.print("  Button: ");
    Serial.println(message[1]);
  }
}

```

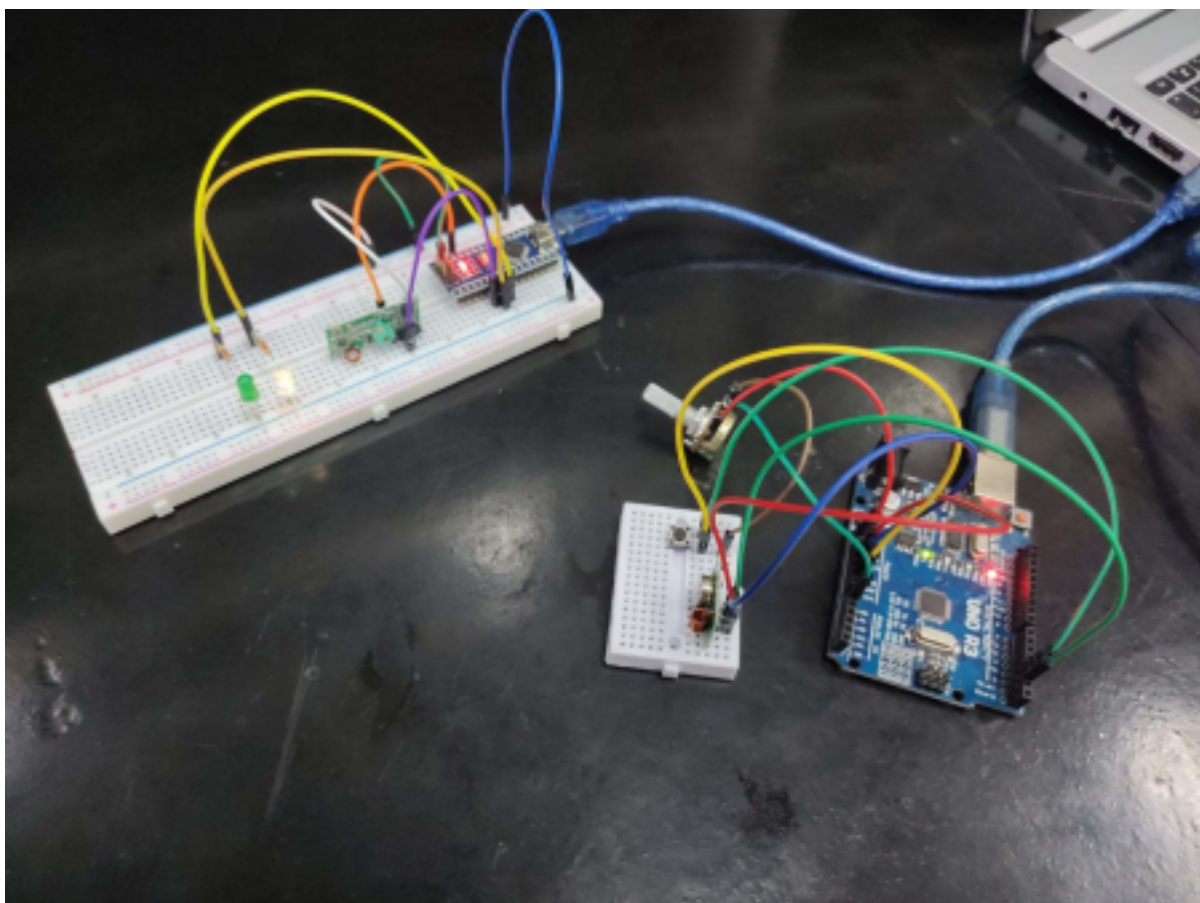
Fonte – autor

4 Resultados

Inicialmente não foi possível efetuar a comunicação. Foi revisado, repensado e decido que o melhor caminho era substituir o hardware e a programação utilizada, assim obtendo o primeiro protótipo funcional.

Para os demais protótipos subsequentes foram realizadas melhorias tanto em Hardware quanto no software programado, obtendo melhora significativa na distância de transmissão e visualização da comunicação entre satélite e estação Terra.

Figura 13 – Protótipo



Fonte – autor

É possível notar na figura 13 a presença dos componentes descritos anteriormente atuando com a estação terra sendo representada pelo Arduino Nano e o satélite com o Uno, que nesse momento do projeto já havia sido estabelecida a comunicação entre as partes, porém, a distância de comunicação era baixa cerca de

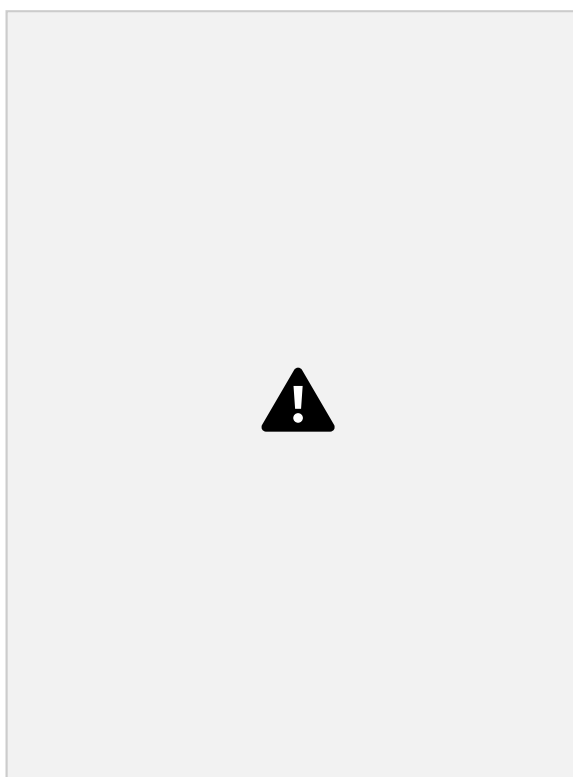
0,3 metros (trinta centímetros).

17

A transmissão ocorre através da ação mecânica de pressionar o push button e da variação na chave do potenciômetro, por ambos estarem programados como entrada de dados, essas ações geram input de dados que através do Arduino são enviados para o módulo de transmissão, que transforma a informação em ondas de radiofrequência e as envia.

Já do outro lado, o processo ocorre de forma “inversa”, as ondas e radiofrequência são captadas pelo módulo de recepção, que as converte novamente em dados. O Arduino faz a leitura dos dados e os envia para os terminais que estão programados como saída de dados, onde conectamos led 's para que assim seja possível vermos a comunicação ocorrendo de uma forma muito simples.

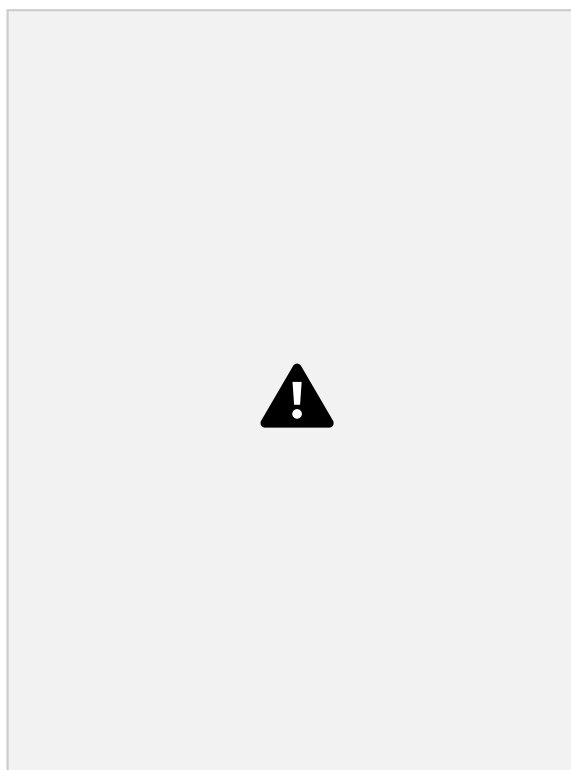
Figura 14 – Protótipo satélite



Fonte – autor

Já para o modelo final conseguiu-se atingir uma distância de 2,5 metros (dois metros e cinquenta centímetros). Para isso foi soldado antenas em espira de aproximadamente 5 centímetros de altura nos módulos Tx e Rx, aumentando assim a capacidade de comunicação.

Figura 15 – Protótipo Satélite plataforma Cubesat



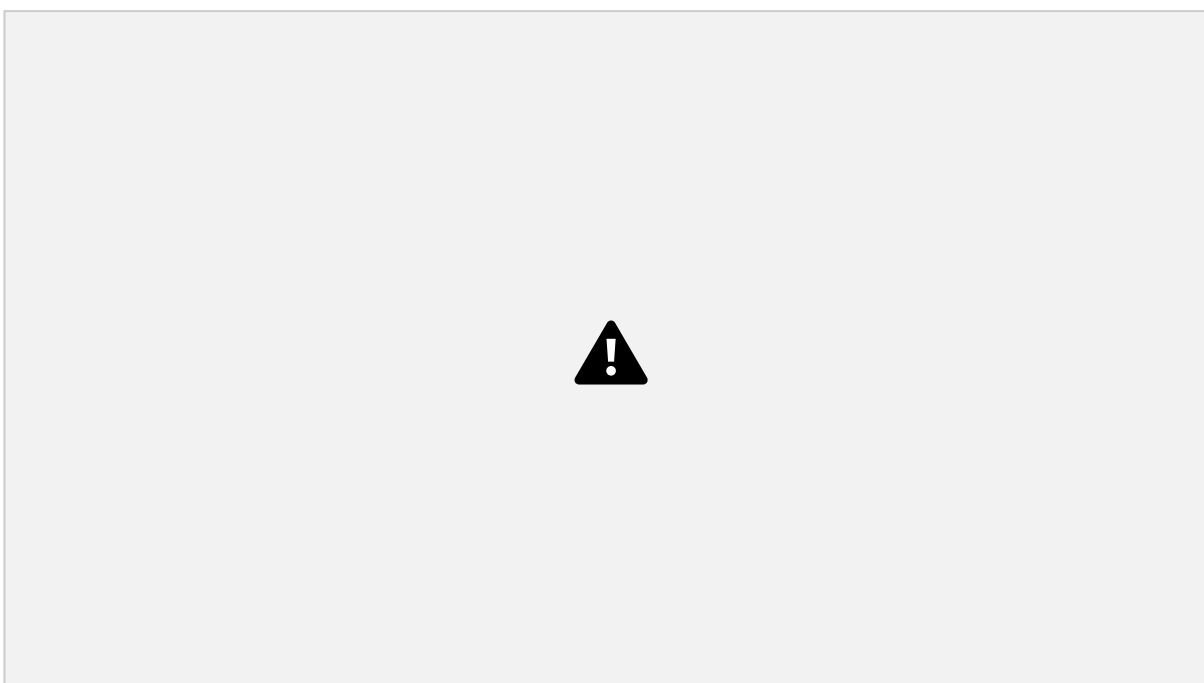
Fonte – Autor

Para melhor visualização e apresentação foi confeccionada através de impressão 3D uma estrutura com as dimensões de um minissatélite, que abriga o

Arduino, módulo de comunicação e a fonte de alimentação.

19

Figura 16 – Testagem final de comunicação



Fonte – Autor

A figura acima demonstra a realização de um teste de comunicação após a montagem da estrutura, onde fica visível comunicação, através dos leds e da placa LCD posicionados na estação em terra recebendo dados do satélite posicionados na estrutura Cubesat.

5 Ideias para a continuidade

“A uma discussão e um desejo de todo o grupo de ampliarmos o projeto e continuarmos o desenvolvimento. Os próximos passos que pensamos será a confecção de um software autoral baseado em linguagem C/C++ ou em Python, para a realização da comunicação e controle do satélite, com adição de uma câmera no satélite para a captação de imagem e motores para ajustar a posição da câmera e do satélite.” – Vinícius

6.Considerações Finais

Durante todo o processo de estudo e desenvolvimento, vimos que o conhecimento que adquirimos não serve exclusivamente para aplicação que demos, mas podem ser facilmente adaptadas para a mais diversas funções e usos.O Arduino traz uma versatilidade e facilidade de uso, que mesmo uma pessoa leiga com pouco

conhecimento em eletrônica e programação, pode utilizá-lo em pequenas aplicações.

A comunicação por satélite é algo que está presente no nosso dia a dia. Utilizamos essa tecnologia o tempo inteiro, desde o nosso despertador ajustado pelo smartphone que utiliza a triangulação por satélite para calcular o fuso horário, quando acessamos as redes sociais, serviços de *streaming* de filmes e jogos, *lives*, e tantas outras formas que essa comunicação se estabelece.

7. Referências

1. VLADCONTROL “RF 433MHz – “Módulo Transmissor e Receptor ” Acessado no dia 25/11/2022 Disponível em:
<http://www.vladcontrol.com.br/arduino-basico/rf-433-mhz/>
2. MARCIO MAKIYAMA “O

que o Arduino, para que serve, benefícios e projetos”

Acessado em 30/11/2022 Disponível em:

<https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/> 3. ARDUINO “Uno R3” Acessado em 02/12/2022 Disponível em: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>

4. FÁBIO DOS REIS “Como funciona um led” Acessado em 25/11/2022 Disponível em:

<http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/como-funciona-um-led-diodo-emissor-de-luz/>

5. HENRIQUE MATTEDE “Potenciômetro – O que é e como funciona” Acessado em 02/12/2022 Disponível em:

<https://www.mundodaeletrica.com.br/potenciometro-o-que-e-como-funciona/>

6. LUAN SILVER “Push Button Arduino” Acessado em 26/11/2022 Disponível em:

<https://guiarobotica.com/push-button-arduino/>

7. AREEBA ASHAD “Arduino LCD Display Module 16x2 character” Acessado em

26/11/2022 Disponível em: <https://www.circuits-diy.com/arduino-lcd-display-module-16x2-character/>