



DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE TELEMETRIA EMBARCADA COM ARDUINO PARA COLETA DE DADOS EM UM MINI FOGUETE EXPERIMENTAL

Johny Victor Lucas Dias¹

Aluno do curso de Engenharia Elétrica

Gaspar Eugenio Oliveira Ramos²

Professor de Eletrônica do Curso de Engenharia Elétrica

Fabio de Brito Gontijo³

Professor e Cordenador do Curso de Engenharia Elétrica

MODELO ABSTRACT

Este trabalho consiste em desenvolver um sistema de telemetria capaz de coletar dados de um mini foguete experimental, utilizando sensores de fácil comercialização e um microprocessador de fácil programação, ATMEGA328P (Arduino Nano). Tendo como principal objetivo, coletar dados físicos como altura, aceleração, umidade, temperatura, localização. Assim utilizar esses dados para avaliar as condições do foguete durante o lançamento, para efetuar melhorias e correções para aumentar a sua eficiência. O sistema de telemetria é um sistema capaz de coletar (através de sensores), armazenar (através de micro SD), tratar dados (através do Arduino Nano) de locais e dispositivos que para a coleta humana encontraria dificuldade, esses dados são tratados e transmitidos. Para análise em um local seguro para o ser humano, podendo assim realizar ações para correção e segurança.

PALABRAS CLAVE: Telemetria, Sistemas embarcados, comunicação a distância, minifoguete, foguete experimental.

ABSTRACT

This work consists of developing a telemetry system capable of collecting data from an experimental mini rocket, using easily commercialized sensors and an easy-to-program microprocessor, ATMEGA328P (Arduino Nano). The main objective is to collect physical data such as height, acceleration, humidity, temperature, location. So use this data to assess the conditions of the rocket during launch, to make improvements and corrections to increase its efficiency. The telemetry system is a system capable of collecting (through sensors), storing (through micro SD), treating data (through the Arduino Nano) from locations and devices that would be difficult for human collection, this data is processed and transmitted. For analysis in a safe place for the human being, thus being able to carry out actions for correction and security.

KEYWORDS: Telemetry, Embedded systems, remote communication, mini rocket, experimental rocket

SUMARIO:

1. Introdução. 2 Método. 2.1.1. Estrategias metodológicas. 2.1.2. Instrumentos de informação. 2.1.4. Procedimiento. 3. Resultados. 4. Discusión y conclusiones. 5. Referencia bibliográficas.

CONTENTS:

1. Introduction. 2 Method 2.1.1. Methodological strategies. 2.1.2. Population and sample. 2.1.3. Information collection instruments. 2.1.4. Process. 3. Results. 4. Discussion and conclusions. 5. Bibliographic reference.

¹ Aluno do curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitario de Patos de Minas, UNIPAM, Patos de Minas – MG – Brasil. E-mail: johnyldias@unipam.edu.br

² Professor de Eletrônica do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Unicersitário de Patos de Minas, UNIPAM, Patos de Minas – MG – Brasil. E-mail: gasparramos@unipam.edu.br

³ Fabio de Brito Gontijo, Professor e Cordenador do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM, Patos de Minas – MG – Brasil. E-mail: fabiobg@unipam.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A era espacial iniciou-se na União Soviética, em quatro de outubro de 1957, através do lançamento do Sputnik-1, que consistia em uma esfera com o diâmetro aproximadamente de 60 centímetros, que teve a duração de voo de 22 dias, o qual tinha em seu sistema de comunicação instrumentos rudimentares e utilizava a transmissão via rádio.

(CARLEIAL, 1999). Em maio de 1961, o presidente Kennedy dos Estados Unidos da América, em resposta à União Soviética, em plena Guerra Fria, custeou e inaugurou o programa Apollo, este programa foi desenvolvido pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) e tinha um orçamento anual de US \$120 bilhões, equivalente a 4,5% do orçamento dos EUA da época, dando origem à corrida espacial. (CÂMARA, 2011).

O Brasil não ficou muito atrás, de acordo com Câmara (2011), o presidente Jânio Quadros em 1961, deu início à pesquisa espacial no país, com a criação do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o qual foi um movimento de visibilidade internacional e que colocou o Brasil na corrida espacial.

O órgão público futuramente desenvolveu infraestruturas e instrumentações capazes de receber dados de satélites na órbita, tornando o terceiro país a receber imagens do satélite Landsat, que foi lançado pelos Estados Unidos.

Desta forma, para que imagens de satélites fossem capitadas, o setor aéreo espacial desenvolveu e/ou melhorou diversas tecnologias aplicadas para o monitoramento e controle, sendo utilizadas diariamente no cotidiano para geolocalização, previsões meteorológicas, telemetria, entre outros, tornando o setor estratégico e essencial para o desenvolvimento de um país. (CIRILO & WEHMANN, 2019).

Escrito por Mattos (2004), com esse avanço tecnológico e a necessidade de realizar medições em condições inacessíveis ao ser humano, proporcionou o desenvolvimento de dispositivos capazes de medir, coletar e comunicar um objeto em movimento e uma estação terrestre, através da telemetria.

Podendo ser aplicada e utilizada em diversos lugares como internet das coisas (IOT); sistemas de informação e infraestrutura; logísticas; agricultura; monitoramento de veículos, medicina, comunicação, aviação, além do monitoramento espacial.

A utilização de um módulo de telemetria, embarcado em minifoguetes de teste e em satélites CanSat (satélite de lata) é bastante utilizado em meios acadêmicos e por grupos autônomos, que buscam desenvolver um sistema de monitoramento em tempo real, assim como também é utilizado pelo INPE, para desenvolver maior automação nas operações de satélites artificiais, balões, foguetes e aeronaves em geral, assim, ampliando o uso de sistemas computacionais em aplicações espaciais.

Desta maneira, um dos principais problemas para viabilizar o desenvolvimento de um sistema de telemetria é a dificuldade da coleta de dados e processamento de forma coerente e assertiva. O que promove competições para incentivar a melhora desses sistemas, tais competições como: O Encontro online de foguetemodélismo do RS que ocorreu em 2021.

Portanto, esse projeto tem como objetivo elaborar um estudo com base em uma abordagem experimental e desenvolvimento

de prototipagem para comprovação do estudo.

Assim, produzir um sistema de telemétrica capaz de:

Coletar os dados físicos altura, aceleração, temperatura, umidade.

Transmitir os dados do localizador (GPS) para a base (celular). Armazenar os dados físicos e do deslocamento em um SD.

Realizar acionamentos da ignição do motor e da abertura do paraquedas.

Porem para que o sistema possa ser acurado, parte-se do pressuposto que o mini foguete possui condições ideais para facilitar a coleta de dados, sendo elas a propulsão, as dimensões e a aerodinâmica.

Referencial Teórico.

Neste capítulo serão abordados os principais conteúdos que envolvem o tema e os componentes eletrônicos utilizados neste trabalho. A fim de explicar e pautar todo o desenvolvimento elaborado.

Desenvolvimento espacial

Na imaginação humana, a conquista do espaço exterior deve ter começado na pré-história, com a contemplação do céu. Dezenas de milhares de anos mais tarde, já na antiguidade histórica, alguns povos civilizados aprenderam a descrever e prever com admirável precisão o movimento aparente dos astros na abóbada celeste.

Entretanto, até a Idade Moderna o Universo permaneceu inteiramente misterioso. Os bandeirantes já tinham desbravado o interior do Brasil quando, finalmente, na Europa, foram descobertas leis físicas capazes de explicar os movimentos dos corpos celestes (entre os quais a própria Terra). (CARLEIAL, 1999). Ficou demonstrado que os objetos materiais com que convivemos na superfície da Terra estão sujeitos a essas mesmas leis.

Apartir dessa época o conhecimento científico da Natureza vem se acumulando. O espaço exterior deixou de ser inacessível. Todavia a cada nova descoberta a humanidade constata que o mistério do Universo é maior e mais fascinante do que antes se imaginava. Há trezentos anos, no fim do século XVII, um hipotético discípulo de Newton já teria conhecimentos de física suficientes para analisar a dinâmica de voo de uma nave espacial. (CARLEIAL, 1999).

Poderia até fazer uma estimativa da propulsão necessária ao lançamento. Seus cálculos demonstrariam que construir uma tal nave e lançá-la ao espaço estava completamente fora do alcance da tecnologia então disponível.

De fato, não é nada fácil acelerar um objeto às enormes velocidades que possibilitam iniciar um voo espacial a partir da superfície da Terra. A propósito, naquela época só faria sentido explorar o espaço com naves tripuladas, as quais pesariam toneladas e teriam de ser capazes de trazer os astronautas, vivos, de volta para casa. Não havia outra forma de tirar proveito da experiência.

As comunicações pelo rádio só seriam inventadas duzentos anos mais tarde, no fim do século XIX, e equipamentos automáticos capazes de substituir o ser humano na exploração do espaço só se tornariam realidade em pleno século XX.

(CARLEIAL, 1999). Por tudo isso, até 1957 as viagens espaciais foram apenas um sonho, que se expressava na ficção literária. Panorama e história da pesquisa espacial 22 Aydano Barreto Carleial Entre os pioneiros de estudos e experimentos em astronáutica merecem destaque Konstantin E.

Tsiolkovsky, Robert H. Goddard e Hermann Oberth.

Trabalhando independentemente, quase sempre com poucos recursos, eles resolveram problemas de engenharia e demonstraram que foguetes de propulsão química poderiam um dia levar cargas úteis ao espaço.

Em geral seus trabalhos foram mal compreendidos e receberam pouco apoio. (CARLEIAL, 1999). A possibilidade concreta de uso militar dos foguetes é que levou os governos da Alemanha, da URSS e dos EUA, a partir de um dado momento, a apreciar e aproveitar os resultados obtidos por esses pioneiros.

Durante a Segunda Guerra Mundial a Alemanha investiu no desenvolvimento de foguetes de propelentes líquidos para transportar “bombas voadoras”. Até o fim da guerra Oberth trabalhou com Wernher Braun e uma equipe de especialistas na base de Peenemünde.

Depois da guerra, os EUA e a URSS aproveitaram a experiência dos alemães em seus programas de armamentos, cujos foguetes oportunamente também se prestariam à exploração do espaço. (CARLEIAL, 1999).

Com a origem na União Soviética, a era espacial deu-se início em quatro de outubro de 1957, com o lançamento do primeiro satélite Sputnik-1, com a duração do seu voo de 22 dias, que consistia em uma esfera com o diâmetro de 60 centímetros, com sua massa de 84 Kg, e entrou na órbita a 230 a 942 Km de altura, o qual tinha seu sistema de comunicação instrumentos rudimentares e utilizava a transmissão via rádio.

(CARLEIAL, 1999). Em três de novembro de 1957, a União Soviética lança o Sputnik-2, com a cadela Laika a bordo, sendo o primeiro ser vivo a tripular um foguete em órbita, com a duração de voo de 8 dias, com o objetivo de analisar o comportamento de um ser vivo no espaço.

No dia 12 de abril de 1961, enviado pelo programa soviético, Yuri Alekseyvitch Gagarin, foi o primeiro homem a circular o globo terrestre, sendo um fator fundamental para a conquista do espaço (AGUIAR, 2020).

O presidente estadunidense Kennedy em resposta à União Soviética, em plena Guerra Fria, custeou e inaugurou o programa Apollo, este programa foi desenvolvido pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) e tinha um orçamento anual de US \$120 bilhões, equivalente a 4,5% do orçamento dos EUA na época, dando origem à corrida espacial. (CÂMARA, 2011).

O programa espacial “Apollo”, em 1961 anunciou a meta nacional americana de explorar a lua, com um foguete tripulado.

Em poucos anos as etapas necessárias para o comprimento dessa meta foram realizadas com sucesso, em 1968, em pleno natal, três astronautas navegaram em torno da lua tripulados no Apollo 8. Em 20 de julho de 1969, Neil A. Armstrong e Edwin E. Aldrin Jr. da Apollo 11 (Figura 1), pousou no “Mare Tranquillitatis”. O programa terminou com a missão da Apollo 17, em 1972. (CARLEIAL, 1999).

Figura 1: Apollo 11 há 51 anos



Fonte: Nasa, 1969.

O início da pesquisa espacial no Brasil foi em 1961, com a criação do Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), com o presidente Jânio Quadros, o qual foi um movimento de visibilidade internacional que colocou o Brasil na corrida espacial. Em 1695, o Centro de Lançamentos de Foguetes da Barreira do Inferno, foi montado em Natal, para lançar experimentos científicos como foguetes de sondagem, e uma estação de recepção de imagens de satélites meteorológicos. (CÂMARA, 2011). Desde o início do programa do INPE, que é um órgão público federal cooperou com agências espaciais estrangeiras e instalou estações para poder fazer a transmissão em sistemas de tempo real (telemetria), recebendo os dados de satélites científicos e meteorológicos (Figura 2). Em pouco tempo, o Brasil passou a ser um dos maiores usuários de imagens da Terra, transmitidas por satélites. (CARLEIAL, 1999).

Figura 2: Antena de sondas meteorológicas, localizada em Barreira do inferno



Fonte: Roger, 2016.

No ano de 2011, o órgão público federal, foi responsável por desenvolver um programa de Clima Espacial, com o objetivo de medir e modelar os efeitos da interação do Sol com a Terra, no espaço próximo e na superfície do território brasileiro (CÂMARA, 2011). Neste ano de 2021, ressalta-se o feito brasileiro com grande repercussão mundial, que marcou a volta do Brasil à produção independente de tecnologia para exploração e monitoramento espacial, o lançamento do satélite Amanônia-1 (Figura 3), ocorreu no dia 28 de fevereiro de 2021. (ADJUNTO, 2021).

Figura 3: Satélite 100% brasileiro ainda no INPE, antes do embarcamento para Índia.



Fonte: Agência Espacial, 2021.

Escrito por Leal (2021), A composição do satélite Amazonia-1, conta com seis quilômetros de fios, 14 mil conexões elétricas, com um sensoriamento óptico e com outros equipamentos, para monitorar os diversos biomas amazenses, desmatamentos irregulares, incêndios, entre outros. De acordo com o INPE, o objetivo principal do desenvolvimento de um satélite com por centro brasileiro, utilizando tecnologias e equipamentos nacionais, é dar autonomia ao Brasil, e fornecer segurança ao território brasileiro. Vale ressaltar que o lançamento para colocar o satélite em órbita, ocorreu na Índia, e foi efetuado pelo foguete PSVL-51 (Indian Polar Satellite Launch Vehicle), que é produzido pela agência espacial indiana Indian Space Research Organisation (ISRO). Deste modo, as realizações de missões espaciais como a chegada da lua e o lançamento do satélite de comunicação e monitoramento Amazonia-1, se deve a pesquisas e ao desenvolvimento de novas tecnologias espaciais, como o caso da telemetria. (AGUIAR, 2020).

Telemetria

A telemetria deu início ao seu desenvolvimento no início do século XIX, e um dos primeiros sistemas de telemetria aplicada foi no ano de 1845, que realizou a transmissão de dados entre o Winter Place (Palácio de inverno Russo) e o quartel do exército russo. Bem como, em 1912, foi elaborado um sistema capaz de monitorar cargas de uma rede elétrica, o sistema teve como seu criador a empresa de distribuição elétrica Commonwe Edison e era chamado por power grid. Além disso, em 1940, a União soviética começou a utilizar um sistema de telemetria para monitorar e controlar mísseis, a tecnologia que era utilizada para manusear a comunicação era baseada em o PPM: pulse-position modulation (modulação de posição de pulso) e também o PWM: pulse-duration mutation (modulação por largura de pulso).

Da mesma forma, no ano de 1940, os Estados Unidos elaboraram sistemas de telemetria similar, que se tornava diferencial por utilizava para sua comunicação PCM: pulse-code modulation (modulação por código de pulso).

(PAIM, 2005). “A palavra telemetria é a união de duas palavras gregas. Tele significa longe e meter significa medir. Por isso telemetria significa medições à distância, ou em locais remotos. A telemétrica começou devido a necessidade de realizar

medições em locais inacessíveis, [...] como a temperatura em um forno e evoluiu em uma ciência complexa capaz de realizar medições dentro de um míssil guiado, ou em qualquer lugar remoto.” (MATTOS, 2004).

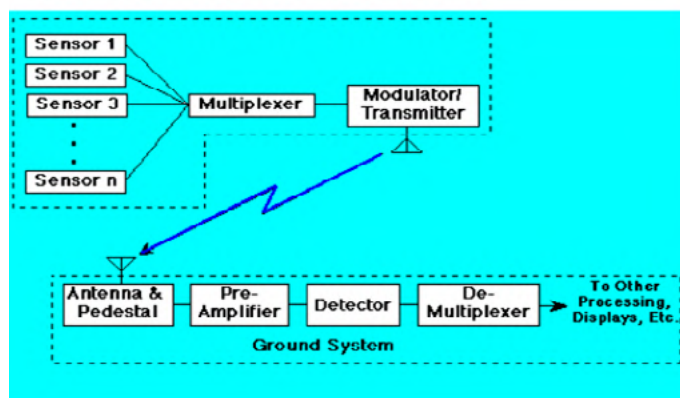
A telemetria se desenvolveu a partir da necessidade de realizar medições em condições inacessíveis ao ser humano, deste modo proporcionou o desenvolvimento de dispositivos capazes de medir, coletar e comunicar um objeto em movimento e uma estação terrestre, através da telemetria. (MATTOS, 2004).

O conceito de telemetria é dado por: gravar e transmitir dados remotos para um sistema informatizado, o qual transforma os dados em informações visíveis e de fácil entendimento ao usuário. Com o intuito de monitorar, analisar, prever situações. Os dados da telemetria podem ser transmitidos via rádio, sinal de celular (GSM), infravermelho, satélite ou cabo. O sistema completo de telemetria é composto basicamente por quatro partes, sendo elas: 1) módulo de transmissão; 2) módulo receptor; 3) sensores que capturam os dados 4) sistema para analisar os dados. (Zago, 2016).

A telemetria pode ser aplicada e utilizada em diversos lugares como: Internet das coisas (IOT); Sistemas de informação e infraestrutura; Logísticas; Agricultura; Monitoramento de veículos, Medicina, Comunicação, Aviação, Mísseis, entre outros. A utilização de um módulo de telemetria, embutido em minifoguetes e em satélites é bastante utilizado em meios acadêmicos e em estudos de diversos temas.

Mas também é utilizado pelas potências mundiais em monitoramento espacial como em foguetes da NASA (National Aeronautics and Space Administration), que recebem e mandam dados e comandos para fora da órbita. (Falcao, CIRILO, & Wehmann, 2019).

Figura 1: Demonstração de um sistema de telemetria



Fonte: Mattos, 2004.

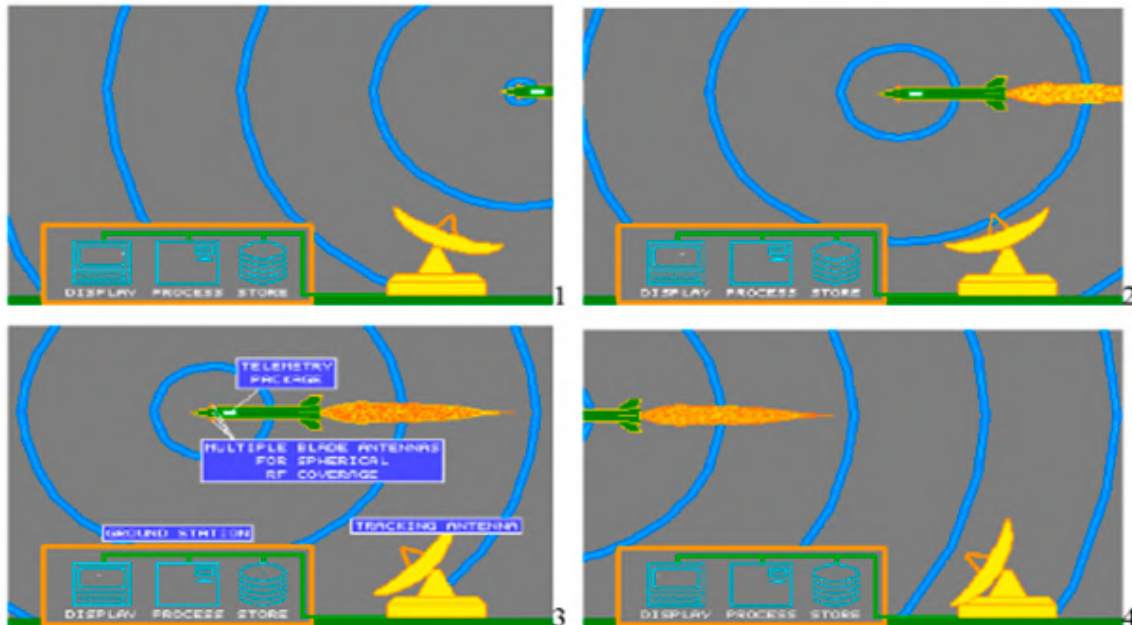
O sistema de telemetria é composto por um módulo de telemetria, o qual possuem equipamentos e sensores que medem os parâmetros (aceleração, velocidade, temperatura, umidade e deslocamentos) no dispositivo monitorado, é composto também por microcontroladores os quais condicionam os dados coletados pelo sistema afim de serem transmitidos para a estação de telemetria, além disso, o sistema também é composto por transmissores e receptores responsáveis por realizar a comunicação, conforme indicado na

Figura 4. Vale ressaltar que o sistema possui ainda uma antena (parabólica, espiral ou de uma via), assim como, um software

para realizar o processamento, a análise, o arquivamento e a visualização dos dados coletados. (MATTOS, 2004).

A telemetria pode ser um sistema embarcado dentro de um foguete (indicado figura 5), pois possuem um nível computacional capaz de realizar atividades pré-programadas, enviar dados a outros dispositivos e ainda salvar dados em um sistema de armazenamento. Para auxiliar, organizar, medir condições físicas, executar ações previamente definidas será utilizado uma arquitetura centralizada que contará com uma Unidade Eletrônica de Controle (UEC). A UEC terá como responsável por toda a execução de tarefas e dados, o microcontrolador Arduino nano. (Medeiros, 2016).

Figura 2: Demonstrativo de um sistema de telemetria em um míssil.



Fonte: Mattos, 2004.

A telemetria é necessária quando uma medição deve ser realizada em locais que são inacessíveis ao homem, esta é uma definição muito mais geral do que a original em que se expande o conceito de remotismo [MATTOS, 2004].

23 Embora a telemetria seja em tempo real, nem todos os dados são analisados durante testes, alguns dos dados são analisados apenas mais tarde. Esta análise pós-operacional é apenas possível devido ao registro de dados realizado durante os testes. (MATTOS, 2004).

No setor automotivo e de logística, as informações também podem ser transmitidas via GPRS junto com localização e outras informações de rastreamento (MATTOS, 2004). Neste projeto, a transmissão de dados foi feita através da rede wi-fi.

A telemetria passou a ser utilizada pelo setor aéreo, principalmente no monitoramento mísseis, mas hoje está cada vez mais diversificado devido à redução de equipamentos e sendo aplicado também na medicina e em animais (MATTOS, 2004).

Hoje, a telemetria é usada em larga escala nas competições automobilísticas, os dados são usados pelos engenheiros da equipe para verificar o desgaste das peças, desempenho do piloto, pontos que podem ser melhorados, onde o piloto é melhor ou pior que seu rivais, entre outras informações.

A Fórmula 1 se destaca das demais categorias pela alta tecnologia utilizada a iniciar. O sistema de aquisição coleta muitos parâmetros, como temperatura e velocidade do motor, pressão de óleo, suspensões, rodas e elementos aerodinâmicos

(MATTOS, 2004). Esses dados são enviados para os poços e são extremamente importantes para os engenheiros analisá-los e poder, por exemplo, prever uma possível quebra, instruir o piloto a fazer um ajuste (aerodinâmico, freio, mistura de combustível) para melhorar o desempenho, detectar um pneu furado, detectar um vazamento de óleo.

Sistema embarcado

O termo sistema embarcado deu-se origem em 1960, onde surgiu um pequeno programa de controle funcional de telefones, era programado em assembly e podia ser utilizado em outros dispositivos.

Com o passar do tempo e o desenvolvimento de microprocessadores foi possível desenvolver softwares específicos para cada tipo de processador e utilizava a linguagem de máquinas (indicado figura 6). Nos meados de 1970 começava a programar as bibliotecas de códigos direcionados para sistemas embarcados específicos, que utilizam processadores e microprocessadores. (Chase, 2017).

O desenvolvimento tecnológico deu um grande salto com o passar das décadas, um exemplo de tal avanço é que um microondas residencial tem a capacidade computacional, superior à o que tinha o projeto Apollo 11, que realizou o primeiro voo tripulado à lua. (Cunha, 2018).

Nos dias atuais, os sistemas embarcados estão presentes em praticamente todas as atividades humanas, devido ao baixo custo tecnológico atual, tendem a aumentar sua presença

no nosso dia a dia. É fácil encontrar tais sistemas, em celulares, relógio WATCH, sistema de controle de carros e ônibus, os computadores portáteis, tablets, máquinas de lavar roupa entre outros. (Carro & Wagner, 2003).

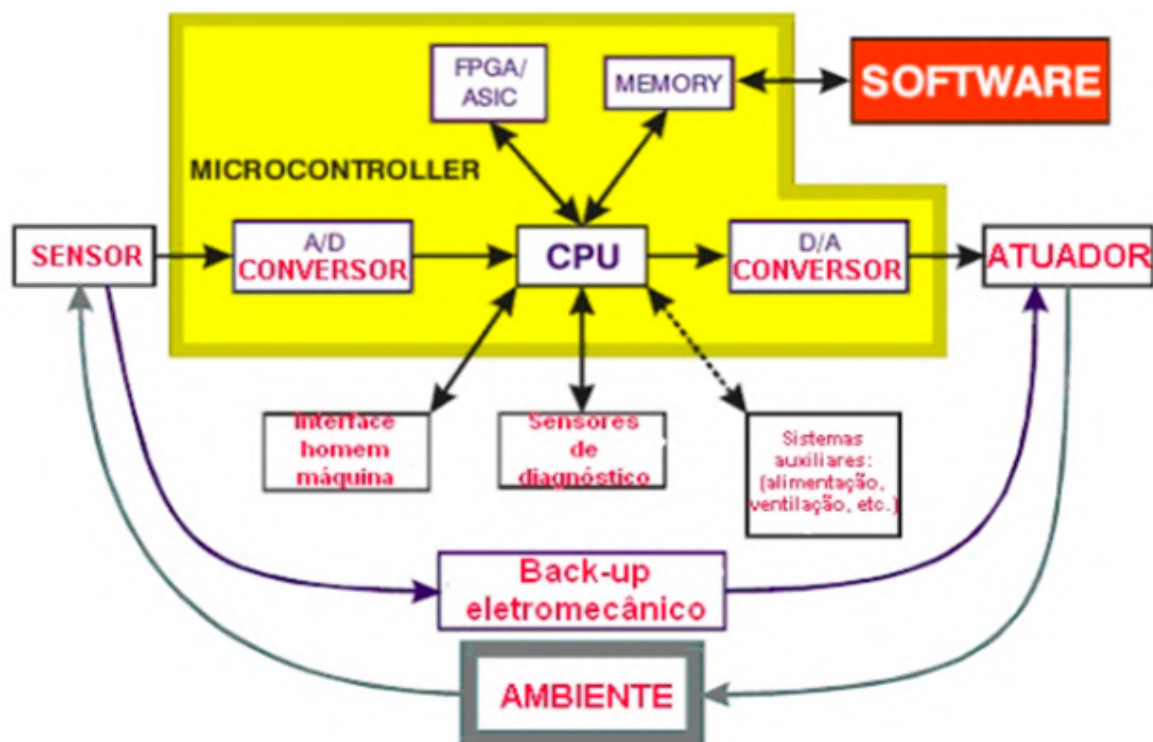
Colocar capacidade computacional dentro de um circuito integrado, equipamento ou sistema. Esta é uma definição para o que é um sistema embarcado. Note que um sistema como este deve ser mais do que um simples computador. É um sistema completo e independente, mas preparado para realizar apenas uma determinada tarefa. O usuário final não terá acesso ao programa que foi embutido no dispositivo, mas poderá interagir com o equipamento através de interfaces como teclados, displays, etc. desde que o sistema tenha sido projetado para tanto. (Cunha, 2018). Voltando ao exemplo do forno de microondas, ao pressionar uma tecla como PIPOCA, um sistema interno deve saber ajustar a potência correta, selecionar e medir o tempo em que o forno deve ficar acionado e emitir um sinal quando a tarefa for concluída.

Para executar esta simples operação, o “cérebro” do forno deve receber sinais de sensores (como o da porta, para saber se a mesma foi realmente fechada), fazer acionamento do equipamento de potência, calcular o tempo da operação, acionar o motor que fará a rotação do prato, permitir que o usuário interrompa a operação a qualquer tempo, atualizar o display, medir quanto tempo se passou desde o início da operação, etc. (Cunha, 2018). Diferente dos computadores, que rodam sistemas operacionais como base para que outros aplicativos diversos sejam instalados e utilizados (cada um para uma aplicação diferente), os sistemas embarcados são construídos para executar apenas uma tarefa pré-determinada. Muitas vezes não tem flexibilidade (de software e de hardware) que os permita fazer outra tarefa qualquer que não sejam aquelas para qual foram desenhados e desenvolvidos. A única flexibilidade permitida e desejada é no caso de um upgrade de novas versões, fazendo com que o sistema possa ser re-programado, geralmente com correções ou novas funções que o tornam melhores. Mas isto sempre é feito pelos fabricantes e quase nunca pelos usuários finais. Há então a necessidade de um “cérebro” que gerencie todo o funcionamento deste sistema. Um microprocessador ou microcontrolador é a opção ideal para esta função, já que ambos têm capacidade de fazer a leitura de sinais externos, executar programas com as tarefas a serem feitas, processar os sinais e enviar para atuadores os resultados esperados. (Cunha, 2018).

Figura 3: Lógica de um sistema embarcado usando um microcontrolador.

Um sistema embarcado (Figura 7), é classificado pela capacidade computacional de um circuito integrado, de um equipamento ou um sistema. Ou seja, a capacidade de um sistema/equipamento em desenvolver ações necessárias para a execução de um processo, sendo ele simples ou elaborado. Deste modo tornando o sistema integrado complexo. Um exemplo de tais aplicações é um micro-ondas quando é utilizado para fazer pipoca. Um sistema sensorial deverá definir e ajustar a potência correta, o tempo necessário para o processo, e ao final da execução do processo mandar um sinal para avisar. “que a PIPOCA está pronta”. (Cunha, 2018).

Figura 4: Elementos Básicos de um sistema embarcado.



Fonte: Cunha, 2018.

As ferramentas embarcadas vêm recebendo melhorias, devido a novas facilidades para modelagem, simulação e síntese, também ocorreu upgrade na interação com o usuário. Trabalhos atuais, demonstram a utilização de microcontroladores, com sensores de alocação dinâmica de objetos, como também a implementação de características de baixo consumo, e com as arquiteturas modificadas. (Carro & Wagner, 2003).

Microcontroladores ATMEGA (Arduino)

Os microcontroladores, iniciaram sua história, nos princípios da década de 80, são circuitos integrados e programáveis, que contêm em sua arquitetura, um microcomputador, ou seja, o sistema é comandado por uma Unidade Central de Processamento (CPU), memória RAM (memória variável), memória EEPROM (memória de leitura e escrita não alterável). Pinos de E/S (portas de entradas e saídas) podendo ter periféricos, como conversores analógicos/digital (A/D), módulos PWM (controle por largura de pulso) e módulos de comunicação serial ou paralelo, entre outras funções e configurações. (Oki & Mantovani, 2013).

Deste modo, por ocuparem um espaço pequeno, tornando um projeto mais compacto, e com seu custo/benefício sendo um dos melhores do mercado, estão presentes em quase todos os ramos que envolve eletrônica ou automação, possuindo em seu sistema interno, todos os componentes necessários para seu funcionamento (Marchesan, 2012). O mercado oferece diversos tipos de microcontroladores, para diversas funções, com várias opções de fabricantes, características (como arquitetura de componentes, Software, Hardware, processamento, capacidade hertz, capacidade em memória, quantidade de portas, Clock, funcionalidades, entre outros). (Oki & Mantovani, 2013).

Por possuir uma plataforma de livre acesso, e possuir uma camada simples de software implementada na placa conhecida como IDE, com uma interface amigável no computador. Possui também um Bootloader, que dispensa a necessidade de um gravador de chip – que no caso do Arduino (Figura 8), é um microcontrolador da família AVR do fabricante ATMEL – facilita ainda mais seu uso e sua popularidade. Pois não necessita de compiladores ou hardware adicional. Outro ponto positivo em possuir ser um open-source, é ter uma biblioteca vasta de onde pode encontrar códigos para facilitar a interação com sensores. Concluído o objetivo mais rapidamente. (Souza, Paixão, Uzêda, Dias, & Amorim, 2016)

Figura 5: Arduino Nano V3



Fonte: FILIPEFLOP (2015).

Uma das formas para o desenvolvimento da UEC, responsável pela coleta de dados na base da telemetria, é com a utilização de um Arduino nano, devido a facilidade de encontrar no mercado e também ser uma plataforma livre, de fácil programação e com sensores e Shields popularizados abaixando os custos dos mesmos (Souza, Granado, & Fressatt., 2021). A programação

do Arduino é feita em uma linguagem baseada em C / C ++, tem uma estrutura básica com dois métodos: setup () e loop (). A função setup () é chamada quando o programa inicia e é usado para definir os modos de entrada ou saída dos pinos, indique bibliotecas, inicializar variáveis, etc. Ele é executado apenas uma vez, quando o Arduino é iniciado ou reiniciado. A função loop () faz o que o nome indica, se repete continuamente permitindo que o programa seja executado dinamicamente. É responsável pela inicialização e declaração de valores iniciais. (ARDUINO, 2012).

Sensores

Os sensores industriais criados por volta de 1950, são responsáveis pela detecção de quaisquer movimentações no ambiente fabril, seja para contagem de material, controle de direção, nível de fluidos, verificação de material dentro do recipiente e até sensores que atuam para segurança dos profissionais. Os tipos de sensores industriais podem ser: sensores de pressão, temperatura, nível, vazão, indutivo, capacitivo, fotoelétrico, magnético e ultrassônico. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2011). Os atuadores industriais são dispositivos destinados a executarem uma ação, por exemplo, ligar um motor, movimentar uma esteira, abrir e fechar uma válvula ou até mesmo dosar os materiais. Esta ação é o resultado do controle de um processo de produção, normalmente, feito por um CLP. (GROOVER, 2010). Ainda nos dias atuais a definição de sensor ainda é muito ampla, mais uma definição aceita é que o termo “sensor” é utilizado para nomear dispositivos sensíveis a alguma forma de energia podendo ser luminosa, térmica, cinética entre outras. (THOMAZINI & ALBUQUERQUE, 2020). Ou seja, sensores são dispositivos passivos que mudam seu comportamento físico sob ações de uma grandeza física, deste modo, podendo fornecer de forma indireta ou direta a indicação da grandeza. Deste modo, os sensores que convertem diretamente as grandezas físicas são chamadas de transdutores, e os sensores que operam de forma indiretamente altera suas propriedades como resistências, capacitância ou indutância de forma proporcional de medível. (SATO, NOE, & PERCEBON, 2015).

Altímetro

O altímetro se caracteriza por um dispositivo capaz de coletar dados de altitude ou de alturas por meio da alteração da pressão atmosférica ou da aceleração. Deste modo, o seu uso é muito abrangente, que inclui áreas de esportes como alpinismo e paraquedismo, também tem seu uso na aeronáutica para saber a altitude das aeronaves. Do mesmo modo, o uso do altímetro dentro do campo do foguete modelismo, tem como objetivo monitorar a altura alcançada do mini foguete e com os dados coletados, auxiliar e demonstrar a evolução da trajetória vertical de foguetes. Assim, possibilitando o estudo da eficiência do motor, condições da aero dinâmica, alcance total do foguete e também para a validação das missões com o objetivo de alcance de uma determinada altura. (TOPUS, 2015).

Figura 6: Sensor BOSCH BMP180



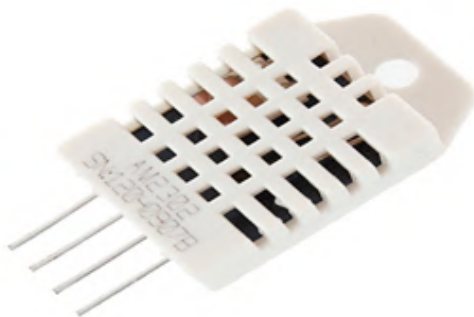
Fonte: FILIPEFLOP (2015).

O sensor que pode ser utilizado é o BOCH BMP180 (Figura 9), é utilizado para fazer as medições de altura e aceleração através da pressão atmosférica. (Patente N° BST-BMP180-DS000-09, 2013). Podendo medir entre uma faixa de 300-1100 hPa com resolução de 50 cm. Possui um consumo de corrente de até 5 μ A, para fazer tais medições será necessário fazer cálculos de conversão adequadamente dentro do código para este fim. (Medeiros, 2016).

Medição de umidade

O ar atmosférico se define por ser uma mistura de gases na concentração de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e os 1% restante, são formados por dióxido de carbono, vapor de água e outros gases. Assim a pressão total exercida pela atmosfera em um determinado ponto é a soma das pressões parciais dos gases que se encontra no ponto de análise, e a quantidade de água que se encontra presente no mesmo ponto é chamada por umidade absoluta, e é expressa em gramas de água por quilograma de ar seco. (ESGANZELA, 2014).

Figura 7: Sensor DHT22



Fonte: FILIPEFLOP (2015).

Segundo Medeiros (2016), para coletar os dados de umidade utilizado é o DHT22 (Figura 10), que é um encapsulamento que, que utiliza um sensor AM2302 para coletar os dados de umidade e um termistor para coletar os dados de temperatura. Assim, esse equipamento possui suas faixas de leitura entre -40 a +80 graus Celsius para temperatura e 0 a 100% para a umidade. (Patente N° 020-36042809 / 36380552).

Comunicação módulo GSM

Com a evolução da telefonia celular, e a utilização de parâmetros distintos para a comunicação em cada país ou região, como o Total Access Communication System (TACS), o C-450 na Alemanha, o Nordic Mobile Telecommunications (NMT) nos países nórdicos entre outros. Dificultava a comunicação entre países ou regiões distintas, deste modo, a Conférence Européenne des Postes e Télécommunications (CEPT), desenvolveu um parâmetro único para a telefonia celular na Europa, chamado Groupe Spéciale Mobile (GSM).

(SANTANA, 2003).

Ainda segundo Santana, os critérios determinantes para a criação do GSM foi:

- Qualidade de voz elevada;
- Custo baixo do terminal e do serviço;
- Possibilitar roaming internacional;
- Alta eficiência espectral;
- Compatibilidade com a RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados);
- Introdução de novos serviços (relativamente à 1ª Geração).

Em uma definição geral, o GSM, é um protocolo para comunicação de telefonia para enviar mensagens ou fazer ligações, que também é conhecido como 2G. O qual foi o protocolo de padronização de telefonia móvel, deste modo, diminuindo o custo para a comunicação entre países e regiões, também começaram a utilizar a criptografia digital tornando o sistema mais eficiente e mais seguro. (Silva, Rocha, & Freire, 2018)

Figura 8: Módulo GSM SIM800L



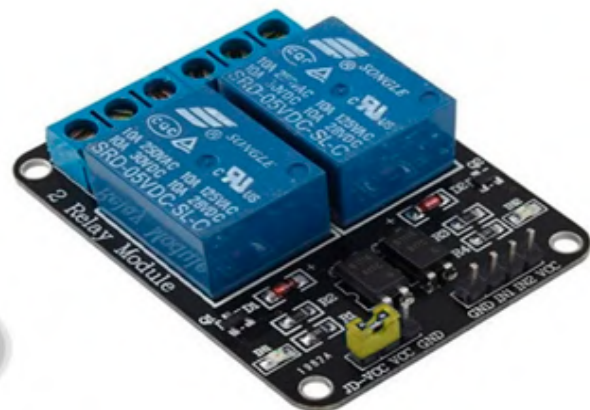
Fonte: Robótica (2018).

Um módulo utilizado para fazer a comunicação entre o mini foguete experimental e a base de comunicação é o GSM SIM800L (Figura 11), é utilizado para os projetos de IoT (internet das coisas), o módulo possui quad-band (GSM850MHz, EGSM900MHz, DCS1800MHz e PCS1900MHz), tem suporte para GPRS, e para sua comunicação mais efetiva utiliza-se uma antena externa. Sua faixa de transmissão de dados para o Arduino é de 1200 bps-115200 bps, e sua velocidade de comunicação com o Chip é de 9.05 Kbps- 85.6 Kbps. (tech, 2013).

Acionamento Rele

Os estudos sobre acionamento de relé, se iniciou por Joseph Henry, que é considerado o criador do relé, após 50 anos, a popularização do relé aconteceu devido a sua fácil aplicação em acionamentos eletroeletrônicos diversos como (alarmes, sensores, controle de bombas, acionamento de motores, entre outros). Assim, o conceito de relé se define por um equipamento eletromecânico, que aciona a um equipamento através da utilização de um campo eletromagnético podendo atuar em diversas tensões de acionamento, utilizando uma tensão e corrente muito baixa em seus controles. (MARQUES, 2014).

Figura 9: Módulo Rele 5V.



Fonte: FILIPEFLOP (2013).

O módulo Relé 5V (Figura 12), com dois canais, é um componente compacto, para trabalhos de controle com microcontroladores. Contém um circuito normalmente aberto e um circuito normalmente fechado. Este módulo utiliza uma tensão de controle de 5V e sua comunicação é digital, seu consumo é de 7 A por acionamento, com o tempo de acionamento de 10 milissegundos e o tempo de espera para uma segunda aplicação de 5 milissegundos. (china Patente N° Relau ISO 9002, 2012).

Armazenagem de dados

Manter informações salvas e armazenadas é necessário para auxiliar a vida humana, pois necessitamos de dados que não conseguiremos manter apenas na memória, ou anotados em papéis, devido a sua fragilidade com o passar do tempo ou a facilidade em se perder, deste modo, foram desenvolvidos equipamentos para armazenar dados de uma forma mais simples e que ocuparia um espaço pequeno. Dito isso, umas das formas de armazenar dados é o cartão micro SD, que possui uma capacidade de armazenagem consideravelmente grande, mais também possui uma vasta variedade dessa capacidade. Esse componente, também possui uma estrutura física pequena assim podendo ser carregado para qualquer lugar, sendo fácil mente conduzida. (EMC Corporation, 2012).

Figura 10:Módulo Leitor de Micro SD Card



Fonte: Robótica (2017).

O leitor Micro SD (Figura 13), para Arduino, pode-se armazenar dados mais completos diretamente em arquivo de texto, podendo ser facilmente abertos em um computador. deste modo aumentando ainda mais a capacidade de execução e leitura de dados, o cartão Micro SD tradicional e o Micro SDHC, conhecido por ser um cartão de memória de alta velocidade e que torna sua aplicação muito simples e útil. (Micro, 2012).

Foguete

O motor-foguete (Figura 14), é um propulsor que se baseia na aplicação da terceira lei de Newton “para toda ação existe uma reação”. Neste caso a expulsão dos gases resultantes da queima do propelente, pressurizados dentro da câmara de combustão, implica em uma força de mesma direção e de sentidos opostos. (AGUIAR, 2020). Assim, um mini foguete pode ser classificado de acordo com seu motor e

seu combustível sendo monopropelente (utiliza apenas um tipo de combustível, híbrido (faz a sua combustão a partir de dois tipos de combustíveis), plasma (é pouco utilizado), nuclear (apenas de ser pouco utilizado acreditasse que será o futuro da combustão).

Figura 11:Minifoguete fornecido pela CEPA.



Fonte: CEPA, 2021.

Ainda segundo, Aguiar (2020), atualmente os foguetes são caracterizados por dimensão do corpo do foguete, dimensão do motor-foguete (essas dimensões em: comprimento e diâmetro), e qual propelente (que é a mistura do combustível com o oxidante) e é utilizado para seu lançamento podendo ser combustíveis sólido, líquido, plasma ou nuclear, ou misto. Descrição do foguete:

- Comprimento total: 1530mm;
- Diâmetro total do foguete: 75mm;
- Massa sem Motor: 3165g;
- Estabilidade 3,11Cal;
- CG: 1800mm;
- CP: 1190mm;
- Velocidade fora: 21,4mm;
- Apogeu: 3000m;
- Delay: 18,7s;
- Velocidade máxima: 405m/s;
- Aceleração máxima: 241m/s²;
- Tempo para o apogeu; 21,3s;
- Tempo de voo: 163s;
- Comprimento das aletas: 174mm;
- Comprimento do Corpo: 1300mm;
- Comprimento do Cone: 200mm;
- Comprimento do motor: 500mm;
- Diâmetro do motor: 68mm;
- Volume do motor: 863cc;
- Comprimento da câmara: 500mm;
- Diâmetro da garganta do bocal: 15,68mm;
- Diâmetro da saída do bocal: 44,36mm;
- Diâmetro ideal da saída: 47,07mm;
- Comprimento do bocal: 88,12mm;

- Quantidade de prepolente: 1726g;
- Prepolente impulso: 130s.
- Dados adaptados da CEPA, 2021.

2. MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho serão analisadas as funções e características de cada componente a ser utilizado para o desenvolvimento do sistema de telemetria. Para que o trabalho possa ser concluído, será necessário cumprir 4 etapas.

- A primeira etapa consiste em estudar o tema, e estudar temas similares para poder ter um conhecimento mais a fundo sobre todas as execuções e aplicações de um sistema de telemetria embarcada e toda sua abrangência, para poder definir o escopo.

- A segunda etapa se limita em determinar os componentes a serem utilizados, estudar e compreender as características, a programação base de cada componente e suas ligações. E dar início a parte escrita e teórica do trabalho, fazendo toda a revisão literária, definindo de forma clara todos os ramos aplicados.

- A terceira etapa consiste em fazer a programação a ser utilizada, a montagem dos componentes na protoboard para testar a programação, desenvolver a PCB (o circuito impresso), imprimir o placar, soldar os componentes, fazer todos os testes em campo para analisar a funcionalidade de todos os componentes e da programação, levantar todos os erros para serem corrigidos.

- A quarta etapa consiste em corrigir os erros cometidos, e apresentar todos os resultados coletados. Demonstrar toda a aplicação e finalizar o trabalho do escritor, e preparar a apresentação do mesmo para a banca de trabalho de conclusão.

2.1.1. Estratégias metodológicas

Este trabalho resultou de uma revisão bibliográfica e de um estudo experimental realizado nos laboratórios de eletrônica do Centro Universitário de Patos de Minas e com o auxílio do grupo da CEPA (Clube de Espaço modelismo de Patos de Minas), com o fornecimento de um foguete em condições ideais para os testes e comprovação do sistema, e com o local de lançamento para os testes, com o objetivo de desenvolver um sistema de telemetria de baixo custo e com resultados significantes e dados confiáveis.

Os componentes selecionados, para coletar, processar e armazenar os dados, foram Sensor de pressão e temperatura BMP180; Sensor de umidade e temperatura DHT22; Módulo de comunicação GSM 800L; Módulo relé 5V duas vias para acionamentos necessários; para a armazenagem de o módulo micro SD card, para o processamento foi escolhido o microprocessador Arduino nano e para receber o sinal será utilizado o um celular via SMS.

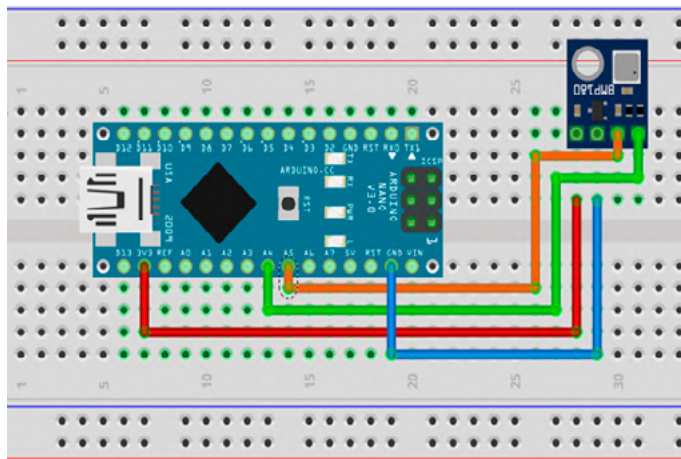
2.1.2. Instrumentos de informação.

Os sensores abordados nesta seção, serão os utilizados para coletar os dados estipulados em um voo típico de um mini foguete experimental, como altitude, temperatura, localização, umidade e aceleração. Para o funcionamento de cada componente, será utilizado as conexões ao Arduino nano como segue as fotos abaixo, e também para o funcionamento de cada componentes ou sensor necessita-se de uma linha de raciocínio demonstrados nas imagens abaixo dos blocos de diagrama, para auxiliar o desenvolvimento de cada código básico ou parcial. Os códigos escritos em linguagem C++ se encontram nos: Anexo I, II, III, IV e V.

BMP 180

Este sensor é um barômetro que coleta a variação de pressão utiliza uma tensão 1,8 a 3,6V e para sua comunicação utiliza-se comunicação I2C com os microcontroladores. Esse sensor também poderá ser utilizado para fazer a medição de temperatura. Para a utilização desse componente necessitará as bibliotecas: Wire.h; Adafruit_BMP085.h; LiquidCrystal.h. As portas utilizadas pelo sensor são: GND, 3.3V, A4 e A5. Suas ligações poderão ser feitas diretamente sem utilização de outros componentes. (Thomsen, FilipeFlopp, 2015). Na Figura 15 é abordado as conexões mínimas para o funcionamento do sensor BMP 180.

Figura 12: Conexão sensor de pressão BMP 180 no Arduino NANO



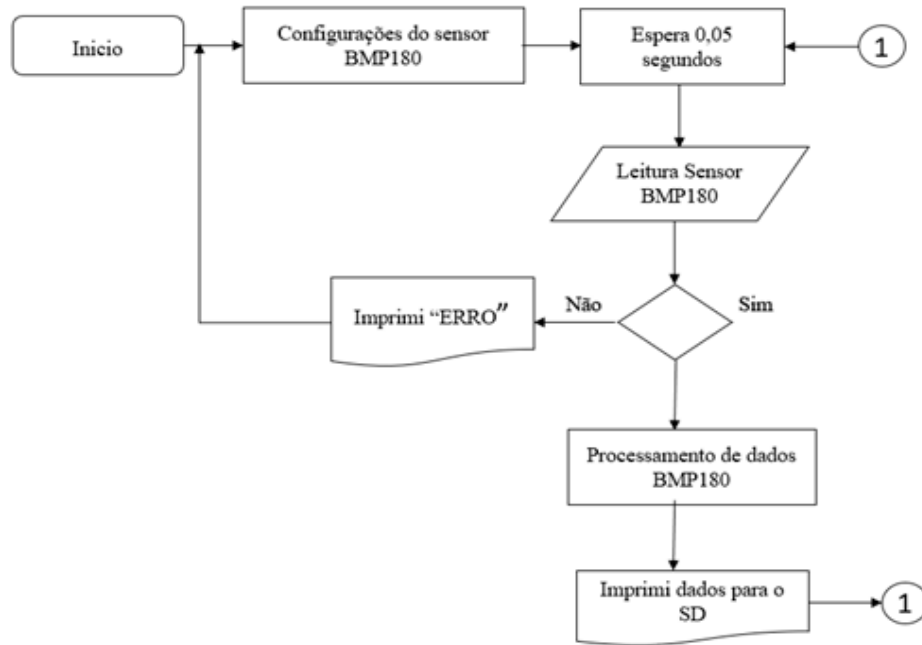
Fonte: Autoria própria, 2021.

Para a escolha desse componente são suas especificações técnicas citadas a baixo:

- Chip: BMP180
- Tensão de operação: 1,8-3,6V
- Faixa: 300-1100 hPa (Altitude +9000 m a -500m)
- Resolução: 0,06 hPa (Altitude 50cm)
- Consumo corrente: 5 μ A
- Tempo de reação: 7,5ms
- Dimensões: 14 x 12mm
- Peso: 1,2g
- Interface: I2C
- Saída para Temperatura (Patente N° BST-BMP180-DS000-09, 2013).

Segue abaixo o diagrama de blocos do sensor BMP180, (Figura 16), que mostra o funcionamento lógico do sensor dentro do sistema de telemetria, demonstrando-se sua utilização que responsável por medir a pressão e através de cálculos efetuados na programação, das medições da altura e aceleração.

Figura 13: Diagrama de Blocos BMP 180.

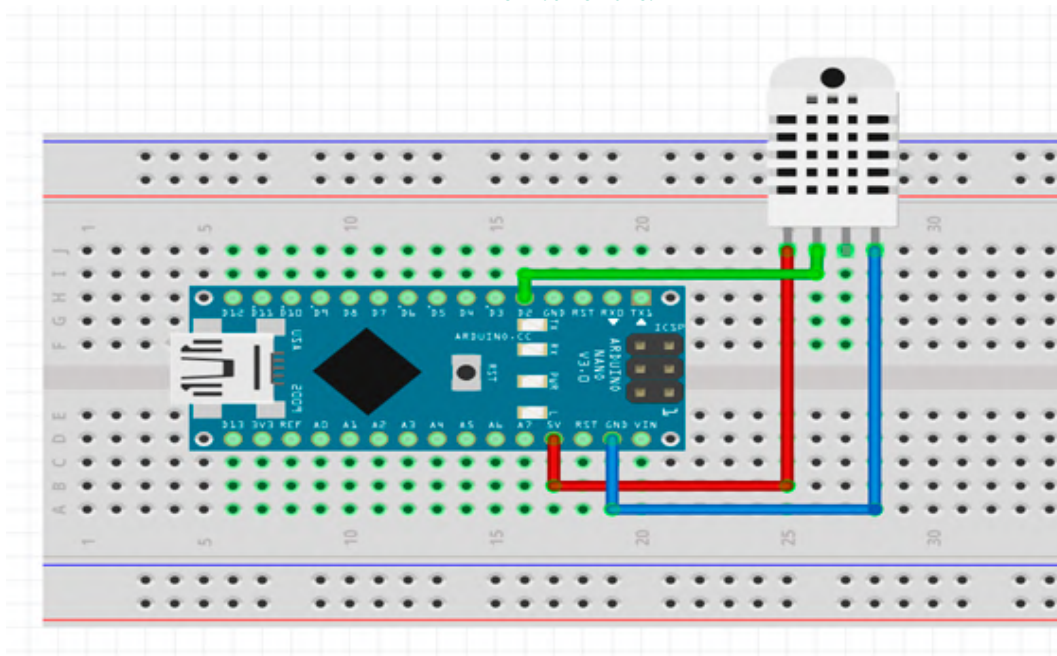


Fonte: Autoria própria, 2021.

DHT22

Na configuração posterior é abortado as ligações do sensor DHT22 no Arduino Nano, Figura 17, responsável por coletar variação de temperatura e umidade, esse sensor utiliza a tensão de 3-5V, sua comunicação é através das portas digitais, podendo ser utilizado para fazer medições de temperatura e umidade. Para a utilização desse componente necessitará as bibliotecas: Adafruit_Sensor.h; DHT.h; DHT_U.h. As portas utilizadas pelo sensor são: GND, 5V, D02. Suas ligações deverão utilizar um resistor de 4K7 ohm entre o VCC e o Dados, a porta N.c não será utilizada para fins da coleta ou transmissão, apenas fixação. (Thomsen, FilipeFlop, 2015).

Figura 14: Conexão sensor Umidade e temperatura DHT22 no Arduino Nano.



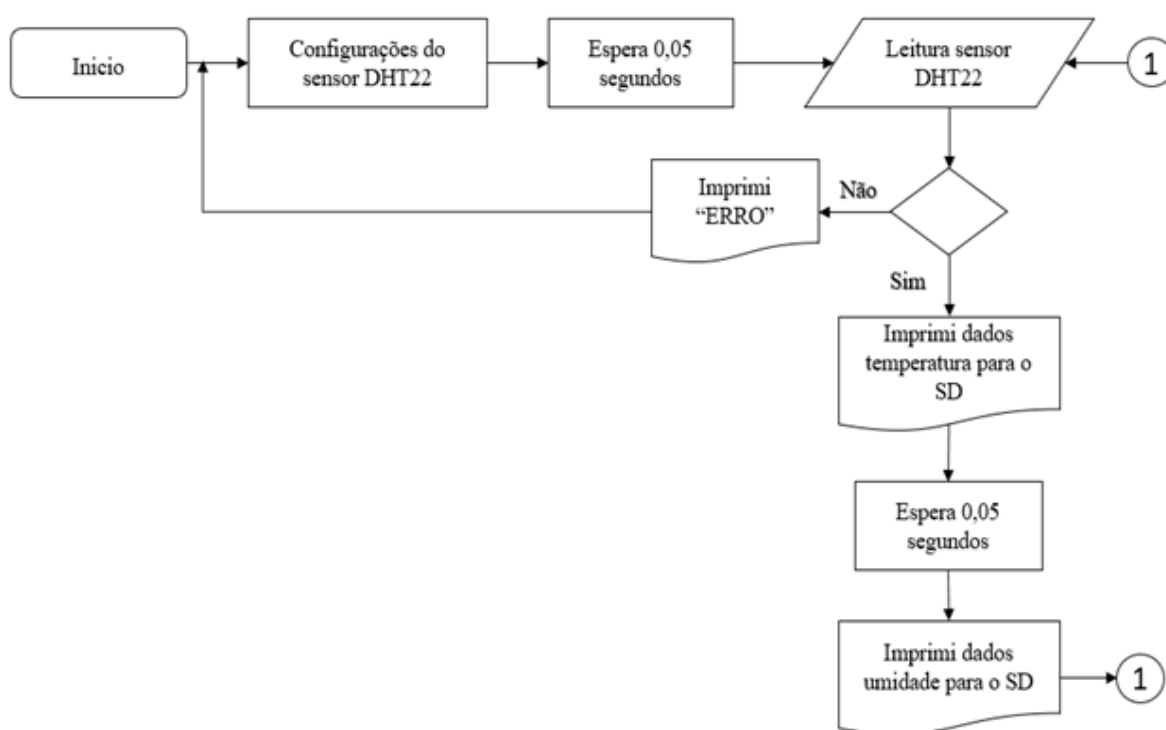
Fonte: Autoria própria, 2021.

sensor DHT22, consta com as especificações técnicas a seguir, as quais demonstra os seguimentos devem ser analisados, para a replicação.

- Modelo: AM2302 14
- Tensão de operação:
- 3-5VDC (5,5VDC máximo)
- Faixa de medição de umidade: 0 a 100% UR
- Faixa de medição de temperatura: -40° a +80°C
- Corrente: 2,5 mA máx durante uso, em stand by de 100uA a 150 µA
- Precisão de umidade de medição: $\pm 2,0\%$ UR
- Precisão de medição de temperatura: $\pm 0,5$ °C
- Resolução: 0,1
- Tempo de resposta: 2s
- Dimensões: 25 x 15 7mm (sem terminais)
- Peso: 2,4g (Patente N° 020-36042809 / 36380552).

Na figura posterior é demonstrado o diagrama de blocos de sensor DHT22 (Figura 18), o qual mostra o comportamento logico do sensor dentro de um sistema de telemetria, esse comportamento será responsável por coletar os dados de umidade e temperatura.

Figura 15:Diagrama de Blocos do Sensor DHT22.

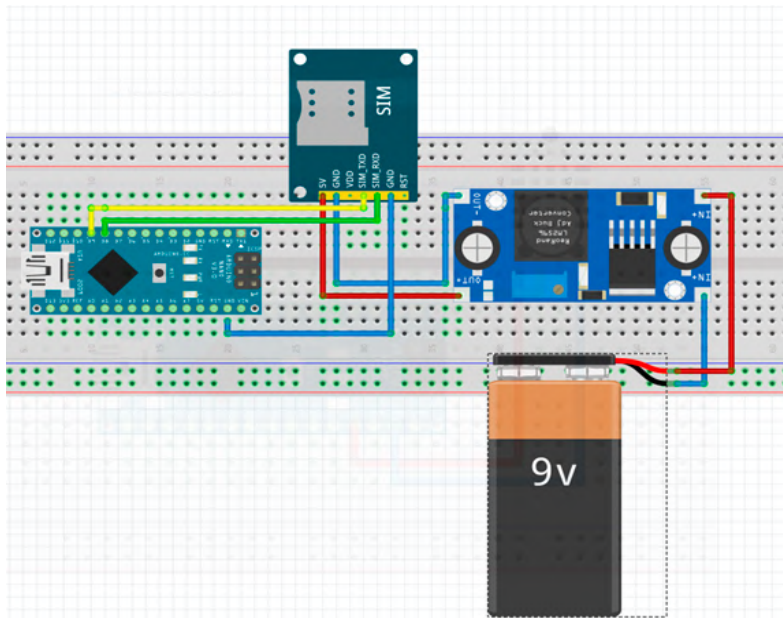


Fonte: Autoria própria, 2021.

Módulo GSM 800L

O módulo GSM é responsável pela transmissão de dados para a base (celular), utilizando mensagem SMS para efetuar as comunicações. Esse módulo necessitasse das ligações demonstrado na Figura 19. Assim o módulo utiliza uma tensão de 3.4V - 4.4V e para sua comunicação utiliza-se portas digitais. Para a utilização desse módulo será necessário utilizar as bibliotecas: Sim800l.h; SoftwareSerial.h. As portas utilizadas pelo sensor são: GND, 5V, D08 e D09. Suas ligações poderão ser feitas utilizando um módulo regulador de tensão LM2596 (Thomsen, FilipeFlop, 2014). Também vale ressaltar que para seu funcionamento necessitasse de um chip cadastrado e com crédito ou plano.

Figura 16: Conexão Módulo de comunicação GSM 800L



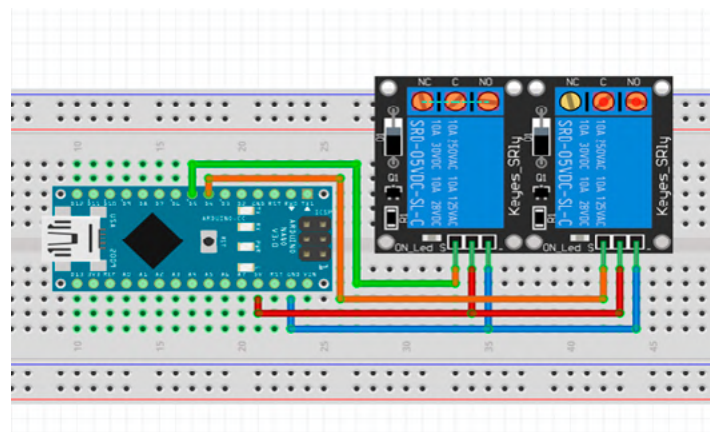
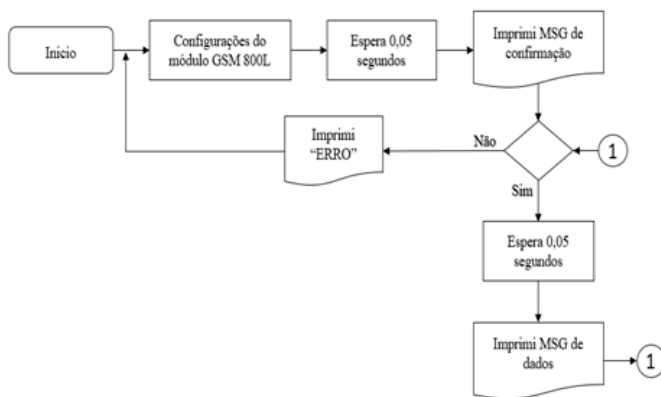
Fonte: Autoria própria, 2021.

As especificações do módulo GSM 800L, se encontra a baixo, os quais demonstra as limitações de faixa de comunicação, os protocolos e as frequências de atuação.

- CI SIM800L
- Frequências: GSM 900, DCS1800, GSM850, PCS1900
- Conector para antena externa U.FL
- GPRS Data Downlink: 85.6 kbps (máximo)
- GPRS Data Uplink: 85.6 kbps (máximo)
- Suporte PAP (password authentication protocol) para conexões PPP
- Protocolo TCP/IP embutido
- Serial: 1200 bps e 115.200 bps
- Slot Micro SIM
- Temperatura de operação: -40 a 85°C
- Dimensões: 21 x 15 x 3,2mm. (tech, 2013).

Demonstrado abaixo o diagrama de blocos do módulo, (Figura 20), mostra o funcionamento logico de comunicação entre o minifoguete experimental e a base (celular), assim conceituando a telemetria do sistema.

Figura 17: Diagrama de Blocos Módulo de comunicação GSM 800L.



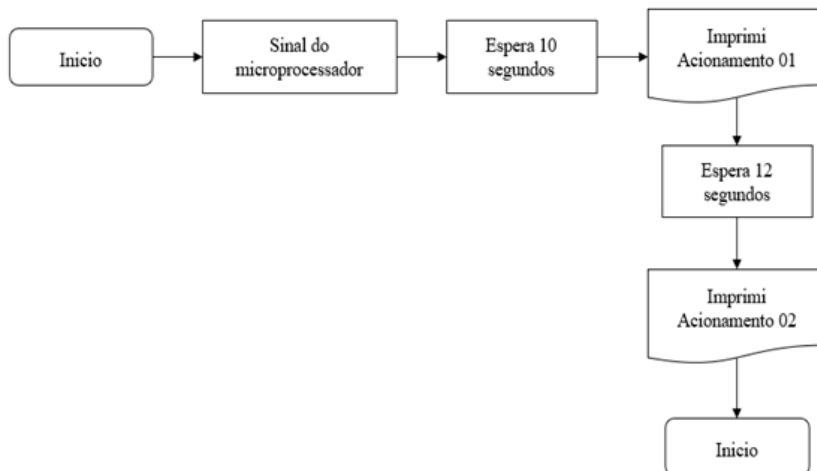
Fonte: Autoria própria, 2021.

módulo relé 5V duas vias, consta com as especificações técnicas a seguir, as quais demonstra os seguimentos devem ser analisados, para a replicação.

- Tensão de operação: 5 VDC
- Modelo Relé: SRD-05VDC-SL-C (Datasheet)
- Permite controlar cargas de 220V AC
- Nível de sinal dos pinos IN1 e IN2: 5 VDC
- Corrente de operação: 15 ~ 20 mA
- Tempo de resposta: 5 ~ 10 ms
- furos de 3mm para fixação, nas extremidades da placa.
- Dimensões reduzidas: 51 x 38 x 20 mm. (china Patente N° Relau ISO 9002, 2012).

Segue abaixo o diagrama de blocos do módulo Relé 5V duas vias, (Figura 22), que mostra o funcionamento lógico do módulo dentro do sistema composto, sendo responsável pelos acionamentos eletromecânicos.

Figura 18: Diagrama de Blocos Módulos Relé 5V 2 vias.

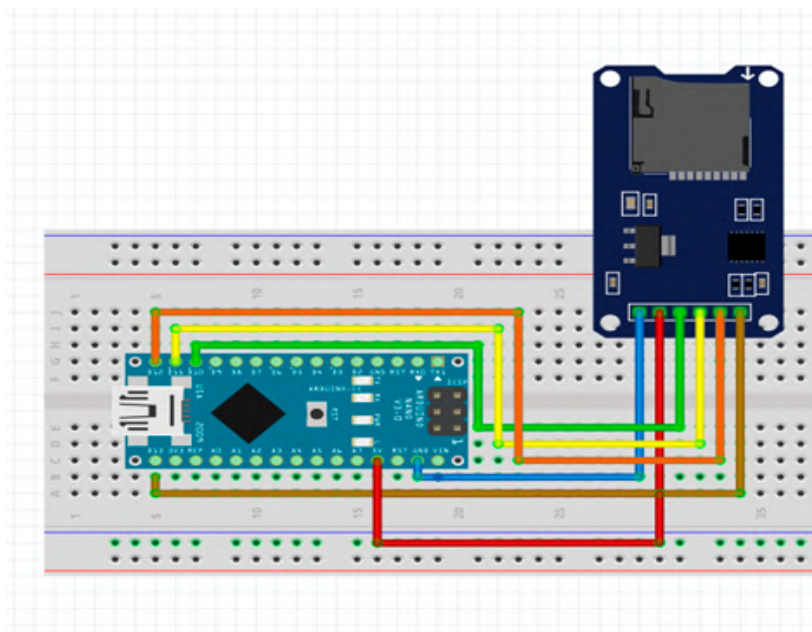


Fonte: Autoria própria, 2021.

Módulo Micro SD.

Este módulo Micro SD é responsável por armazenar os dados coletados por outros sensores dentro de um cartão SD, possuindo uma ligação com o Arduino Nano muito específica (Figura 23), pois esse módulo utiliza uma comunicação SPI, sua alimentação é de 5V, para efetuar sua ligação utilizará as portas 5V, GND, D10, D11, D12 e D13. Para seu funcionamento utiliza-se a biblioteca SdFat.h. (Thomsen, FilipeFlopp, 2015).

Figura 19: Conexão módulo micro SD.



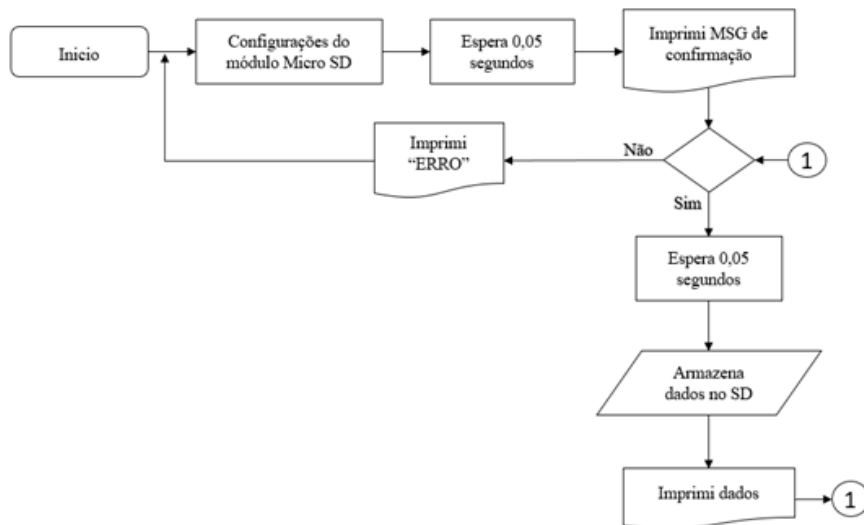
Fonte: Autoria própria, 2021.

Módulo Micro SD, consta com as especificações técnicas a seguir, as quais demonstra os seguimentos devem ser analisados, para a replicação.

- Tensão de operação: 5 VDC
- Modelo carta micro SD: modelo SDHC mini TF.
- Controle de interface: pinos (FNG, VCC, MISO, MOSE, SCK, CS), GND.
- Possui em seu sistema um regulador de tensão de 5V para 3.3V.
- Suporta um cartão mini sd de 2G a 32G.
- Corrente de operação: 80 mA
- 6 furos de 3mm para fixação, nas extremidades da placa
- Dimensões reduzidas: 42 x 24 x 12 mm. (Micro, 2012).

Segue abaixo o diagrama de blocos do Módulo Micro SD, (Figura 24), que mostra o funcionamento lógico do módulo dentro do sistema de telemetria, demonstrando-se sua utilização que responsável por armazenar os dados coletados pelos sensores.

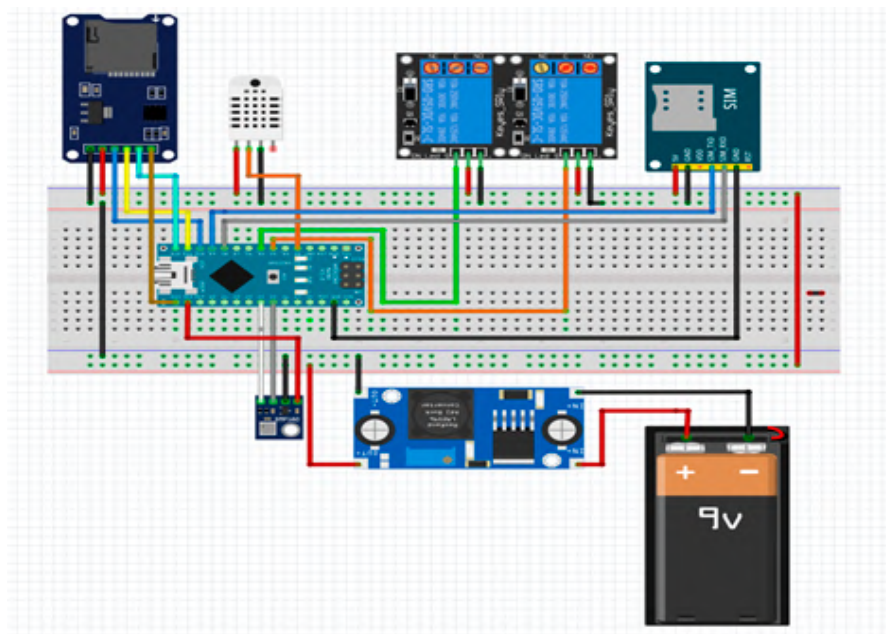
Figura 20: Diagrama de Bloco módulo micro SD.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Para que todo o trabalho possa ser concluído, deve-se conectar todos os sensores e atuadores em um microcontrolador Arduino, de acordo com as ligações anteriores, determinando em um sistema complexo. Como sensores segue abaixo a conexão do sistema de telemetria a ser utilizado neste trabalho (Figura 21).

Figura 21: Conexão de todos os sensores, módulos e Shields

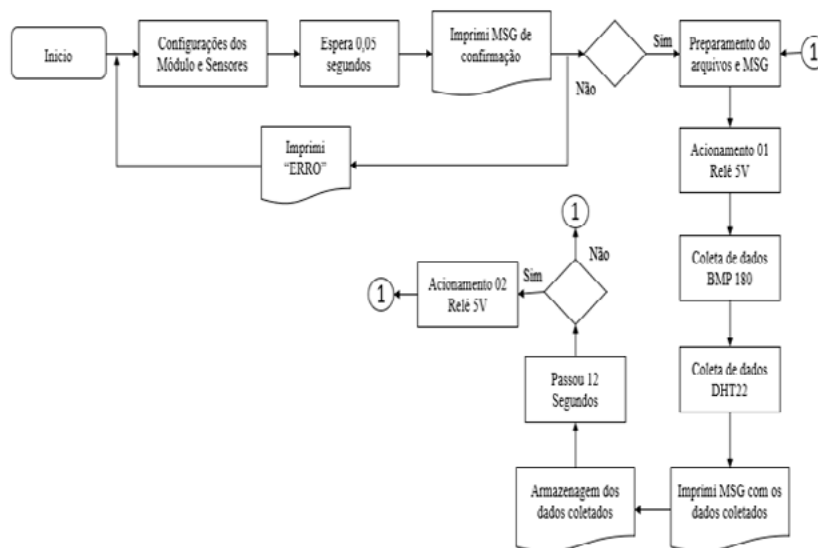


Fonte: Autoria própria, 2021.

Para o funcionamento do sistema de telemetria proposto nesse trabalho necessita-se conectar os módulos e sensores de acordo com a Figura 25 acima, deste modo, podendo reproduzir o sistema e aplicado em um minifoguete experimental, coletando dados de temperatura, umidade, aceleração, altura, pressão e localização, também acionando o motor-foguete a distância, promovendo a segurança, e de forma automática acionando o paraquedas para recuperação do minifoguete e do módulo de telemetria e utilizando o microcontrolador ATMEGA (Arduino) como o gerenciador de dados da UEC.

Assim, para o entendimento geral do funcionamento do sistema geral da telemetria, foi demonstrado o funcionamento parcial de cada componente para que agora tenham um conhecimento prévio. Deste modo, para que possa entender necessita seguir uma linha de raciocínio, para auxiliar o entendimento o diagrama de bloco geral (Figura 26), aonde cada bloco com o nome do sensor utiliza-se a lógica dos diagramas de blocos anteriores.

Figura 22: Diagrama de bloco sistema de telemetria geral.



Fonte: Autoria própria, 2021.

2.1.3 Procedimento

Para cumprir a primeira etapa foram lidos diversos artigos que em que os temas, e foram selecionados os principais que cabiam dentro do tema, também foi aonde foi lido diversos livros, os quais foram definidos 4 principais artigos e livros sendo eles: Telemetria e conceitos relacionados; (onde tive aprendizado sobre os conceitos de um sistema de telemetria, a história de seu desenvolvimentos, suas utilizações e aplicações); Sistemas de telemetria embarcada com Arduino (Nesse artigo, foi de suma importância devido a sua explicação de utilização do Arduino como a unidade de controle e processamento de um sistema de telemetria, embanando os cuidados a ser tomados e os métodos que poderia ser utilizados, assim auxiliando na programação, cálculos e aplicação do Arduino).

Uma Breve História da Conquista Espacial (Nesse artigo foi aprendido que a história espacial teve essencial importância para a evolução tecnológica em sistemas de comunicação e captação de dados, com a necessidade de coletar dados físicos de um foguete ou satélite e fazer a comunicação do mesmo a uma base, assim alcançando diversos objetivos, como monitoramento do espaço terrestre, condições do solo, e a conquista da lua); O que são sistemas embarcados? (Nesse artigo foi demonstrado, como funciona um sistema embarcado e sua similaridade com o sistema de telemetria, assim auxiliando o desenvolvimento do sistema de telemetria).

Para cumprir a segunda etapa foi desenvolvido os textos do artigo, com um estudo aplicado, assim aprofundando os

conhecimentos dos temas, também foi desenvolvido um estudo mais profundo para selecionar todos os sensores capaz de coletar todos os dados que foram definidos nos escopos (temperatura, umidade, aceleração, altura, localização, pressão).

Após decidir os componentes a serem usados foi estudado as suas ligações para ver se seria cabível suas utilizações e assim determinando os componentes finais definidos a cima. Também foi estudado seus códigos bases para seu funcionamento para embasar o código fonte de cada sensor, e o código final.

Para a terceira etapa foi desenvolvido todas as programações e teste de bancada corrigindo todos os erros cometidos, a montagem na protopord, após a decisão da utilização de cada porta logica analógica ou digital para cada componente (sensor).

Os testes separados de cada componentes e com êxito alcançado, assim montando o código e a montagem final, testado e também funcionamento perfeito, deste modo, foi soldado os componentes da PCB (circuito impresso), que foi cortado no laboratório de eletrônica do Centro Universitário de Patos de Minas UNIPAM.

A última etapa, ainda não foi concluída devido que o lançamento foi adiado devido ao período de seca, assim o lançamento pode provocar incêndio.

3. RESULTADOS

No referente data, ainda não foi lançado o foguete para o teste final do sistema de telemetria, por causa do período de seca que se encontra a região de Patos de Minas – MG – Brasil, devido a esse acontecimento ainda não foi finalizado o trabalho. Porém já foi realizado todos os testes de bancada e a produção da placa PCB, e os resultados foram satisfatórios, devido que todos os dados pretendentes a serem coletados foram obtidos, todos os componentes eletrônicos e sensores foram testados, realizando a demonstração efetiva do trabalho. Assim foi demonstrado que é possível desenvolver um sistema de telemetria, capaz de coletar dados físicos em um lançamento de um mini foguete. Ainda é possível através do gps localiza-lo.

4. DISCURSÕES E CONCLUSÃO.

Os dados obtidos até presente data, foram satisfatórios, utilizando sensores de fácil acesso ao mercado, utilizando o microprocessador ATMEGA 328p (Arduino Nano), consegue processar os dados de uma excelente precisão para a aplicação desejada. Mesmo com a duração do lançamento sendo em poucos minutos, consegue coletar um fluxo de dados capaz de guiar todo o melhoramento e entendimento do mini foguete.



REFERENCIAS



- **ADJUNTO, G.** Primeiro satélite 100% brasileiro será lançado na fim de fevereiro. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-02/primeiro-satelite-100-brasileiro-sera-lancado-no-fim-de-fevereiro>>.
- **AEROESPACIAIS, T. P.** Um Altímetro de Baixo Custo. n. 16, [s.d.].
- **AGUIAR, F. M.** ANÁLISE DE DESEMPENHO DE TUBEIRA PLUG ANELAR EM MOTOR-FOGUETE A PROPELENTE SÓLIDO. p. 50, 2020.
- **CÂMARA, G.** A pesquisa espacial no Brasil: 50 anos de Inpe (1961-2011). Revista USP, v. 0, n. 89, p. 234, 2011.
- **CARLEIAL, A. B.** Uma breve história da conquista espacial. Parcerias Estratégicas, v. 4, n. 7, p. 21–30, 2009.
- **CARLOS, F.; PAIM, A.** Francisco carlos antonelo paim. Desenvolvimento De Um Sistema De Telemetria Para Aquisição De Sinais Fisiológicos Com Aplicação Em Programas De Reabilitação Cardíaca, p. 137, 2005.
- **CARRO, L.; WAGNER, F. R.** Sistemas Computacionais Embarcados. XXII Jornadas de Atualização em Informática - JAI, p. Capítulo 2, 2003.
- **CHASE, O.** Sistemas Embarcados. SBAJovem 2010, p. 7, 2007.
- **CUNHA, A. F.** O que são sistemas embarcados? Alguma. p. 8, 2001.
- **DE SOUZA, A. R. et al.** A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 1–5, 2011.
- **LEAL, A.** Satélite Brasileiro será lançado na madrugada deste domingo. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-02/satelite-brasileiro-sera-lancado-na-madrugada-deste-domingo>>.
- **MARCHESAN, M.** Sistema De Monitoramento Residencial Utilizando a Plataforma Arduino. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), p. 62, 2012.
- **MARIA, S.** Ricardo de Moura Zago TELEMETRIA PARA ROBÔS DE COMBATE Santa Maria , RS. p. 66, 2016.
- **MATTOS, A. N. DE.** Telemetria e conceitos relacionados. p. 383, 2004.
- **MEDEIROS, J. G. DE.** Universidade Federal do Paraná Sistemas de telemetria embarcada com Arduino para coleta de dados em um minifoguete experimental Resumo Sumário. p. 27, 2016.
- **OKUDA, A. L.; CARMO, B. S.** Desenvolvimento de uma Plataforma de Testes Para Motores de Foguetes. 69a Reunião Anual de SBPC, p. 4, 2017.



REFERENCIAS



- PEDUZZI, P.; ALVES, A. **Satélite Brasileiro será lançado na madrugada deste domingo** Brasília, 2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-02/satelite-brasileiro-sera-lancado-na-madrugada-deste-domingo>>
- RESPONS, P. et al. **TEEE I – Projetos de Robôs Móveis Introdução a Robótica**. p. 25, 2013.
- SOARES, J. T.; RODRIGUES, E. B. **Encontros Universitários da UFC 2018**. n. 08, p. 3267, 2018.
- THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. . **Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações**. [s.l: s.n.].
- Thomsen, A. (10 de Fevereiro de 2013). FilipeFlop. Acesso em 21 de Janeiro de 2021, disponível em FilipeFlop: <https://www.filipeflop.com/blog/control-modulo-rele-arduino/>
- Thomsen, A. (22 de Setembro de 2014). FilipeFlop. Acesso em 21 de Janeiro de 2021, disponível em FilipeFlop: <https://www.filipeflop.com/blog/tutorial-arduino-gsm-shield/>
- Thomsen, A. (10 de Março de 2015). FilipeFlop. Acesso em 22 de Janeiro de 2021, disponível em FilipeFlop: <https://www.filipeflop.com/blog/temperatura-pressao-bmp180-arduino/>
- Thomsen, A. (28 de abril de 2015). FilipeFlop. Acesso em 21 de Janeiro de 2021, disponível em FilipeFlop: <https://www.filipeflop.com/blog/estacao-meteorologica-com-arduino/>
- Thomsen, A. (24 de Agosto de 2015). FilipeFlop. Acesso em 21 de Janeiro de 2021, disponível em FilipeFlop: <https://www.filipeflop.com/blog/datalogger-com-arduino-cartao-sd/>
- Thomsen, A. (21 de Janeiro de 2015). FilipeFlop. Acesso em 21 de Janeiro de 2021, disponível em Filipe
- XAVIER, T. M. et al. **Estudo Comparativo Entre As Plataformas Arduino E Pic**. p. 0–4, 2016.
- F.A. Candelas, G.J. García, S. Puente, J. Pomares, C.A. Jara, J. Pérez, D. Mira, F. Torres, (2015) **Experiences on using Arduino for laboratory experiments of Automatic Control and Robotics**, IFAC- Papers Online, Volume 48, Issue 29, 2015, Pages 105-110, ISSN 2405-857