

Annatanael Paiva

Edson de Carvalho

## TELEMETRIA EM LANÇAMENTO DE FOGUETES



UM KIT DIDÁTICO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DA CINEMÁTICA

**TELEMETRIA EM LANÇAMENTO DE FOGUETES**  
**UM KIT DIDÁTICO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DA CINEMÁTICA**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA

Reitor Dr. Fernando Carvalho Silva  
Vice-Reitor Dr. Leonardo Silva Soares



EDUFMA EDITORA DA UFMA

Coordenadora Dra. Suênia Oliveira Mendes  
Conselho Editorial Prof. Dr. José Carlos Aragão Silva  
Prof. Dr. Luis Henrique Serra  
Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ana Caroline Amorim Oliveira  
Prof. Dr. Márcio José Celeri  
Prof<sup>ª</sup>. Dra. Raimunda Ramos Marinho  
Prof<sup>ª</sup>. Dra. Débora Batista Pinheiro Sousa  
Prof. Dr. Edson Ferreira da Costa  
Prof. Dr. Marcos Nicolau Santos da Silva  
Prof. Dr. Carlos Delano Rodrigues  
Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro  
Prof<sup>ª</sup>. Dra. Maria Aurea Lira Feitosa  
Prof. Dr. Flávio Luiz de Castro Freitas  
Prof. Dr. José Ribamar Ferreira Junior  
Bibliotecária Iole Costa Pinheiro

Associação Brasileira  
das Editoras Universitárias

Associação Brasileira das Editoras Universitárias



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0.

Annatanael Paiva

Edson de Carvalho

**TELEMETRIA EM LANÇAMENTO DE FOGUETES**  
**UM KIT DIDÁTICO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DA CINEMÁTICA**

SÃO LUÍS



EDUFMA

2025

Copyright © 2025 by EDUFMA

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa  
Revisão

Annatanael Paiva Nascimento  
Edson Firmino Viana de Carvalho

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Paiva, Annatanael

Telemetria em lançamento de foguetes: um kit didático para o ensino e aprendizagem da Cinemática [recurso eletrônico] / Annatanael Paiva, Edson de Carvalho. – São Luís: EDUFMA, 2025.

E-book (54 p.) il.

Inclui Bibliografia

ISBN: 978-65-5363-446-6

Livro disponível em formato digital

Livro digital da Editora EDUFMA

Modo de Acesso:

1. Cinemática-ensino. 2. Telemetria. 3. Lançamento de foguetes. 4. Sequência didática. I. Carvalho, Edson de. II. Título.

CDD: 531.1

CDU: 531.1:37

---

Bibliotecária: Rosivalda Pereira – CRB 13/423

CRIADO NO BRASIL [2025]

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação ou transmitida de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotocópia, microfilmagem, gravação ou outro, sem permissão do autor.

| EDUFMA | EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Av. dos Portugueses, 1966 | Vila Bacanga

CEP: 65080-805 | São Luís | MA | Brasil

Telefone: (98) 3272-8157

www.edufma.ufma.br | [edufma@ufma.br](mailto:edufma@ufma.br)

## Sobre os autores



Annatanael Paiva possui mestrado em Ensino de Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). É professor de Física em cursos Técnicos Integrados ao Ensino Médio no Instituto Federal do Maranhão (IFMA). Além disso, é pesquisador ativo nas áreas de Ensino de Física, com foco em tecnologias educacionais.

Edson de Carvalho, doutor em Física Atômica e Molecular pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), atua como docente no Departamento de Física da Universidade Federal do Maranhão. Sua experiência abrange a modelagem computacional de moléculas e sólidos, destacando-se também por suas contribuições relevantes em tecnologias de informação e comunicação no Ensino de Física.



## AGRADECIMENTOS

Ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)  
À Universidade Federal do Maranhão (UFMA)  
Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFMA (PROFIS)  
À Superintendência de Tecnologias na Educação (STED) da UFMA  
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de  
Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

## APRESENTAÇÃO

Descubra uma abordagem inovadora para o ensino de Cinemática no ensino médio com nosso e-book exclusivo. Desenvolvido como um recurso educacional, este trabalho oferece uma proposta experimental envolvente, associada a uma sequência didática especialmente preparada, utilizando Arduino e telemetria para o lançamento de foguetes de garrafas PET.

Criado para superar as limitações impostas pela falta de laboratórios de ensino e para estimular a participação dos alunos em competições científicas nacionais, como a Mostra Brasileira de Foguetes - MOBFOG e Jornadas de Foguetes, esta proposta instrucional foi desenvolvida em colaboração com uma turma do 1º ano do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), localizado na cidade de Barra do Corda - MA.

Em nosso e-book, você encontrará uma comparação detalhada entre situações e problemas típicos de sala de aula sobre lançamento oblíquo e situações reais de lançamento de foguetes de garrafas PET, integradas com tecnologia para análise e comparação dos resultados ao longo de uma sequência didática.

Os resultados do experimento revelaram uma precisão notável no cálculo do alcance, quando comparados à trajetória real produzida pelo movimento do foguete com seu trajeto ideal. Além disso, a aceitação positiva do produto educacional pelos participantes nos levou a concluir que houve evidências claras de aprendizagem significativa.

Não perca a oportunidade de transformar o ensino de Cinemática em uma experiência prática e envolvente para seus alunos. Faça o *download* do nosso e-book hoje mesmo e embarque nessa jornada educacional emocionante!

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	TELEMETRIA DE LANÇAMENTO DE FOGUETE .....	6
2.1	Descrição do kit experimental .....	6
2.2	Programação do Arduino .....	27
3	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: aspectos da cinemática dos lançamentos de foguetes de garrafa PET e telemetria .....	30
3.1	Situação inicial .....	30
3.2	Revisão e aprofundamento dos conhecimentos.....	30
3.3	Nova situação .....	31
3.4	Lançamento de foguetes .....	31
3.5	Avaliação somativa individual.....	32
3.6	Avaliação da aprendizagem na sequência didática .....	34
3.7	Avaliação da própria sequência didática .....	34
	APÊNDICE A: Códigos de programação do emissor e receptor do kit experimental	37
	APÊNDICE B: Questionário prévio .....	41
	APÊNDICE C: Avaliação Somativa .....	45

## 1 INTRODUÇÃO

No âmbito do ensino da disciplina de Física, uma das principais dificuldades observadas reside na capacidade dos alunos de estabelecer uma conexão entre a teoria física e sua representação matemática com a realidade dos fenômenos estudados. Além disso, muitas vezes há uma lacuna entre o conteúdo teórico ministrado em sala de aula e as práticas experimentais realizadas em laboratório didático. Proporcionar uma associação entre o ambiente teórico e a atividade experimental é crucial para uma abordagem construtivista, que visa promover a aprendizagem contextualizada, fugindo de uma abordagem mecânica centrada apenas na memorização de fórmulas e conceitos abstratos, como destacado por Veit (2002).

Para muitos estudantes, a disciplina de Física pode ser desafiadora, com a necessidade de memorização de fórmulas cuja origem e propósito nem sempre são compreendidos. No entanto, a imersão no contexto experimental revela uma realidade mais complexa e ampla do que aquela encontrada nos problemas idealizados nos livros didáticos do ensino médio.

Para abordar essa problemática, desenvolvemos um artefato baseado em uma placa Arduino, capaz de fornecer informações em tempo real sobre o movimento de um foguete construído a partir de uma garrafa PET. Inicialmente, nos deparamos com a possibilidade desse artefato influenciar significativamente a aerodinâmica do foguete durante o voo, o que nos motivou a investigar mais a fundo essa tecnologia e buscar metodologias alternativas para o ensino da cinemática do lançamento oblíquo utilizando Arduino e telemetria em foguetes de garrafas PET para alunos do ensino médio. Dessa forma, encontramos uma abordagem que possibilita a conexão entre a prática experimental e os conceitos teóricos discutidos em sala de aula.

## 2 TELEMETRIA DE LANÇAMENTO DE FOGUETE

A telemetria é uma tecnologia utilizada para coletar dados e realizar medidas à distância ou em locais remotos. Neste trabalho, empregamos um módulo de radiofrequência com Arduino embutido na carenagem de um foguete de garrafa PET como elemento transmissor de dados em tempo real para a tela de um computador, visando a análise da trajetória durante o lançamento oblíquo.

Para nossa proposta, as grandezas físicas que pretendemos analisar durante os lançamentos do foguete são: a velocidade, o tempo e a trajetória (altura e alcance). Outros aspectos relevantes que indubitavelmente influenciam na qualidade da coleta dos dados e na mudança de direção durante os lançamentos do foguete são: a distribuição da massa dos componentes eletrônicos na carenagem do foguete, a resistência do ar e a velocidade do vento.

### 2.1 Descrição do kit experimental

O kit experimental utilizado neste projeto é composto por duas partes: Básica e Tecnológica.

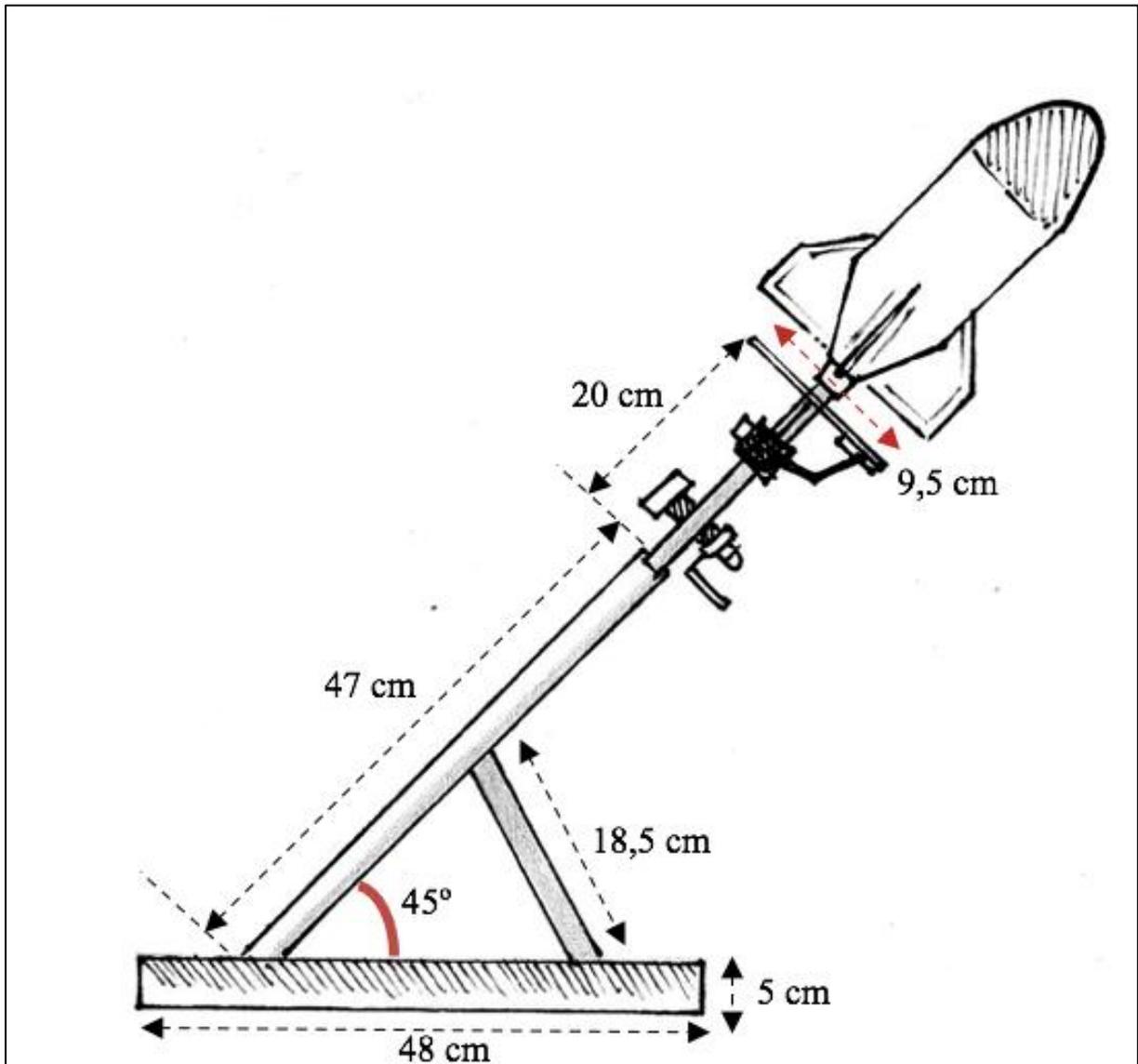
A parte básica inclui uma base de lançamento e um foguete de garrafa PET. A base é feita de aço galvanizado e possui um manômetro acoplado, uma válvula de despressurização e um gatilho feito a partir do sistema de freios de uma bicicleta, composto por um manete, um cabo e hastes de acionamento. Além disso, ela possui uma placa retangular parafusada ao cano da base, onde ocorrerá o acoplamento do foguete. A Figura 1 mostra os elementos da base de lançamento, enquanto a Figura 2 indica as principais medidas.

**Figura 1.** Base de lançamento e seus elementos.



Fonte: PAIVA (2021).

Figura 2. Principais medidas da base.



Fonte: PAIVA (2021).

Para a sugestão de construção da base utilizada nesta proposta, os materiais utilizados são:

**Base:**

- ✓ A: 1 cano de aço central (encaixável) 51 cm x Ø 20 mm com conector (soldado) quadrado de espessura 2,5 cm x 2,5 cm;
- ✓ B: 1 manômetro (170 PSI) 1/4";
- ✓ C: 1 registro válvula esfera alavanca 1/4" macho por 1/4" fêmea;
- ✓ D: 2 barras de aço 48 cm x 5 cm x 5 cm;
- ✓ E: 1 barra de aço central (47 cm x 2 cm x 2 cm) em forma de "T" (soldada com junta de 29,5 cm x Ø 20 mm);
- ✓ F: 1 barra de aço 29,5 cm x 4 cm x 4 cm;

- ✓ G: 1 barra de aço (18,5 cm x 4 cm x 4 cm) recortada na extremidade superior com dimensões 2 cm x 2 cm;
- ✓ H: 1 fechadura inferior do capô do veículo D20 (ano de 1991);
- ✓ I: 1 manete de bicicleta;
- ✓ J: 1 cano de aço 7,5 cm x Ø 20 mm;
- ✓ K: 1 cabo de freio traseiro 155 mm;
- ✓ L: 1 grampo de suspensão dianteira referente ao veículo D10 soldado com 3 vergalhões de aço ¼" x 9 cm;
- ✓ M: 2 porcas de ½";
- ✓ N: 1 mancal do flange do diferencial referente ao veículo D10;
- ✓ O: 2 porcas de ¼";
- ✓ P: 1 parafuso de fixação de cabo de freio de bicicleta;
- ✓ Q: 2 parafusos de ajuste da alavanca de freio da bicicleta.

**Foguete:**

- ✓ 2 garrafas PET de 2 L de refrigerante;
- ✓ Papel depron;
- ✓ Bola de isopor Ø 55 mm;
- ✓ Tampa de isopor de cerveja 600 ml.

**Outros materiais e ferramentas:**

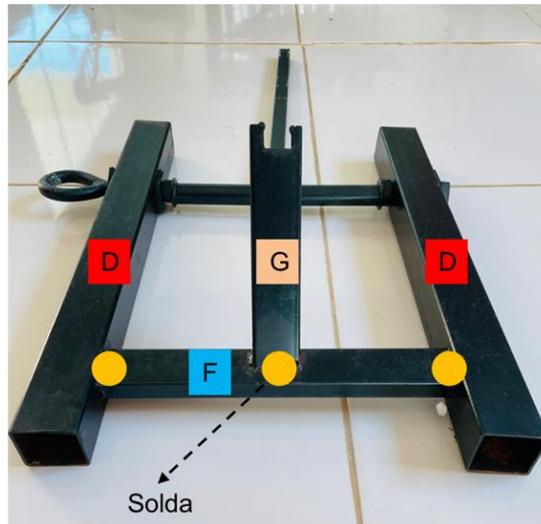
- ✓ Fita isolante;
- ✓ Cola instantânea;
- ✓ Pistola e bastão de cola quente;
- ✓ Serrinha manual;
- ✓ Tesoura e estilete;
- ✓ Pincel permanente;
- ✓ Balança eletrônica digital;
- ✓ Vinagre 4% (ácido acético);
- ✓ Papel toalha;
- ✓ Barbante;
- ✓ Bicarbonato de sódio;
- ✓ Vaselina ou detergente;
- ✓ Liga de borracha ou "boca" de balão tamanho 7";
- ✓ Espadrado ou fita veda rosca;
- ✓ Alicates;
- ✓ Lixadeira;
- ✓ Máquina de solda;
- ✓ Chave de boca ajustável;
- ✓ Torno de bancada;
- ✓ Esquadro de 45°;

✓ Furadeira.

### Passo 1 - Montagem da base

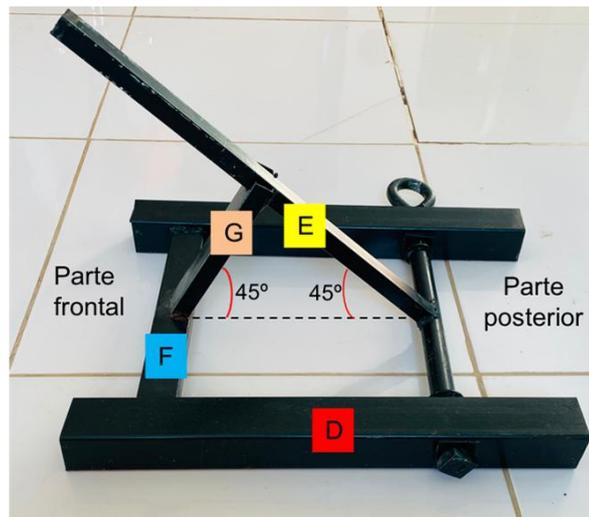
Com a utilização da máquina de solda, realize o procedimento de solda dos itens D, F e G conforme dispostos na Figura 3. A barra do item G deve estar posicionada na região central da barra do item F e formar um ângulo de  $45^\circ$  com esta. Observe a Figura 4.

Figura 3. Parte frontal da base.



Fonte: PAIVA (2021).

Figura 4. Parte lateral da base

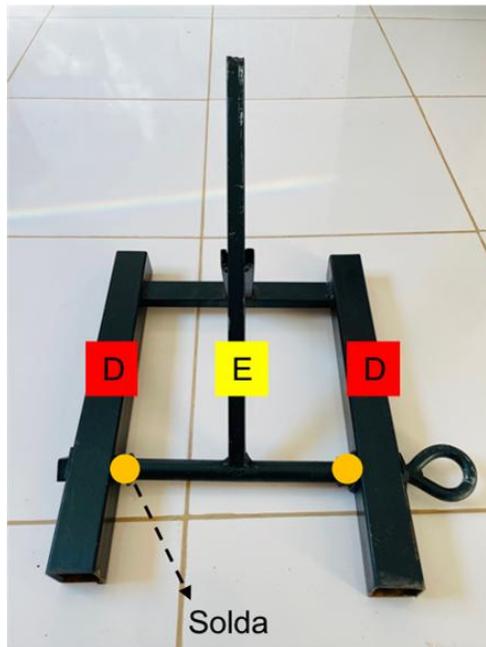


Fonte: PAIVA (2021).

Na parte posterior da base, incline a barra do item E formando um ângulo de  $45^\circ$  com a horizontal conforme a Figura 4, encaixe o item E no item G. Logo após, utilize novamente a máquina de solda para fazer as ligações dos itens D e E de acordo com a

Figura 5. Caso queira deixar a barra do item E giratória, não será necessário fazer a solda, porém, fure quatro pontos correspondentes às regiões de contato da barra do item E (use uma barra de 12 cm maior no cano da junta) com a do item D e solde duas roscas compatíveis nas extremidades. Faça também a vedação da extremidade superior do item E com solda.

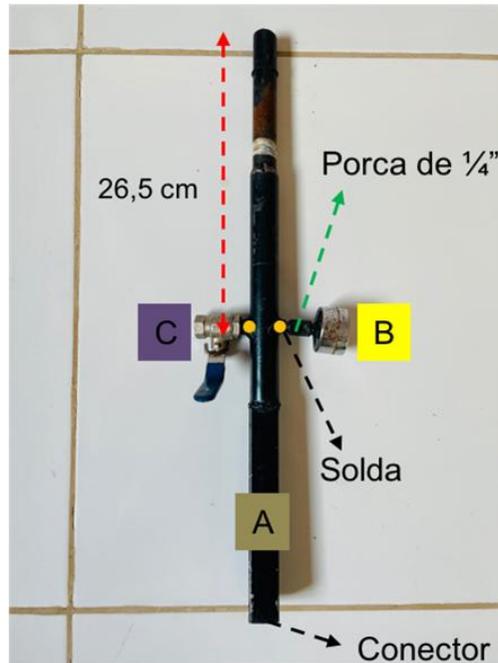
**Figura 5.** Parte posterior da base



Fonte: PAIVA (2021).

Utilize a furadeira para fazer dois furos (diametralmente opostos) a uma distância de aproximadamente 26,5 cm da extremidade superior do item A. Solde as 2 porcas de  $\frac{1}{4}$ " (item O) nos furos, em uma delas encaixe o item B e na outra o item C. Observe a Figura 6.

**Figura 6.** Montagem do item A da base



Fonte: PAIVA (2021).

Encaixe o conector do cano central do item A na extremidade superior do item E, conforme ilustrado na Figura 7. Para uma disposição e utilização mais adequadas dos elementos montados no item A, é aconselhável que o manômetro fique voltado para cima e a válvula de despressurização para baixo.

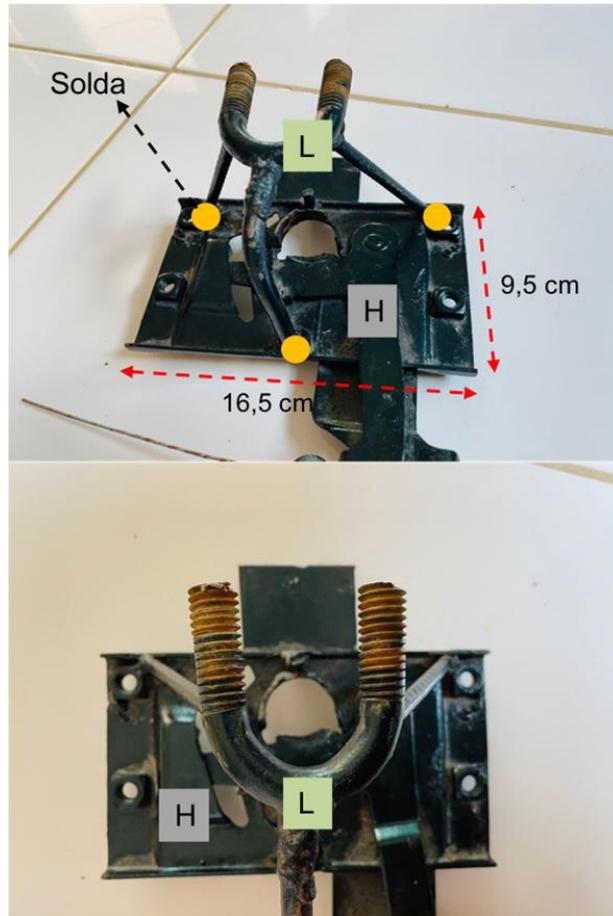
**Figura 7.** Encaixe dos itens A e E.



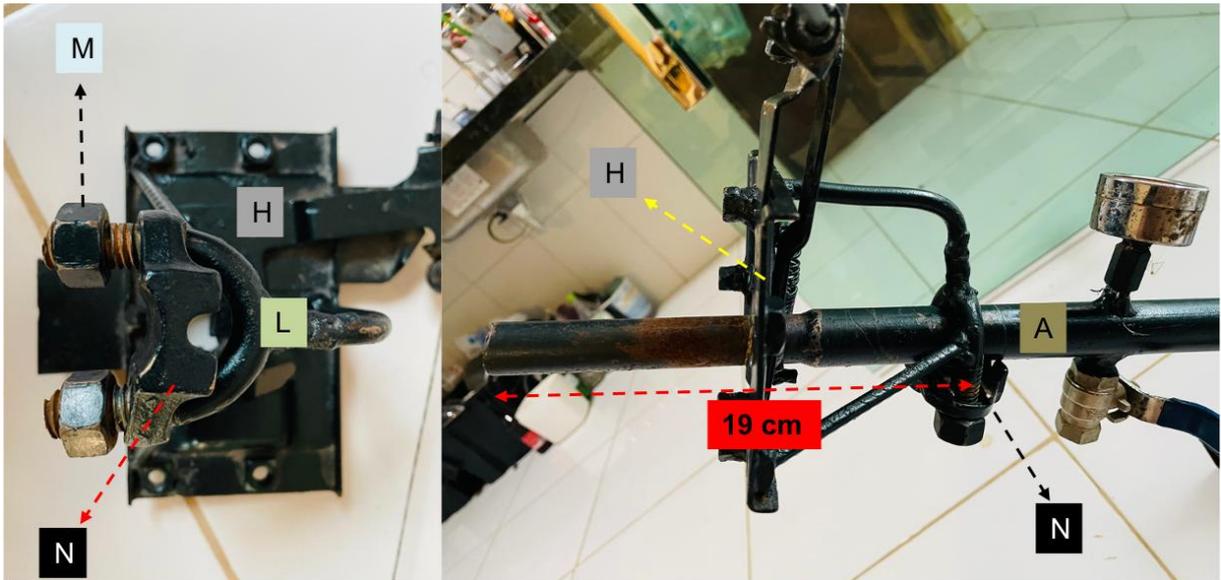
Fonte: PAIVA (2021).

Para a montagem do suporte do gatilho da base, utilize a placa retangular do item H e faça nela a solda dos vergalhões do item L de modo que o furo circular fique concêntrico ao grampo de suspensão do item L, de acordo com a Figura 8. Em seguida, encaixe o item N no item L e utilize as porcas do item M para ajustar ao cano do item A conforme a Figura 9.

**Figura 8.** Instalação do suporte do gatilho.



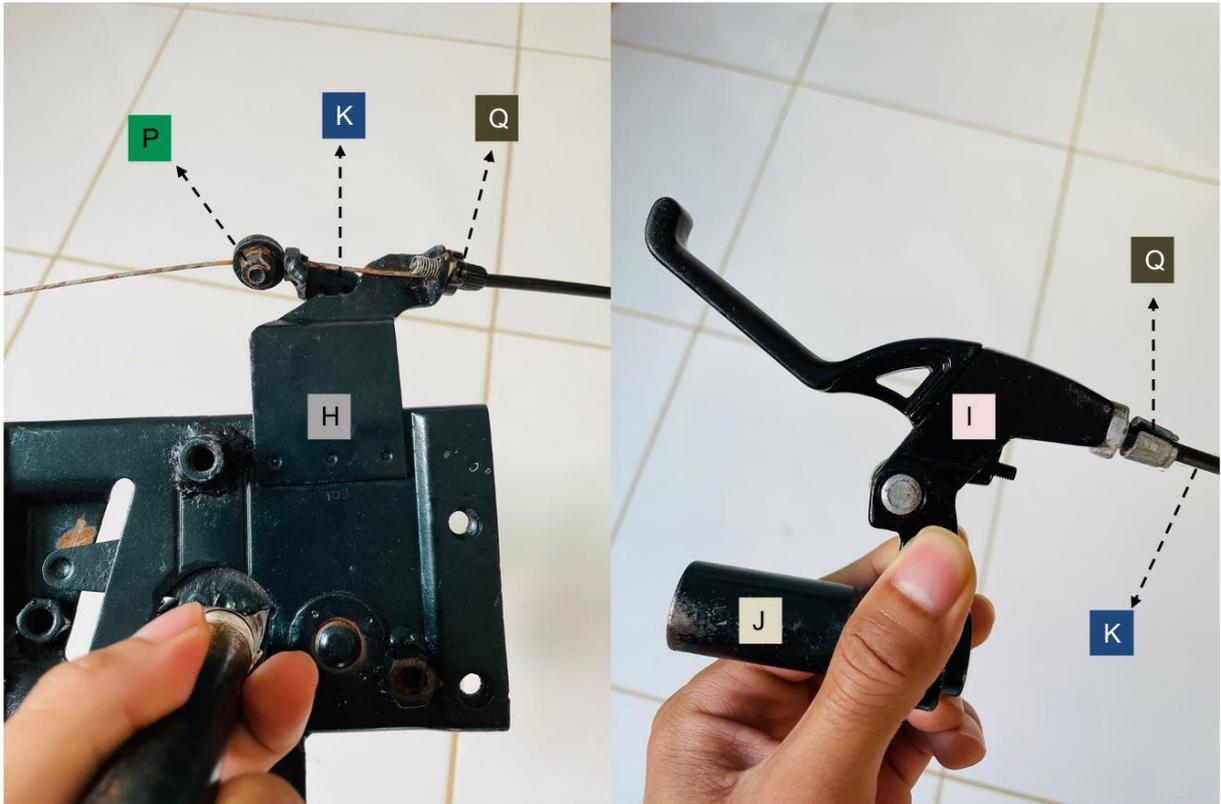
Fonte: PAIVA (2021).

**Figura 9.** Fixação do gatilho na base

Fonte: PAIVA (2021).

Para concluir o sistema de gatilho, fixe uma das extremidades do cabo de freio do item K no suporte do item H (Figura 10) e, em seguida, instale a outra extremidade no item I. Teste colocar uma garrafa PET no cano e verifique se o acionamento do manete consegue destravar e travar a “boca” da garrafa. Regule o cabo de freio quando necessário.

Figura 10. Instalação do cabo do gatilho



Fonte: PAIVA (2021).

Para evitar vazamentos de combustível do foguete durante o lançamento, utilize a liga de borracha ou a "boca" de balão para vedar a conexão do foguete com o cano da base. Posicione a liga a uma distância de 11 cm da parte superior do cano do item A e utilize esparadrapo ou fita veda rosca para fixação (veja a Figura 11). Antes de realizar qualquer lançamento, sempre aplique vaselina ou detergente sobre o cano para reduzir o atrito e evitar que o foguete fique preso após o acionamento do gatilho.

Figura 11. Liga de vedação sendo fixada na base



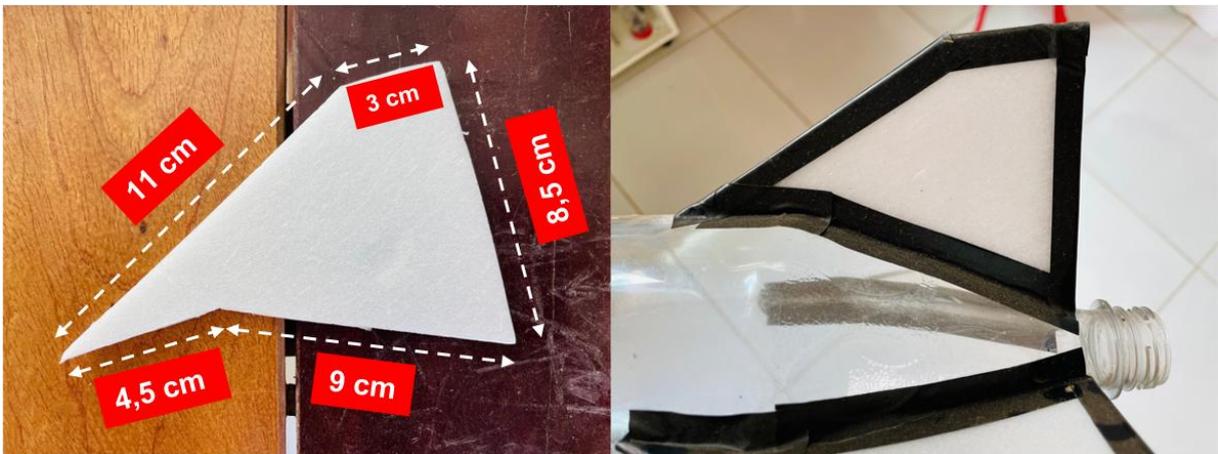
Fonte: PAIVA (2021).

Um outro modelo de base mais simples também pode ser utilizado para o experimento, uma proposta de baixo custo feita a partir de canos de PVC pode ser obtida no site da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) pelo link: [http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob\\_arquivos/ATIVIDADES%20PRATICAS%20DE%20CONSTRU%20C%27%27%20DE%20FOGUETES%20DA%20MOBFOG%20DE%202021%20REAL%20E%20VIRTUAL\\_3.pdf](http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/ATIVIDADES%20PRATICAS%20DE%20CONSTRU%20C%27%27%20DE%20FOGUETES%20DA%20MOBFOG%20DE%202021%20REAL%20E%20VIRTUAL_3.pdf).

## Passo 2 - Montagem do foguete

A parte básica conta ainda com o foguete de garrafa PET que é construído por duas garrafas PET de refrigerante, a primeira é feita a partir de uma garrafa inteira (que constitui o “corpo” do foguete), o formato utilizado para essa garrafa é do tipo das marcas Fanta, Jesus ou similar, por possuir formato regular cônico e superfícies sem relevos ou ranhuras, na parte inferior da garrafa são anexadas 4 aletas de papel depron fixadas com cola instantânea e envolvidas por fitas isolantes (Figura 12).

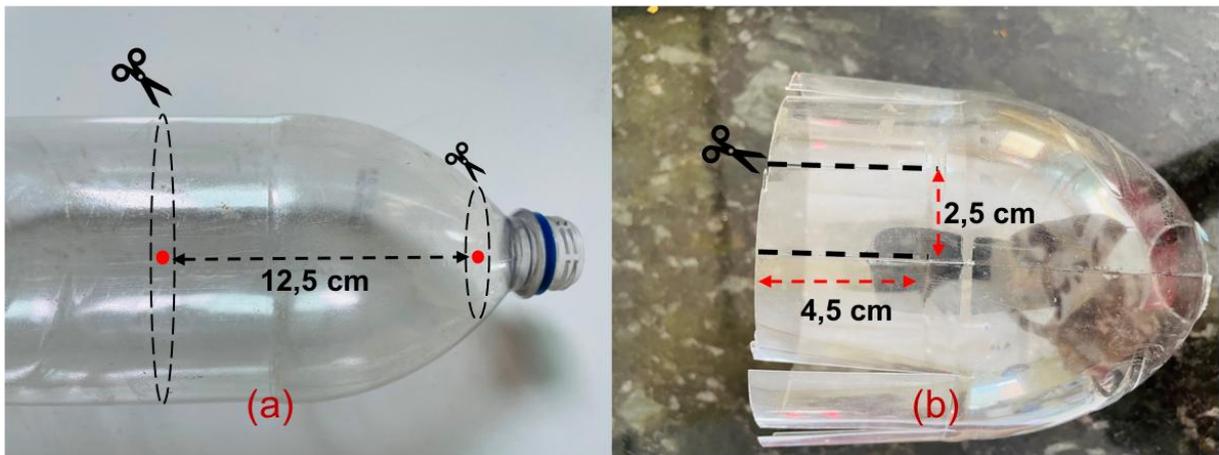
Figura 12. Montagem das aletas



Fonte: PAIVA (2021).

A segunda garrafa é recortada na parte superior e serve para ser a coifa do foguete, nesta, é utilizada uma garrafa da marca Schin ou similar devido ao formato da parte superior ser mais ogival. Para construir a coifa recorte a garrafa de acordo com a Figura 13(a), em seguida, na parte inferior faça recortes em torno da coifa como mostra a Figura 13 (b).

Figura 13. Construção da coifa



Fonte: PAIVA (2021).

Para completar, divida a bola de isopor ao meio e utilizando cola quente fixe uma das metades no orifício da parte superior da coifa conforme a Figura 14. O foguete montando com as duas partes é observado na Figura 15.

Figura 14. Bola de isopor na coifa



Fonte: PAIVA (2021).

Figura 15. Foguete

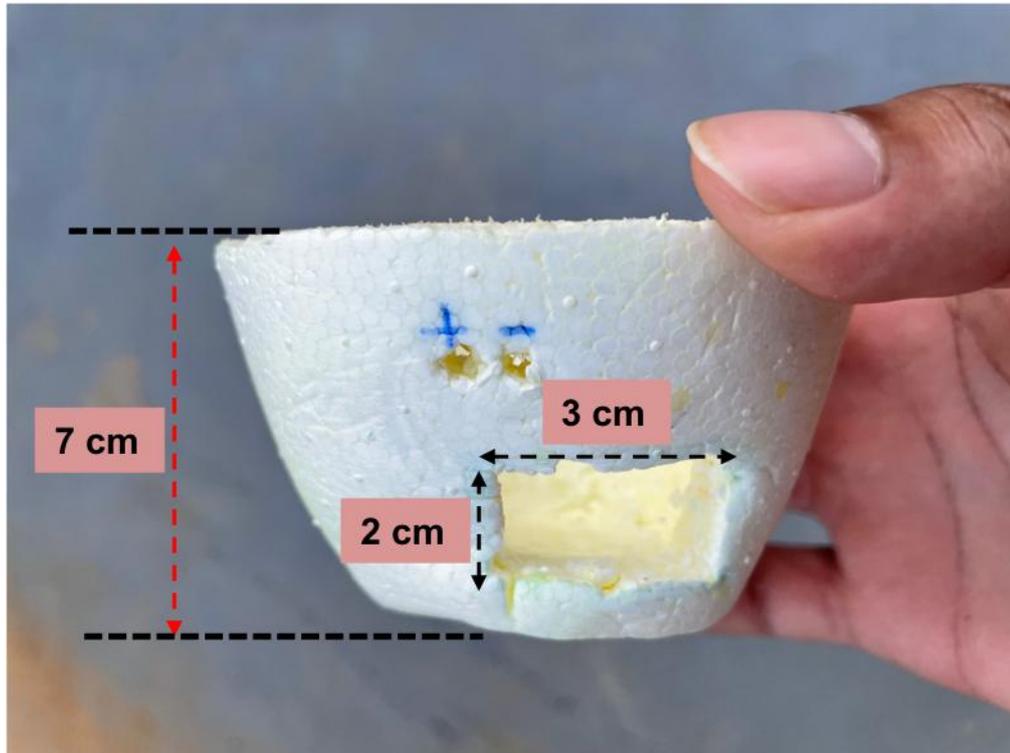


Fonte:

PAIVA (2021).

Como forma de proteger os dispositivos elétricos que serão embutidos na coifa do foguete da colisão com o solo, será inserido dentro da coifa uma cápsula de proteção feita da tampa de isopor de cerveja de garrafa de 600ml, esse material se torna interessante por ser leve, absorver impactos e ainda se moldar perfeitamente ao formato da coifa. A Figura 16 apresenta a cápsula de proteção.

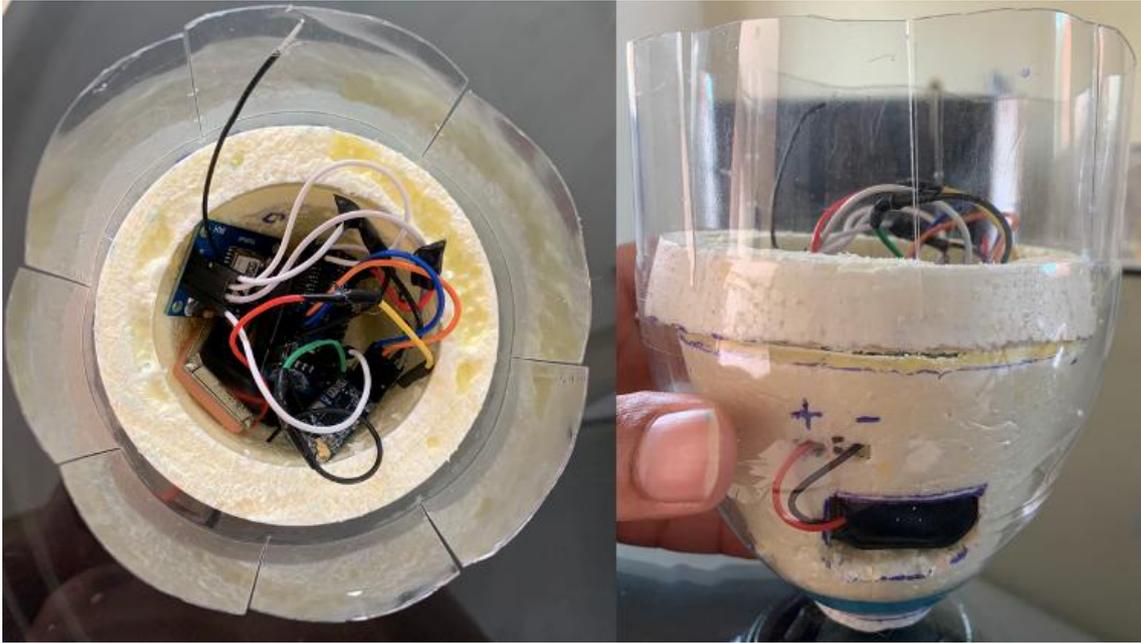
**Figura 16.** Cápsula de proteção da coifa do foguete



Fonte: PAIVA (2021).

O recorte realizado na cápsula da Figura 16 representa o local onde será inserida a bateria que alimentará o circuito do arduino, os furos realizados acima do recorte são para a passagem dos fios que conectam o sistema elétrico conforme representado na Figura 17. Após a instalação do dispositivo elétrico na coifa, cole a cápsula de proteção com cola quente na bola de isopor e una as duas partes do foguete com fita isolante.

**Figura 17.** Circuito elétrico montado na cápsula de proteção



Fonte: PAIVA (2021).

Para o carregamento e propulsão do foguete será utilizado como combustível a proporção de 1,5 L de vinagre para 100 g de bicarbonato de sódio. Para evitar que a reação ocorra de forma imediata e prolongar o tempo para ajustar o foguete na base e calibrar o equipamento tecnológico, o bicarbonato é recoberto por papel toalha na forma de várias trouxinhas (Figura 18).

**Figura 18.** Trouxinhas de papel toalha com bicarbonato



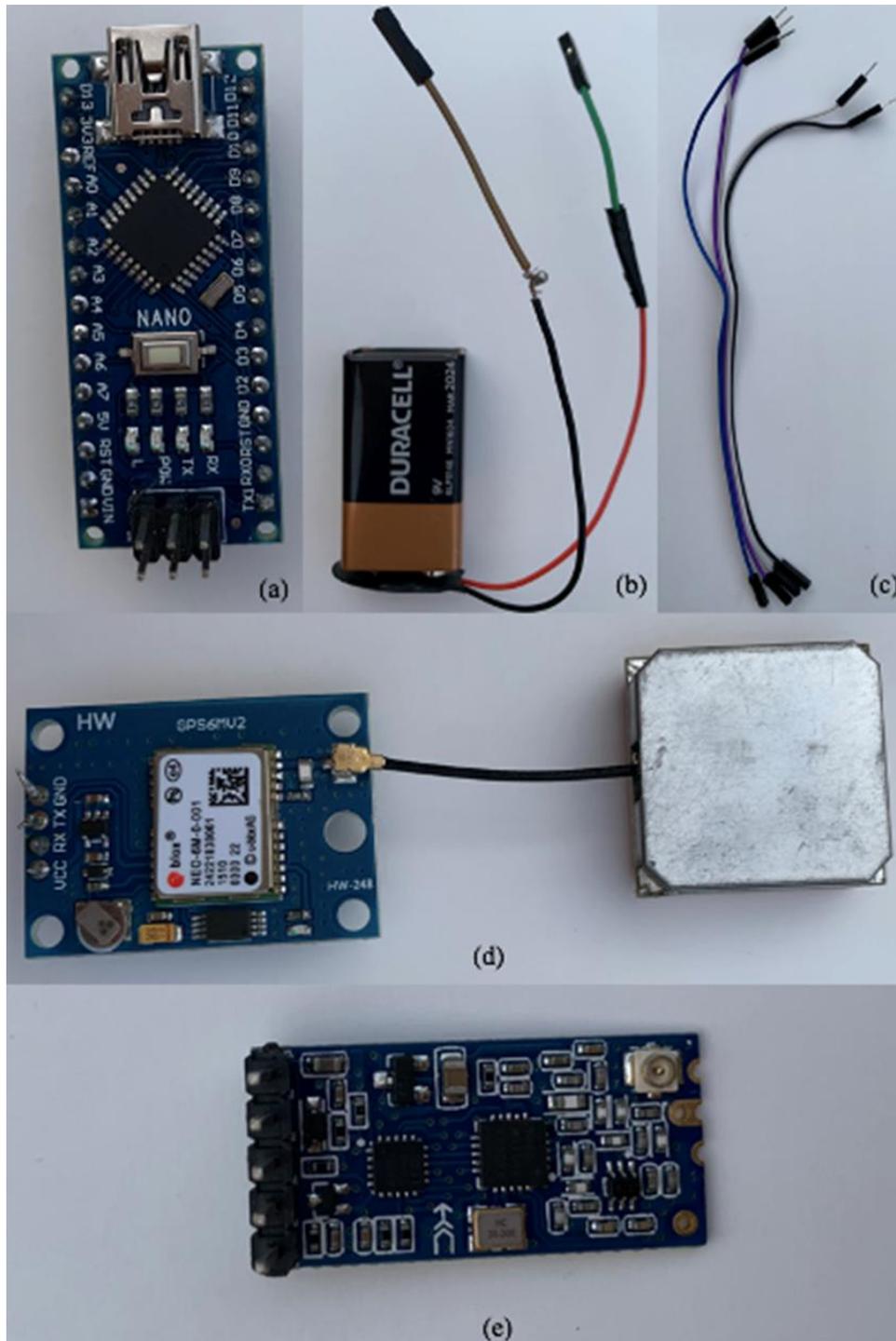
Fonte: PAIVA (2021).

Para a segurança das pessoas envolvidas durante os lançamentos é importante adotar medidas de segurança, tais como: Uso de jaleco ou capa de chuva, óculos de proteção, distância apropriada entre a equipe e o público de pelo menos 5 m, válvula de despressurização e contagem regressiva para alerta do lançamento. Uma série de instruções são fornecidas pela OBA e podem ser assistidas no vídeo intitulado por: *Segurança em primeiro lugar*. Link para acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=Bp6O71fHFIg>.

### **Passo 3 - Montagem da parte tecnológica**

A parte tecnologia é constituída da placa de arduino, seus acessórios e dos módulos e sensores de medição e transmissão de informações divididos em duas partes: emissor e receptor. O emissor, responsável em captar e enviar as informações do voo é introduzido na cápsula de proteção da coifa do foguete e é formado por uma placa de arduino nano V3.0, um módulo radiofrequência wireless HC-12, um módulo GPS NEO-6M, uma bateria de 9V e jumpers para as conexões. A Figura 19 resume os elementos do emissor.

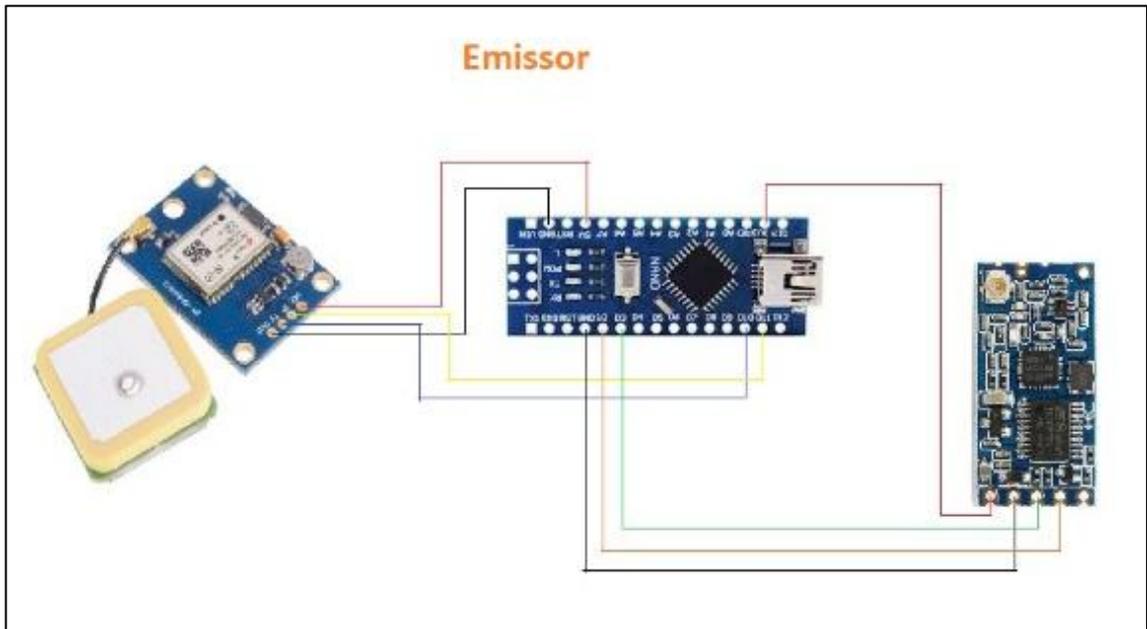
**Figura 19.** Elementos do emissor do kit experimental. (a) Arduino nano V3.0; (b) Bateria 9 V e adaptador para arduino; (c) Jumpers para as conexões; (d) Módulo GPS NEO-6M com antena; (e) Módulo RF wireless HC-12.



Fonte: PAIVA (2021).

O esquema de montagem do circuito elétrico do emissor está disponível na Figura 20.

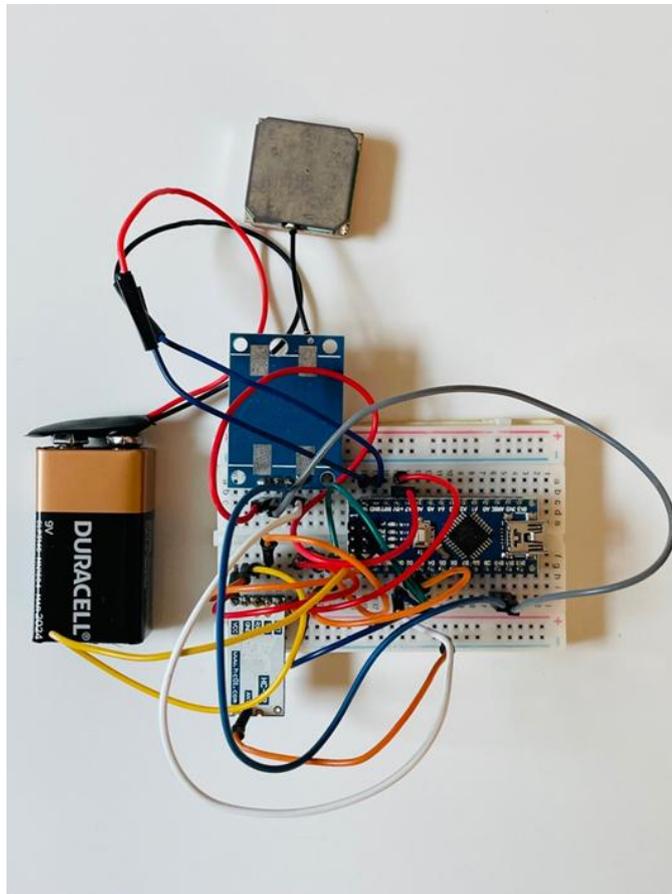
**Figura 20.** Circuito elétrico do emissor do kit experimental



Fonte: PAIVA (2021).

A Figura 21 retrata um protótipo do emissor do kit experimental sendo alimentado pela bateria de 9V.

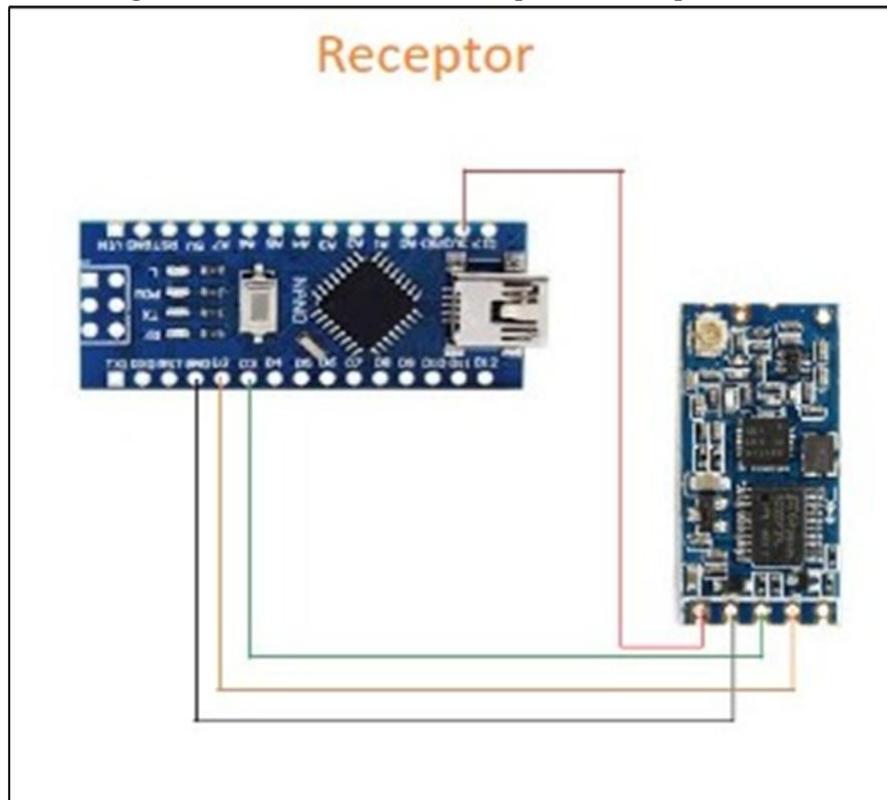
**Figura 21.** Protótipo do emissor



Fonte: PAIVA (2021).

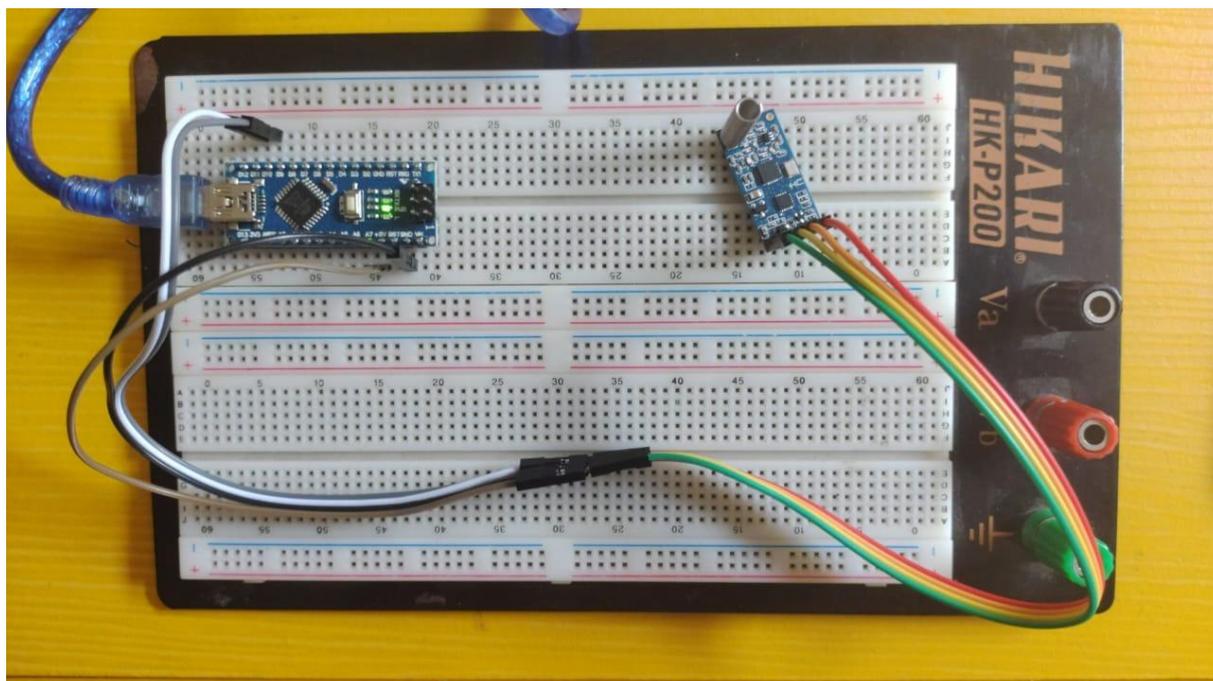
O receptor é constituído por uma placa de arduino uno ou nano unido a um cabo de conexão para computador por uma entrada USB, um módulo radiofrequência wireless HC-12, jumpers para as conexões e um notebook. A função do receptor é receber as informações por telemetria e imprimir na tela do software do arduino no notebook. A Figura 22 contém o esquema de montagem do circuito do receptor, a Figura 23 trata do protótipo e o quadro 1 resume os elementos do kit experimental.

**Figura 22.** Circuito elétrico do receptor do kit experimental



Fonte: PAIVA (2021).

**Figura 23.** Protótipo do receptor do kit experimental.



Fonte: PAIVA (2021).

Quadro 1. Itens do kit experimental

1 Base de lançamento (única para todos os alunos)
1 Foguete de garrafa PET
1 Placa de arduino nano V3.0 para o emissor
1 Placa de arduino nano V3.0 ou uno R3 para o receptor
1 Bateria 9 V e adaptador para arduino
1 Módulo GPS NEO-6M com antena
Jumpers para as conexões
2 Módulos RF wireless HC-12

Fonte: PAIVA (2021).

Após instalado o emissor no foguete, o mesmo é alimentado pela bateria de 9V e o módulo GPS ligado ao circuito tem a função de informar a localização exata, enviando dados referentes a latitude, longitude, data, hora e velocidade de deslocamento do objeto, ele sincroniza os sinais enviados pelos satélites e repassa as informações ao módulo radiofrequência wireless HC-12 embutido no circuito, este por sua vez tem o propósito de realizar a comunicação entre dispositivos à uma distância de até 1000 m, trabalhando com frequências entre 433 e 473MHz. As informações chegam até o receptor que se encontra conectado ao notebook. A Figura 24 demonstra a utilização do kit experimental na aplicação do produto educacional.

Figura 24. Utilização do kit experimental na aplicação do produto educacional. (a) emissor na coifa do foguete; (b) receptor



Fonte: PAIVA (2021).

Para o cálculo do alcance atingido pelo foguete são observadas primeiramente as coordenadas (latitude e longitude) iniciais e finais associadas ao ponto de partida e chegada do foguete, no qual essas informações estão impressas em graus decimais no monitor serial do software do arduino na tela do notebook, logo após, são convertidas para graus, minutos e segundos. Com a ajuda de uma calculadora geográfica, os dados das coordenadas são substituídos no programa e o site calcula a distância em linha reta entre o ponto de partida e chegada do foguete. O programa pode ser obtido no site <http://www.dpi.inpe.br/calcula/>. A Figura 25 traz a interface do site da calculadora geográfica com o cálculo do alcance obtido por um foguete.

Figura 25. Interface do site da calculadora geográfica

**Calculadora Geográfica**

GEOGRAFICA (Grau Minuto Segundo) ▾

Entre Longitude ou X

Oeste ▾

Entre Latitude ou Y

Sul ▾

Selecione o Datum de entrada

SAD 69 ▾

Avançar

Use ponto (.) para separação decimal

Longitudo Inicial	o 45 15 46.238 (-45.262843888889)
Latitude Inicial	s 5 28 50.848 (-5.48079111111111)
Longitudo Final	o 45 15 44.917 (-45.262476944444)
Latitude Final	s 5 28 49.800 (-5.4805)
Distancia Geodesica	51.863 metros

**ALCANCE**

Calcula distancia entre 2 pontos

Entre Longitude Inicial

Oeste ▾ 45 15 46.23

Entre Latitude Inicial

Sul ▾ 5 28 50.84

Entre Longitude Final

Oeste ▾ 45 15 44.91

Entre Latitude Final

Sul ▾ 5 28 49.80

Selecione o Datum

SAD 69 ▾

Calcular

Calcula Meridiano Central

Entre Longitude

Oeste ▾

Calcular

**DADOS INICIAIS**

**DADOS FINAIS**

Fonte: Adaptado de INPE (2025).

A Tabela 1 expressa o orçamento para a aquisição da parte tecnológica de um kit experimental.

Tabela 1. Orçamento para aquisição da parte tecnológica do kit experimental

COMPONENTE	QUANTIDADE	ESTIMATIVA DE VALOR POR UNIDADE
Placa de arduino UNO R3	01	R\$ 59,90
Placa de arduino nano V3.0	01	R\$ 44,90
Módulos RF wireless HC-12	02	R\$ 59,90
Adaptador bateria 9V sem plug	01	R\$ 1,90
Pacote de Jumpers Macho-Fêmea	01	R\$ 9,90
Pacote de Jumpers Macho-Macho	01	R\$ 9,90
Bateria de 9V	01	R\$ 14,00
Módulo GPS NEO-6M com antena	01	R\$ 89,90
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 350,20</b>

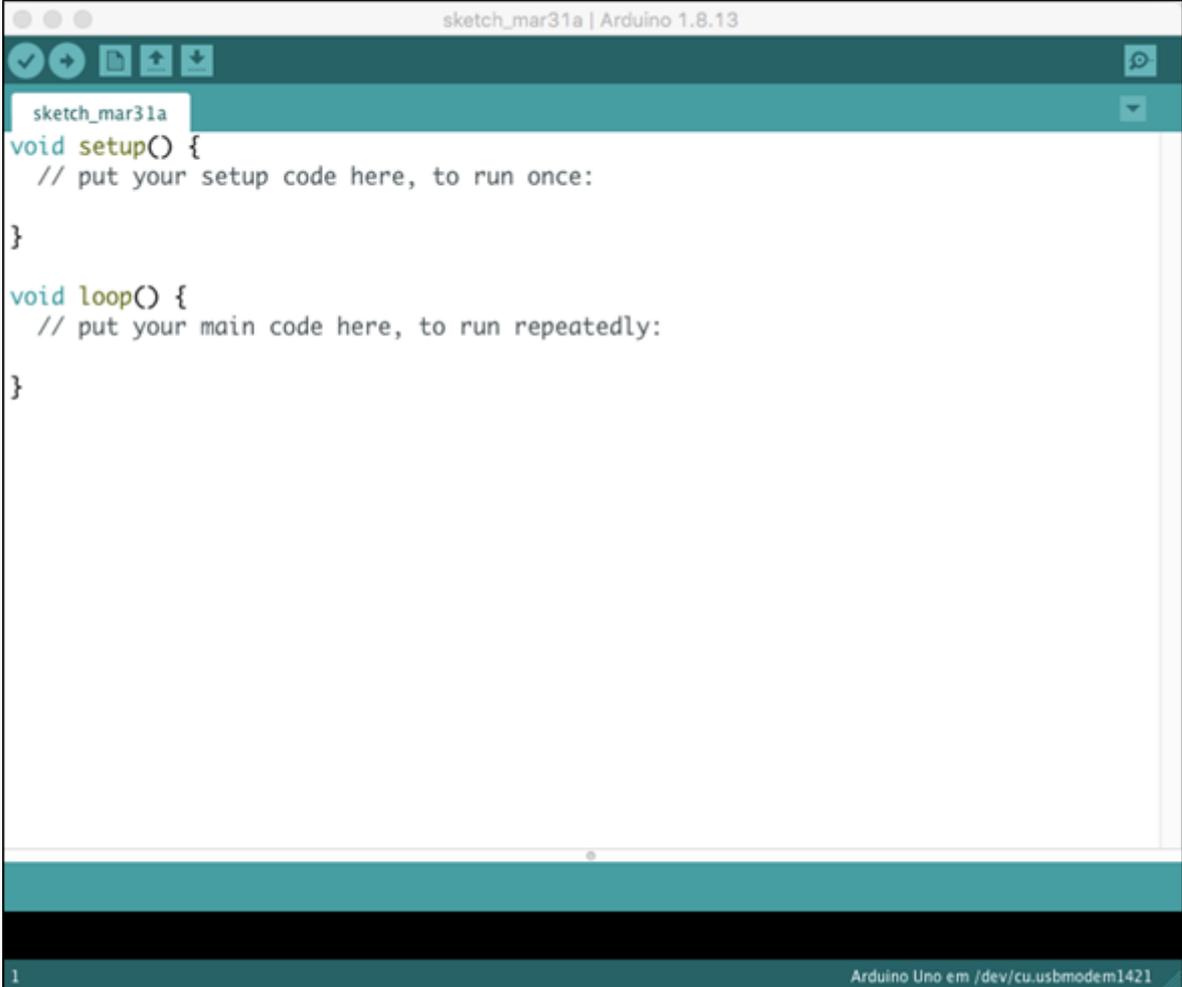
Fonte: PAIVA (2021).

## 2.2 Programação do Arduino

O arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto que apresenta hardware, software e possui seu próprio ambiente de desenvolvimento baseado na linguagem de programação C++.

Para que o arduino funcione é necessário que um código ou programa execute comandos para que o dispositivo realize as operações que são planejadas. A principal maneira de programar o arduino é digitar as instruções de comando na IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), esse ambiente é um programa onde se faz os códigos e a transferência para uma placa arduino. Para isso é necessário usar linguagem de programação arduino contendo várias instruções em inglês que são compostas de funções, valores (variáveis e constantes) e estruturas. A Figura 26 apresenta a interface da IDE do arduino.

A primeira parte da IDE contém o *void setup* que é uma função onde são inseridos os códigos não repetidos ou códigos principais, ela é executada somente quando começa o programa e serve para configurar os pinos da placa e estabelecer a comunicação serial com o computador. A outra parte é constituída pelo *void loop* que é uma função onde serão digitados os códigos que executarão os comandos que serão repetidos infinitamente. O Apêndice A apresenta os códigos completos de programação do emissor e receptor do projeto. A Figura 27 retrata um exemplo de interface do monitor serial do software do arduino informando as características do voo de um foguete.

**Figura 26.** Interface da IDE do software do Arduino

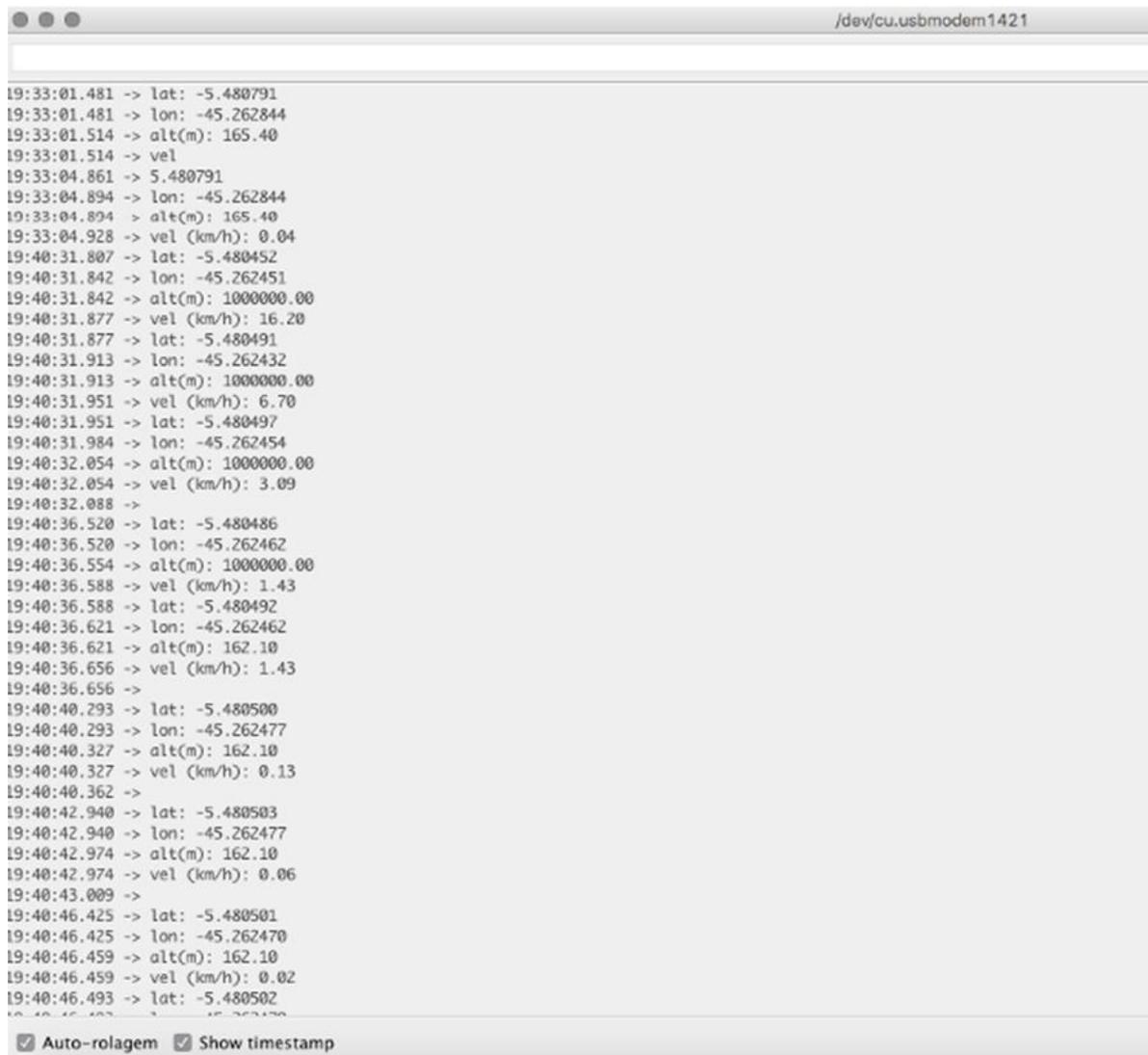
```
sketch_mar31a | Arduino 1.8.13
sketch_mar31a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}

1
Arduino Uno em /dev/cu.usbmodem1421
```

Fonte: PAIVA (2021).

Figura 27. Interface do monitor serial.



```
/dev/cu.usbmodem1421
19:33:01.481 -> lat: -5.480791
19:33:01.481 -> lon: -45.262844
19:33:01.514 -> alt(m): 165.40
19:33:01.514 -> vel
19:33:04.861 -> 5.480791
19:33:04.894 -> lon: -45.262844
19:33:04.894 -> alt(m): 165.40
19:33:04.928 -> vel (km/h): 0.04
19:40:31.807 -> lat: -5.480452
19:40:31.842 -> lon: -45.262451
19:40:31.842 -> alt(m): 1000000.00
19:40:31.877 -> vel (km/h): 16.20
19:40:31.877 -> lat: -5.480491
19:40:31.913 -> lon: -45.262432
19:40:31.913 -> alt(m): 1000000.00
19:40:31.951 -> vel (km/h): 6.70
19:40:31.951 -> lat: -5.480497
19:40:31.984 -> lon: -45.262454
19:40:32.054 -> alt(m): 1000000.00
19:40:32.054 -> vel (km/h): 3.09
19:40:32.088 ->
19:40:36.520 -> lat: -5.480486
19:40:36.520 -> lon: -45.262462
19:40:36.554 -> alt(m): 1000000.00
19:40:36.588 -> vel (km/h): 1.43
19:40:36.588 -> lat: -5.480492
19:40:36.621 -> lon: -45.262462
19:40:36.621 -> alt(m): 162.10
19:40:36.656 -> vel (km/h): 1.43
19:40:36.656 ->
19:40:40.293 -> lat: -5.480500
19:40:40.293 -> lon: -45.262477
19:40:40.327 -> alt(m): 162.10
19:40:40.327 -> vel (km/h): 0.13
19:40:40.362 ->
19:40:42.940 -> lat: -5.480503
19:40:42.940 -> lon: -45.262477
19:40:42.974 -> alt(m): 162.10
19:40:42.974 -> vel (km/h): 0.06
19:40:43.009 ->
19:40:46.425 -> lat: -5.480501
19:40:46.425 -> lon: -45.262470
19:40:46.459 -> alt(m): 162.10
19:40:46.459 -> vel (km/h): 0.02
19:40:46.493 -> lat: -5.480502
19:40:46.493 -> lon: -45.262470
 Auto-rolagem  Show timestamp
```

Fonte: PAIVA (2021).

### 3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: aspectos da cinemática dos lançamentos de foguetes de garrafa PET e telemetria

A sequência didática proposta está fundamentada na Teoria de Campos Conceituais de Vergnaud e no Construcionismo de Papert e integra metodologias ativas e atividades experimentais.

#### 3.1 Situação inicial

A primeira etapa dessa sequência didática será a realização de um questionário pré-teste com a finalidade de descobrir a familiaridade dos alunos com o tema proposto, o reconhecimento ou não de várias situações cotidianas associadas com a temática ajuda a despertar o aluno para uma visão mais geral do fenômeno do lançamento oblíquo, externando e ampliando o leque dos exemplos ilustrados do livro didático e também se o mesmo consegue associar a relação dos conteúdos que já foram trabalhados em sala de aula com o assunto atual, contribuindo para a construção e ampliação do seu campo conceitual de cinemática.

O questionário será criado por meio de uma plataforma de formulários online, no qual será respondido remotamente, será aplicado individualmente, contendo 8 perguntas de múltipla escolha com apenas uma resposta correta, algumas perguntas contêm ilustrações para ajudar na descrição da situação-problema. O primeiro encontro será realizado em uma aula de 40 minutos. O questionário pré-teste está disponível no Apêndice B desse trabalho.

#### 3.2 Revisão e aprofundamento dos conhecimentos

A segunda etapa será composta de aula expositiva aplicada de forma remota através da plataforma de videoconferência Google meet. A dinâmica utilizada para as aulas inicia com o envio de um link pelo professor no chat de conversas que direcionará o aluno à plataforma de interação *Mentimeter*, nela o estudante digitará uma palavra-chave no qual ele acredita ter a ver com o assunto que está sendo visto, a pergunta será: *Cite uma grandeza física que você acredita que esteja relacionada com o lançamento oblíquo.*

As respostas aparecerão de maneira imediata na tela da sala de aula virtual na forma de nuvem de palavras e serão analisadas no transcorrer da aula. Logo após será realizado um resumo dos assuntos básicos já trabalhados que estão envolvidos com o movimento bidimensional, tais como trajetória, simultaneidade de movimentos, MRU, MRUV, queda livre e grandezas vetoriais.

Após a revisão, o assunto de lançamento oblíquo será caracterizado e aprofundado. No final dessa etapa será utilizado para uma interação maior com o conteúdo um simulador de movimento de lançamento oblíquo do site do programa

*Phet Interactive Simulations* da Universidade do Colorado, o simulador pode ser obtido a partir do endereço: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/projectile-motion](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion).

A simulação tem o objetivo de expor diferentes situações de lançamentos, baseados por exemplo em alterações de ângulos de abertura, velocidades iniciais e no valor da aceleração gravitacional, demonstrando assim, a trajetória realizada por um objeto e informando a altura, o alcance e o tempo de lançamento. Essa etapa acontecerá em dois encontros, totalizando 4 aulas de 40 minutos cada.

### 3.3 Nova situação

Como forma de associar a utilização do arduino com o tema proposto, será realizada na terceira etapa uma mini oficina de arduino com a intenção de apresentar e caracterizar o dispositivo juntamente com seus principais componentes e sua programação básica, será feita uma explanação de seus elementos que são necessários para que se possa fazer a aplicação para o uso embarcado em foguetes de garrafa PET. Também será apresentado aos alunos os sensores de medição e comunicação do arduino, tais como o GPS e o módulo de radiofrequência. O propósito do experimento é tentar medir as variáveis velocidade, altura e alcance do foguete. Além disso, será dedicado um tempo para a explicação dos conceitos de latitude, longitude e altitude, importantes para o entendimento da localização fornecida pelo GPS. No final, os alunos em equipes de no máximo quatro estudantes, receberão o desafio de programar o equipamento e montá-lo sobre a supervisão do professor. Como sugestão para a dinâmica da oficina pode-se realizar quatro tarefas práticas propostas aos alunos. As atividades são:

- Prática I: Montar a parte básica;
- Prática II: Montar e executar um código com Led's;
- Prática III: Montar o circuito do emissor e receptor;
- Prática IV: Calcular a distância de dois pontos na calculadora geográfica.

Para a realização dessa etapa será feito um encontro com 3 aulas, com duração de 40 minutos cada.

### 3.4 Lançamento de foguetes

A quarta etapa será constituída da preparação e lançamento do foguete. Para uma melhor interação e cooperação entre os alunos, a sala será dividida em quatro grupos de no máximo 10 estudantes, cada grupo terá seus componentes distribuídos em três principais funções: Montagem e lançamento; Monitoramento e integração e Metragem e compilação de dados. A descrição das funções de cada grupo está em destaque no quadro 2.

Quadro 2. Descrição das funções de cada grupo na etapa 4

FUNÇÃO	DESCRIÇÃO
Montagem e lançamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Preparação da base de lançamento;</li> <li>✓ Carregamento do combustível do foguete (vinagre e bicarbonato de sódio);</li> <li>✓ Manutenção estrutural da base e do foguete;</li> <li>✓ Acoplamento do foguete na base;</li> <li>✓ Acionamento do gatilho para o disparo do foguete.</li> </ul>
Monitoramento e integração	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manutenção estrutural do arduino e seus componentes;</li> <li>✓ Integração da coifa ao corpo do foguete;</li> <li>✓ Monitoramento do sketch do programa do arduino no notebook.</li> </ul>
Metragem e compilação de dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resgate do foguete;</li> <li>✓ Metragem do alcance por meio da trena;</li> <li>✓ Compilação dos dados transmitidos pelo foguete para o sketch do programa em uma tabela física e demais anotações.</li> </ul>

Fonte: PAIVA (2021).

A atividade será supervisionada pelo professor em todas as suas fases. Será utilizada uma base comum para todos os lançamentos e cada grupo de alunos irá receber um kit experimental para o lançamento de um foguete. Para a realização dessa etapa serão feitos dois encontros, totalizando 06 aulas de 40 minutos cada.

### 3.5 Avaliação somativa individual

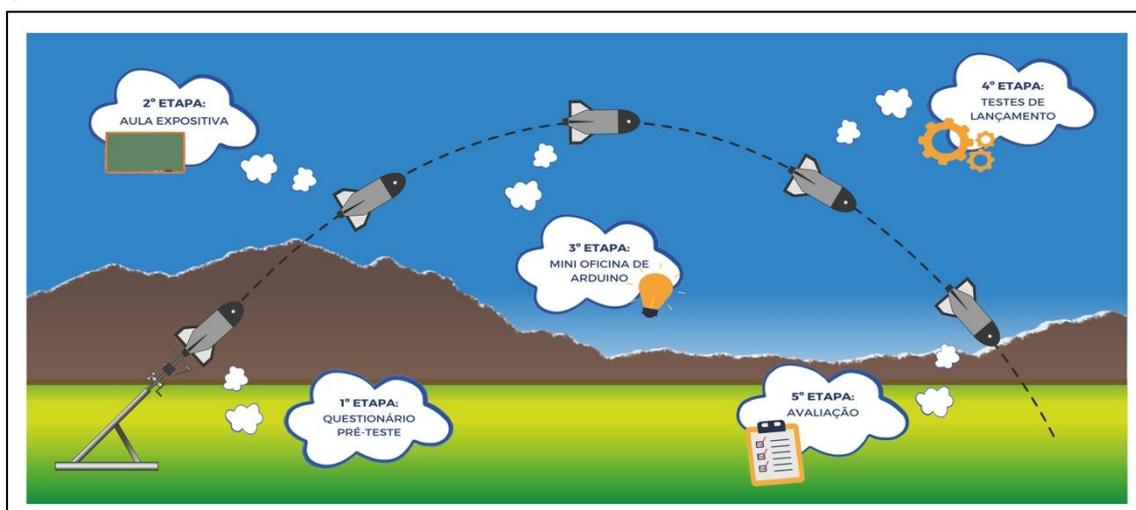
A quinta etapa será constituída de uma avaliação somativa na forma de um questionário e será dividida em duas partes, a primeira contará com questões que envolvam a comparação das medidas obtidas pelo arduino durante o lançamento do foguete com os cálculos extraídos das fórmulas estudadas durante a aula expositiva na etapa 2 dessa sequência didática. A formulação das questões será adaptada conforme os dados obtidos pela medição dos sensores do arduino e as medidas da trena. A comparação de resultados servirá para a análise do experimento e o aluno verificará se os resultados encontrados nas duas situações apresentam valores próximos ou não. A primeira parte do questionário contará com questões abertas.

O propósito dessa comparação tem o objetivo de provocar no aluno indagações do tipo: O experimento falhou? Por que os resultados não coincidiram? Que possíveis

agentes físicos provocaram a diferença de resultados? O aluno, no questionário fará os cálculos citados acima e a comparação dos resultados, justificando sua resposta baseada no que foi estudado ao longo da sequência didática e de acordo com o que o item solicitar.

A segunda parte do questionário, apresentará perguntas mais específicas sobre a temática do lançamento oblíquo, o objetivo é verificar se o aluno conseguiu obter um aprofundamento no assunto mediante a perguntas propostas de múltipla escolha. O questionário será criado na plataforma de formulários online e apresentará no total seis perguntas, das quais as três primeiras corresponderão a primeira parte do questionário e duas perguntas para a segunda parte, a última pergunta contará com uma pesquisa de opinião sobre o nível de aceitação do trabalho proposto aos alunos. A quinta etapa será realizada em um encontro e terá 2 aulas de 40 minutos cada. O questionário de avaliação somativa está disponível no Apêndice C. A Figura 28 resume as etapas da sequência didática a serem aplicadas e a Tabela 2 traz o resumo da quantidade de encontros planejados para essa proposta.

**Figura 28.** Etapas da sequência didática - Aspectos da cinemática dos lançamentos de foguetes de garrafa PET e telemetria



Fonte: PAIVA (2021).

Tabela 2. Número de aulas e encontros planejados para as etapas da sequência didática

ETAPA	Nº DE AULAS/MINUTOS	Nº DE ENCONTROS	FORMATO DO ENCONTRO
1ª	1 aula/40min	1	VIRTUAL
2ª	4 aulas/160 min	2	VIRTUAL
3ª	3 aulas/120 min	1	PRESENCIAL
4ª	6 aulas/240 min	2	PRESENCIAL
5ª	2 aulas/80 min	1	VIRTUAL
<b>TOTAL</b>	<b>16 aulas/640 min</b>	<b>7</b>	

Fonte: PAIVA (2021).

### **3.6 Avaliação da aprendizagem na sequência didática**

Será baseada nas observações feitas em sala de aula mediante as avaliações diagnóstica, formativa e na avaliação somativa individual.

### **3.7 Avaliação da própria sequência didática**

Análise quantitativa, será feita em função dos resultados de aprendizagem obtidos na comparação entre as avaliações diagnóstica e somativa, verificando se houve evidências de aprendizagem significativa.

**BIBLIOGRAFIA**

- ANDRADE, M. M. Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos de graduação. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- BLAYA, C. Processo de Avaliação. 2007. Disponível em: <http://www.processodeavaliacao.com.br>. Acesso em: 24 set. 2020.
- BONJORNO, J. et al. Física: mecânica. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- FREIRE, W. H. C. et al. Lançamento oblíquo com resistência do ar: uma análise qualitativa. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 38, n. 1, São Paulo, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172016000100406](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172016000100406). Acesso em: 27 nov. 2019.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009. (Educação a Distância, 5).
- GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física - Vol. 1: Mecânica. 10. ed. São Paulo: LTC, 2016.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Calculadora Geográfica. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/calcula>. Acesso em: 21 jan. 2025.
- KAZUHITO, Y.; FUKU, L. F.; SHIGEKI, UO, C. T. Os alicerces da Física. v. 1, 15. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- KRAEMER, M. E. P. Avaliação da aprendizagem como construção do saber. 2006.
- MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. v. 1.
- MATTOS, A. N. D. Telemetria - conceitos relacionados. São José dos Campos: [s.n.], 2004.
- MCROBERTS, M. Arduino Básico. Tradução Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec Editora, 2011.
- MEDEIROS, A. F. et al. O uso de foguetes confeccionados com garrafa PET e da plataforma Arduino visando o ensino de física. Mostra Nacional de Robótica (MNR). Canoas, 2016.
- MEDEIROS, J. G. Sistemas de telemetria embarcada com Arduino para coleta de dados em um minifoguete experimental. Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, 2016.
- MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. Instituto de Física, UFRGS. Caixa Postal 15051, Porto Alegre, RS, 2002.

PAIVA, A. S. Telemetria com o uso de Arduino em lançamento de foguetes no ensino médio: uma metodologia alternativa para ensinar cinemática no lançamento oblíquo de foguetes de garrafa PET. 2021. 185 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física em Rede Nacional) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

PIZZANI, L. et al. A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, v. 10, n. 1, p. 53-66, jul./dez. 2012. ISSN 1678-765X.

PRAÇA, F. S. G. Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. Revista Eletrônica Diálogos Acadêmicos, v. 8, n. 1, p. 72-87, jan./jul. 2015. ISSN 0486-6266.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REICHARDT, A. L.; FRASSON, A. C.; JUNIOR, G. S.. Análise metodológica em dissertações no curso de mestrado profissional em ensino de ciência e tecnologia, UTFPR – PR. Revista Espacios, v. 38, n. 35, p. 38, 2017.

SANT'ANNA, L. M. Por que avaliar? Como avaliar?: critérios e instrumentos. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

SOUZA, J. A. Um foguete de garrafas PET. Física Nova na Escola, v. 8, n. 2, p. 4-11, 2007.

VEIT, E. A.; MORS, P. M.; TEODORO, V. D. Ilustrando a segunda lei de Newton no século XXI. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 176-184, jun. 2002.

## APÊNDICE A: Códigos de programação do emissor e receptor do kit experimental

EMISSOR:

```
/*HC-12 messenger send/receive // HC-12 recebe/envia a mensagem
```

Need to set HC12 transceiver for long range up to 1.8km // Precisa configurar o transceptor HC12 para longo alcance de até 1.8km

1. Use file : HC-12\_ATcmd1.ino // usar arquivo

2. File Location : C:\Users\albertor\Desktop\arduino-1.8.2\sketch\HC-12\_ATcmd1 // localização do arquivo

3. Configure both HC12 Receiver and Transmitter // Configure o receptor e o transmissor HC12

```
AT+FU4
```

```
AT+B1200
```

```
AT+C005 - not must
```

```
AT+P8
```

```
*/
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
#include <TinyGPS.h>
```

```
long lat ,lon; // create variable for latitude and longitude object // criar variável de latitude e longitude para objeto
```

```
float alt,vel;
```

```
SoftwareSerial mySerial(2, 3); //RX, TX with HC12 433MHz transceiver // RX, TX com transceptor HC12 433MHz
```

```
SoftwareSerial gpsSerial(10, 11); // RX, TX with gps sensor connection // RX, TX com conexão de sensor gps
```

```
TinyGPS gps; // create gps object // criar objeto gps
```

```
int FUNCLED=13;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
pinMode(FUNCLED, OUTPUT);
```

```

Serial.begin(9600); // with serial monitor // com monitor serial
mySerial.begin(1200); // with HC12 // com HC12
gpsSerial.begin(9600); // with gps sensor // com sensor gps

Serial.println("setup done");
Serial.println("Starting GPS TX when lock");
}

void loop()
{
  while(gpsSerial.available())
  { // check for gps data // verifique se há dados do gps
    if(gps.encode(gpsSerial.read()))
    { // encode gps data // codifique dados do gps
      digitalWrite(FUNCLED, HIGH);

      //Latitude e Longitude
      unsigned long idadeInfo;
      gps.get_position(&lat, &lon);

      if (lat != TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE) {
        mySerial.print("lat: ");
        mySerial.println(float(lat) / 100000, 6);
      }

      if (lon != TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE) {
        mySerial.print("lon: ");
        mySerial.println(float(lon) / 1000000,6);
      }

      //altitude
      alt = gps.f_altitude();

      if ((alt != TinyGPS::GPS_INVALID_ALTITUDE) && (alt != 10000000)){
        mySerial.print("alt(cm): ");
        mySerial.println(alt);
      }

      //velocidade

```

```

//velocidade = gps1.speed(); //nós
vel = gps.f_speed_kmph(); //km/h
//velocidade = gps1.f_speed_mph(); //milha/h
//velocidade = gps1.f_speed_mps(); //milha/segundo

mySerial.print("vel (km/h): ");
mySerial.println(vel, 2); //conversão de nós para km/h

```

```

digitalWrite(FUNCLED, LOW);
}
}

delay(20);
}

```

#### RECEPTOR:

```

//HC-12 messenger receive // HC-12 recebe a mensagem
// In this module RX the GPS coordinates connected to the TX HC12 unit // Neste
módulo RX as coordenadas do GPS são conectadas à unidade TX do HC12

```

```

#include <SPI.h>
#include <SoftwareSerial.h>

```

```

SoftwareSerial mySerial(2, 3); //RX, TX with HC12 433MHz transceiver // RX, TX
com transceptor HC12 433MHz

```

```

int FUNCLED=13;
int i;

```

```

void setup()

```

```
{
  pinMode(FUNCLED, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(1200);

  Serial.println("Starting RX mode");
}

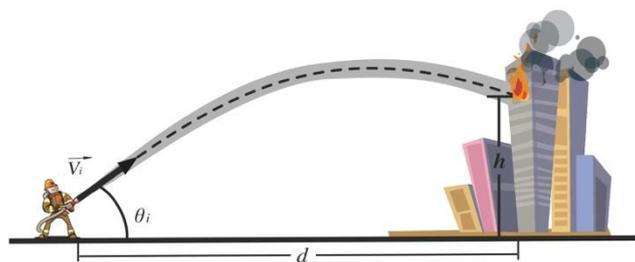
void loop()
{
  if(mySerial.available() > 1)
  {
    digitalWrite(FUNCLED, HIGH);

    String inFromAir = mySerial.readString();
    Serial.println(inFromAir);
    i=i+inFromAir.length();
    digitalWrite(FUNCLED, LOW);
  }
  delay(20);
}
```

## APÊNDICE B: Questionário prévio

### QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE:

01) Um bombeiro para apagar um incêndio em um prédio que se encontra a uma distância  $d$ , utiliza uma mangueira com um jato de água de acordo com o ângulo  $\theta_i$  em relação ao solo para atingir um andar que se encontra a uma altura  $h$  conforme a figura.

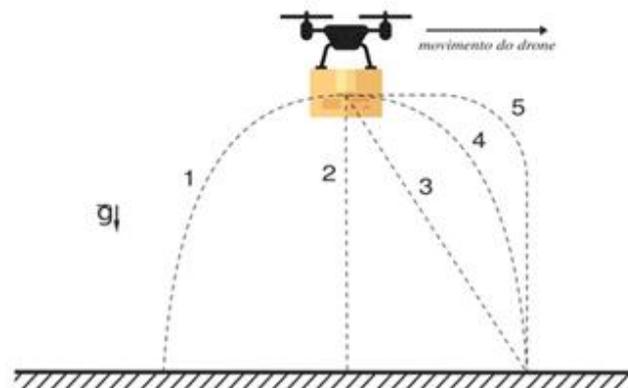


O movimento realizado pelo jato de água na figura pode ser considerado um tipo de:

- MRU (Movimento retilíneo uniforme) apenas.
- MRUV (Movimento retilíneo uniformemente variado) apenas.
- Movimento bidimensional.
- Queda livre.
- Lançamento vertical.

**RESPOSTA: C**

02) Um drone que se movimenta na horizontal em relação ao solo (ver figura), abandona uma caixa. O percurso realizado pela trajetória da caixa segundo um observador em repouso localizado no solo é dado pelo número:



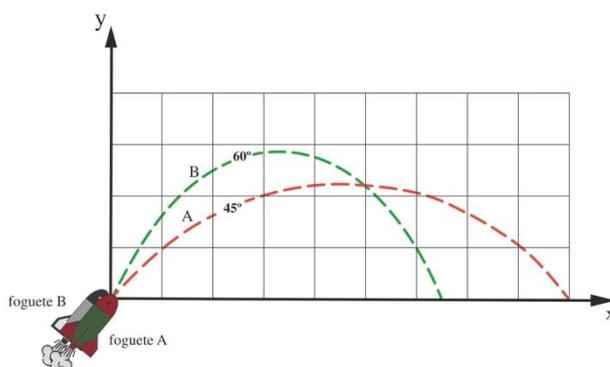
a) 1.    b) 2.    c) 3.    d) 4.    e) 5. **RESPOSTA: D**

03) Uma das formas para a propulsão de um foguete de garrafa PET seria a mistura entre bicarbonato de sódio e vinagre, o contato entre as duas substâncias provoca uma reação química que libera gás carbônico. O foguete logo após a mistura dos componentes é encaixado na base de lançamento e o gás liberado na reação começa exercer uma força sobre a superfície da base que o encaixa, assim, uma força oposta “empurra” o foguete e ele decola. Assinale a alternativa que contém o princípio físico responsável pelo lançamento do foguete de garrafa PET.

- a) 1ª lei de Newton.
- b) 2ª lei de Newton.
- c) 3ª lei de Newton.
- d) Princípio da simultaneidade de Galileu.

**RESPOSTA: C**

04) Dois foguetes de garrafas PET idênticos são lançados do solo com a mesma velocidade inicial e ao mesmo tempo. Em relação ao eixo  $x$ , o foguete  $A$  é lançado com um ângulo de  $45^\circ$  e o foguete  $B$  é lançado com um ângulo de  $60^\circ$ . Analise a figura e assinale a alternativa correta.



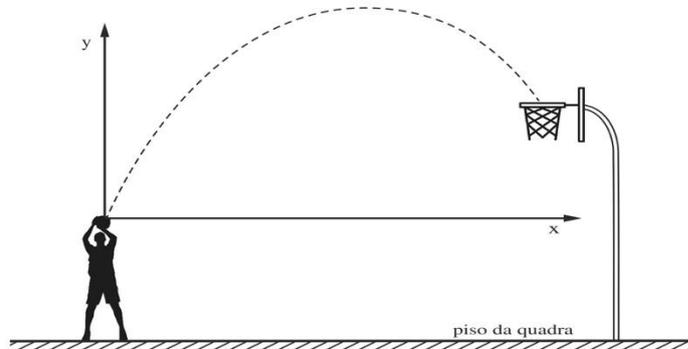
- a) O foguete  $A$  alcançará uma altura máxima maior que a do foguete  $B$ .
- b) O foguete  $A$  alcançará a mesma altura máxima que a do foguete  $B$ .
- c) O foguete  $A$  terá um alcance maior que o do foguete  $B$ .
- d) O foguete  $A$  terá um alcance menor que o do foguete  $B$ .
- e) O foguete  $A$  terá um alcance igual ao do foguete  $B$ .

**RESPOSTA: C**

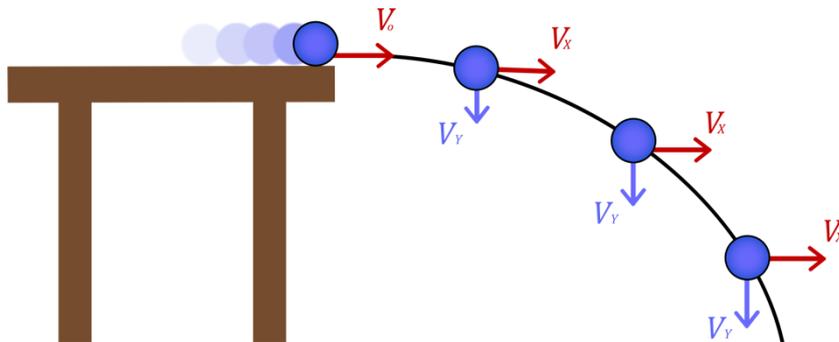
05) A figura abaixo apresenta a trajetória realizada por uma bola de basquete ao ser arremessada por um jogador durante um lançamento livre. Essa forma de trajetória pode ser considerada uma:

- a) reta.
- b) parábola.
- c) hipérbole.
- d) circunferência.

**RESPOSTA: B**



06) Uma bola realiza um movimento retilíneo e uniforme ao longo de uma mesa. Analise o movimento descrito pela bola ao *sair* da mesa de acordo com a figura abaixo.

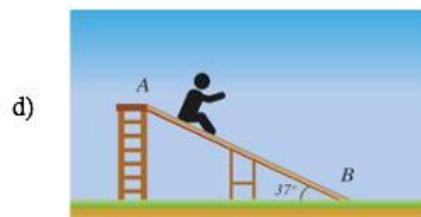
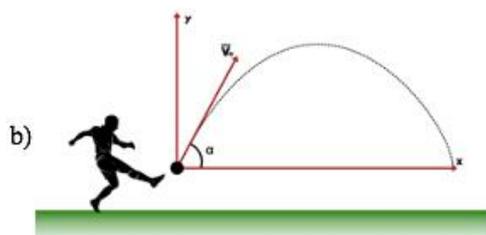
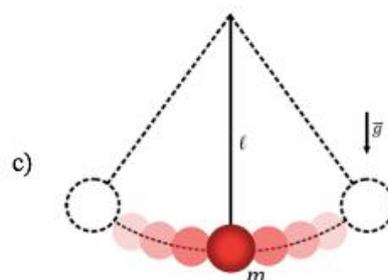


Em relação a velocidade inicial da bola ( $v_0$ ) ao sair da mesa, pode-se afirmar que:

- a) tem módulo igual a zero.
- b) tem módulo constante e diferente de zero em todo o percurso.
- c) tem módulo constante e diferente de zero na componente vertical ( $V_y$ ) e módulo nulo na componente horizontal ( $V_x$ ).
- d) tem módulo constante e diferente de zero na componente horizontal ( $V_x$ ) e módulo nulo na componente vertical ( $V_y$ ).

**RESPOSTA: D**

07) Das ilustrações abaixo, aquela que representa um exemplo de lançamento oblíquo é:



**RESPOSTA: B**

08) “Se um corpo apresenta um movimento composto, cada um dos movimentos componentes se realiza como se os demais não existissem e no mesmo intervalo de tempo”. Esse princípio é conhecido como:

- a) Primeira lei de Newton.
- b) Segunda lei de Newton.
- c) Terceira lei de Newton.
- d) Princípio da simultaneidade de Galileu.

**RESPOSTA: D**

## APÊNDICE C: Avaliação somativa

5ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA:

### 1ª PARTE:

01) Em um dos lançamentos de foguetes da 4ª etapa do produto educacional, o GPS do arduino obteve as seguintes informações do voo de um foguete de garrafa PET:

#### DADOS INICIAIS:

19:33:01.481 -> lat: -5.480791 = **S 5 28 50.848(graus, minutos e segundos)**

19:33:01.481 -> lon: -45.262844 = **O 45 15 46.238(graus, minutos e segundos)**

19:33:01.514 -> alt(m): 165.40

#### DADOS FINAIS:

19:40:40.293 -> lat: -5.480500 = **S 5 28 49.800(graus, minutos e segundos)**

19:40:40.293 -> lon: -45.262477 = **O 45 15 44.917(graus, minutos e segundos)**

19:40:40.327 -> alt(m): 162.10

19:40:40.327 -> vel (km/h): 0.13

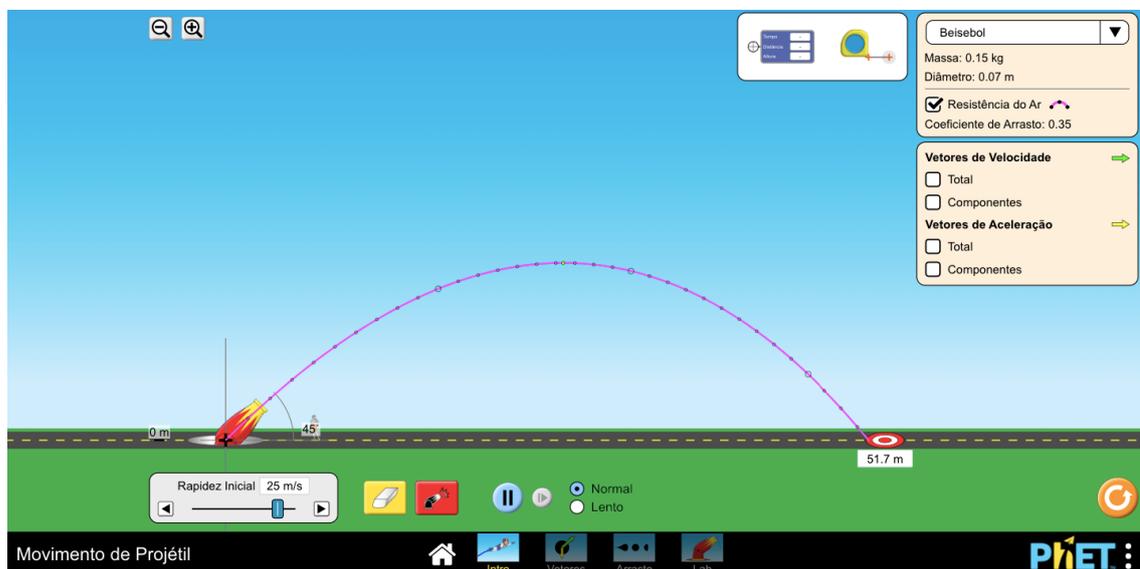
*No qual lat é latitude, lon é longitude, alt é atitude e vel é velocidade.*

Baseado nessas informações utilize o site da calculadora geográfica pelo link: <http://www.dpi.inpe.br/calcula/> e calcule o alcance obtido por esse foguete que foi medido pelo GPS.

**RESPOSTA: 51,863 m**

02) Na 4ª etapa do produto educacional foi proposto o lançamento de foguetes de garrafa PET com o uso de arduino embarcado. A *equipe 1* em seu último lançamento conseguiu um alcance medido na trena de 51,7m. Utilizando essa informação e

adotando as variáveis presentes no voo, foi criada a seguinte simulação no site *Phet Colorado*:



Na simulação a velocidade inicial do projétil no lançamento foi aproximadamente de 25 m/s. De acordo com essa informação calcule as componentes horizontal ( $v_x$ ) e vertical ( $v_y$ ) da velocidade. Dado: utilize  $v_{0x} = v_0 \cos \theta$  e  $v_{0y} = v_0 \sin \theta$ , adotando  $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,7$ .

$V_{0x} = ?$  (m/s)

$V_{0y} = ?$  (m/s)

**RESPOSTA:  $V_{0x} = 17,5 \text{ m/s}$  e  $V_{0y} = 17,5 \text{ m/s}$**

03) No lançamento teste do foguete de garrafa PET realizado no dia 21/01/2021, o alcance obtido foi de 166m. O ângulo de lançamento do foguete era de  $45^\circ$  e o tempo do voo foi de aproximadamente 6s. Desconsiderando a resistência do ar, calcule a velocidade inicial obtida pelo foguete. De acordo com o resultado obtido no seu cálculo, você considera essa velocidade alta ou baixa para um foguete de garrafa PET?

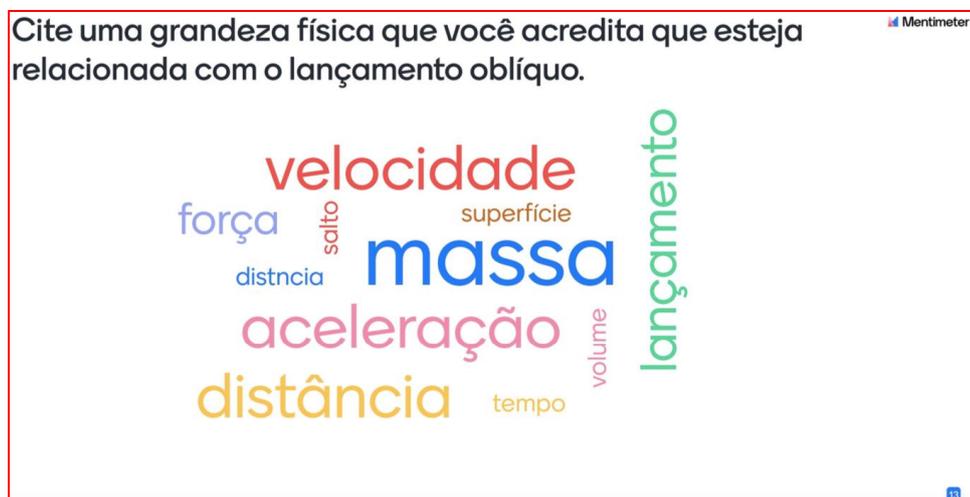


Dado: utilize a fórmula  $v_0 = \frac{x}{t \cos \theta}$  e considere  $\cos 45^\circ = 0,7$ .

**RESPOSTA:  $v_0 = 39,5238 \text{ m/s}$**

### 2ª PARTE:

04) Na 2ª etapa do produto educacional, também denominada de aula expositiva, foi proposta a construção de uma nuvem de palavras. O resultado obtido pela turma encontra-se na figura abaixo:



De acordo com o que foi exposto nas aulas e com a sua análise sobre as palavras da nuvem, assinale a alternativa que **NÃO** representa uma grandeza física envolvida com o lançamento oblíquo.

- a) velocidade.
- b) força.
- c) aceleração.
- d) tempo.
- e) salto.

**RESPOSTA: E**

05) Ao efetuar o seu 2º lançamento no dia 22/01/2021, a *equipe 2* obteve um alcance de 111m. Na figura abaixo, a câmera registra em destaque (retângulo vermelho) o exato momento que o foguete atinge o ponto mais alto de sua trajetória.



Em relação ao ponto de altura máxima atingida pelo foguete, pode-se afirmar que:

- a) apresenta velocidade resultante nula.
- b) apresenta a componente vertical da velocidade ( $v_y$ ) nula.
- c) apresenta a componente horizontal da velocidade ( $v_x$ ) nula.
- d) apresenta alcance nulo.

**RESPOSTA: B**

06) Em relação ao projeto desenvolvido: ***TELEMETRIA COM O USO DE ARDUINO EM LANÇAMENTO DE FOGUETES NO ENSINO MÉDIO: uma metodologia alternativa para ensinar Cinemática no lançamento oblíquo de foguetes de garrafa PET.*** Você considera que a forma com que ele foi proposto contribuiu significativamente para um melhor aprendizado do conteúdo?

Realizado o Depósito legal na Biblioteca Nacional conforme a Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

AUTORES	Annatanael Silva Paiva Edson Firmino Viana de Carvalho
TÍTULO	TELEMETRIA EM LANÇAMENTO DE FOGUETES: um kit didático para o ensino e aprendizagem da cinemática
ORGANIZAÇÃO	Edson Firmino Viana de Carvalho
PROJETO GRÁFICO E CAPA	Annatanael Silva Paiva
ILUSTRAÇÃO DA CAPA	Annatanael Silva Paiva
PÁGINAS	54
FORMATO	160 x 250 mm
TIPOGRAFIA	Book Antiqua   CORPO Book Antiqua   TÍTULOS