



MONTAGEM DO FOGUETE E DA BASE PARA COMPETIÇÃO REGIONAL DE FOGUETES DA UTFPR - EMPREENDE WEEK

**Michel Corci Batista
Douglas Robaskiewicz Coneglian**

1 CONSTRUÇÃO DE UM FOGUETE DE GARRAFA PET

1.1 Materiais

- Duas garrafas pets de mesmo formato e volume. Dê preferência às garrafas que apresentam a extremidade cônica, por favorecerem a aerodinâmica;
- Fita adesiva larga transparente;
- Transferidor;
- Régua;
- Tesoura;
- Estilete;
- 3 tampas de potes de sorvetes de 2L;
- 1 balão de festa Nº 05 ou 6;
- 1 marcador permanente;
- 1 m de barbante;
- 1 pedaço de papelão;
- 100 ml de água.

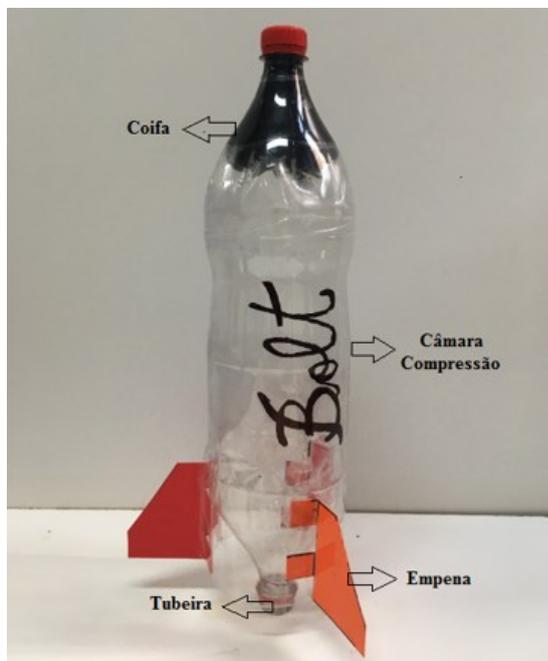
1.2 Procedimento de montagem

Nosso foguete de garrafa PET apresenta os seguintes elementos (Figura 1):

- Coifa (Extremidade superior do foguete);
- Corpo (Câmara de compressão/local da reação química);
- Empenas/aletas (Extremidade inferior do foguete);
- Tubeira.

Figura 1: Partes do foguete.





Fonte: Os autores

Parte 1

- a) Reserve uma das garrafas pets para ser o corpo do foguete/câmara de compressão;
- b) Corte a parte cônica da outra garrafa; ela será a coifa do foguete. Em seguida recorte a parte cilíndrica onde é fixado o rótulo do refrigerante. Esta será a saia do foguete na qual serão fixadas as empenas/aletas (Figura 2).

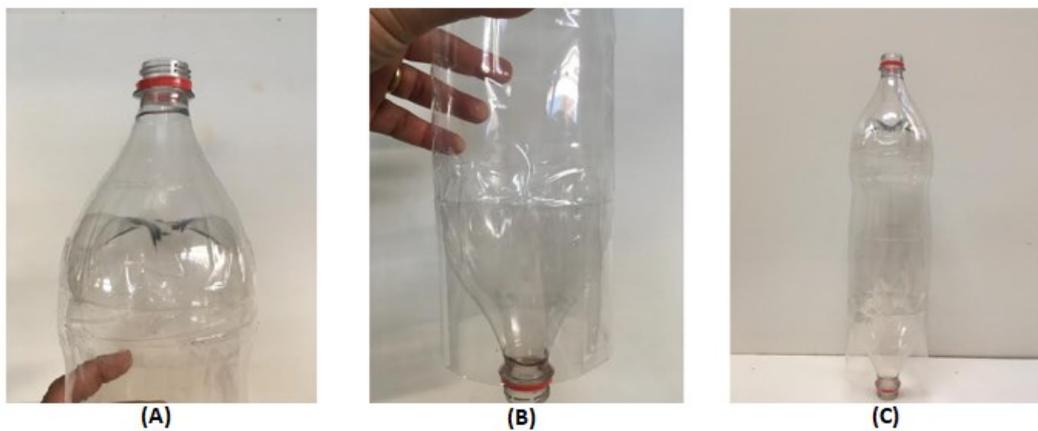
Figura 2: Detalhe do recorte da coifa e saia do foguete.



Fonte: Os autores

- c) Com o auxílio da fita adesiva larga, fixe a coifa na parte inferior (base) da garrafa PET que será o corpo do foguete (a). Procure deixar a coifa o mais alinhado possível com o eixo da garrafa PET; depois fixe a saia na parte superior da garrafa (bico), letra (b). O resultado esperado é representado pela letra (c) na figura 3, abaixo.

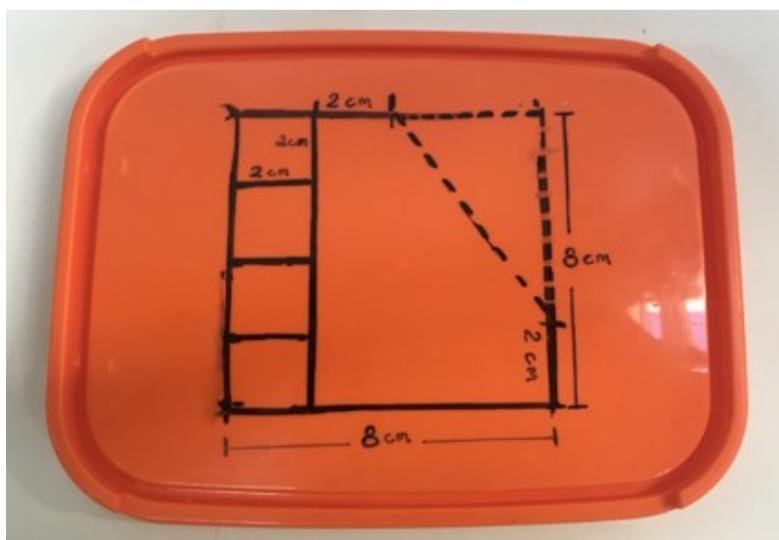
Figura 3: Detalhe da fixação da coifa e saia no corpo do foguete.



Fonte: Os autores

- d) Faça 3 empenas/aletas utilizando as tampas de pote de sorvete, conforme modelo na figura 4 abaixo;

Figura 4: Molde da empena/aleta.



Fonte: Os autores

- e) Recorte os modelos de empenas nas tampas dos potes de sorvete, desprezando a parte pontilhada.
- f) Faça um pequeno corte na base dos lados dos quadrados de 2 cm de lado, conforme a figura 5. Eles serão utilizados para fixação das empenas na saia do foguete

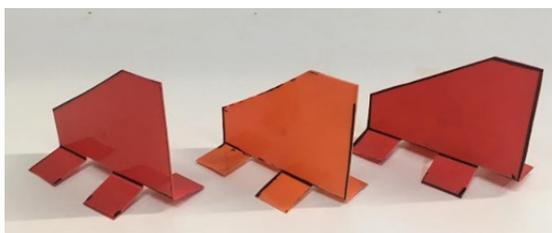
Figura 5: Detalhe do corte no modelo de empena.



Fonte: Os autores

- g) Dobre os quadrados de 2 cm de lado para direita e para esquerda até formar um vinco, consecutivamente. O resultado desejado é apresentado na figura 6.

Figura 6: Detalhe do vinco no modelo de empena.



Fonte: Os autores

- h) Com o auxílio de um transferidor fixe as empenas na saia do foguete utilizando a fita adesiva larga a cada 120° . Procure fixar as aletas no limite inferior da saia do foguete, conforme a figura 7 abaixo.

Figura 7: Detalhe das empenas fixas na saia do foguete.



Fonte: Os autores

Parte 2

- i) Com a estrutura do foguete montada, chegou o momento de aplicarmos alguns conceitos presentes na literatura, de modo a obter a resultante nula das forças aerodinâmicas atuantes no foguete durante seu lançamento.

- j) Com o auxílio do marcador permanente/canetão, trace a projeção do foguete no pedaço de papelão, conforme figura 8;

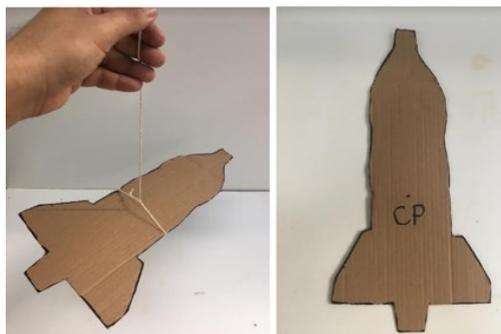
Figura 8: Detalhe do traçado do molde do foguete no papelão.



Fonte: Os autores.

- k) Com o auxílio da tesoura, recorte o traçado da projeção do foguete. Em seguida, utilizando o barbante encontre o centro de massa (CM) da projeção do foguete (figura 9). O Centro de massa da projeção é aproximadamente o centro de pressão (CP) do foguete.

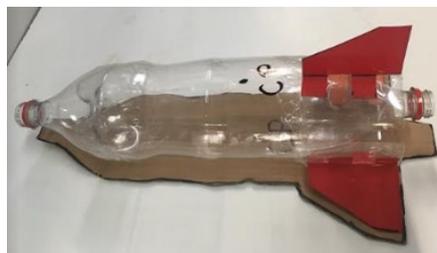
Figura 9: Detalhe da determinação do CP do foguete.



Fonte: Os autores.

- l) Agora que obtemos a localização aproximada do CP do foguete indique a mesma no corpo do foguete (figura 10).

Figura 10: Detalhe da indicação do CP no corpo do foguete.



Fonte: Os autores.

- m) Para o modelo de garrafa PET utilizado, o CP é localizado facilmente, indicado dois dedos acima da posição das aletas (figura 11);

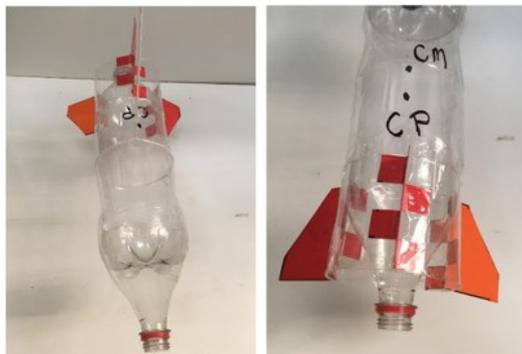
Figura 11: Detalhe da indicação do CP no corpo do foguete utilizando os dedos.



Fonte: Os autores.

n) Com auxílio do barbante, encontre o CM do foguete (figura 12).

Figura 12: Detalhe da indicação do CM do foguete.



Fonte: Os autores.

- o) Perceba na figura 12 que a distância entre o CP e CM é relativamente pequena. A literatura recomenda a distância entre eles de 1,5 diâmetro do corpo do foguete. Portanto, devemos inserir algum peso na coifa do foguete de modo a aumentar essa distância. Dessa maneira, recomendamos inserir água no balão de festa.
- p) Após inserir água dentro do balão de festa, faça um nó de modo a não escapar a água. A quantidade de água a ser inserida na garrafa PET utilizada deve ser aquela que preenche quase todo o espaço interno da coifa, conforme figura 13.

Figura 13: Detalhe do preenchimento da coifa pelo balão de festa contendo água.



Fonte: Os autores.

- q) Agora que o balão de festa foi preenchido com água, encontre o novo CM do foguete (figura 14).

Figura 14: Detalhe da nova determinação do CM do foguete.



Fonte: Os autores.

- r) Perceba que a nova distância entre o CP e CM é de 13,5 cm (figura 15).

Figura 15: Detalhe da nova indicação do CM do foguete.



Fonte: Os autores.

- s) Em nossos testes com o presente modelo de garrafa PET, obtivemos bons lançamentos com a distância entre o CP e CM de 1,0 a 1,5 diâmetro do corpo do foguete, ou seja, entre 10,5 cm a 15,75 cm.
- t) Por fim, dê um nome ao foguete. Em nosso exemplo, batizamos ele de Bolt!

2 CONSTRUINDO A BASE DE LANÇAMENTO

2.1 Materiais

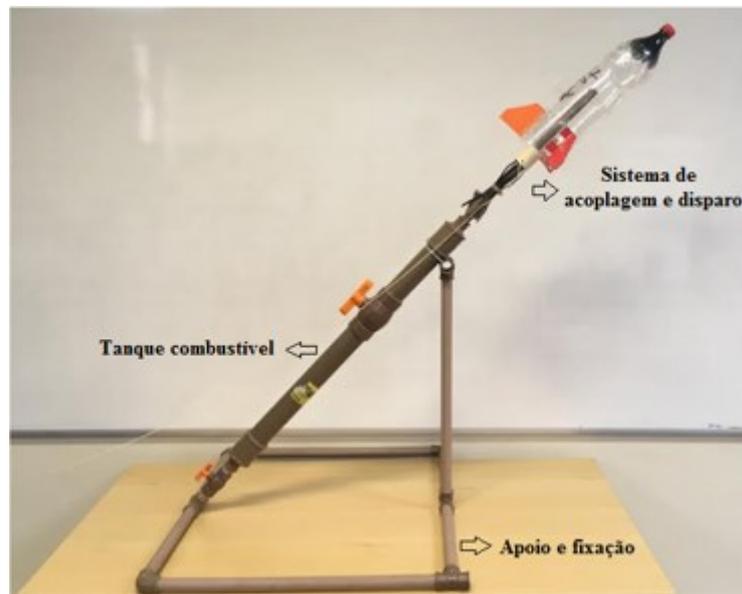
- 01 cano de PVC 50 mm (1 ½”), marrom soldável com 40 cm de comprimento;
- 01 cano de PVC 50 mm (1 ½”), marrom soldável com 20 cm de comprimento;
- 04 canos de PVC 25 mm (3/4”), marrom soldável com 32 cm de comprimento;
- 02 canos de PVC 25 mm (3/4”), marrom soldável com 56 cm de comprimento;
- 02 canos de PVC 25 mm (3/4”), marrom soldável com 05 cm de comprimento;
- 01 cano de PVC 25 mm (3/4”), marrom soldável com 54 cm de comprimento;

- 01 de cano PVC 20 mm (1/2”), marrom soldável com 35 cm de comprimento;
- 01 canos de PVC 20 mm (1/2”), marrom soldável com 05 cm de comprimento;
- 03 joelhos 90° PVC 25 mm (3/4”) marrom soldável;
- 04 Tê de PVC 25 mm (3/4”), marrom soldável;
- 01 Tê de PVC marrom, 20 x 20 x 1/2”, soldável e rosqueável;
- 02 Luva simples de PVC 50 mm (1 1/2”) marrom soldável;
- 02 buchas de redução 50 x 25 mm marrom soldável;
- 01 bucha de redução 25 x 20 mm marrom soldável;
- 01 registro de esfera 50 mm em PVC marrom soldável;
- 01 registro de esfera 25 mm em PVC marrom soldável;
- 01 bucha de redução de ferro galvanizado de 1/2” x 1/4”;
- 01 Abraçadeira Rosca sem Fim metálica de 1/2” a 3/4”;
- 06 abraçadeiras de Nylon, tipo enforca gato de 3,6 mm x 20cm preta ou branca;
- 01 manômetro seco, conexão vertical com rosca 1/4”; escala: 0 – 240 psi (kgf/pol2)/0 -16 Bar (kgf/cm2) ou similar.
- 01 m de fita veda rosca;
- 10 cm de esparadrapo branco para curativo de 05 cm de largura;
- 01 balão de festa Nº 05 ou 06;
- 01 esquadro escolar de 45°ou transferidor;
- 05 cm de cano branco 1 1/4”;
- 01 cola para tubo PVC;
- Trena;
- 5,1 m de barbante de algodão;
- Arco de serra;
- Tesoura;
- Chave de fenda ou chave combinada de 6 mm.

2.2 Procedimento de montagem

- A base de lançamento é composta por três partes (figura 16);
- Base de apoio e fixação (parte utilizada para fixar a base ao chão);
- Tanque de combustível (compartimentos separados para o armazenamento de vinagre e bicarbonato de sódio);
- Acoplagem do foguete e leitura de pressão e disparo.

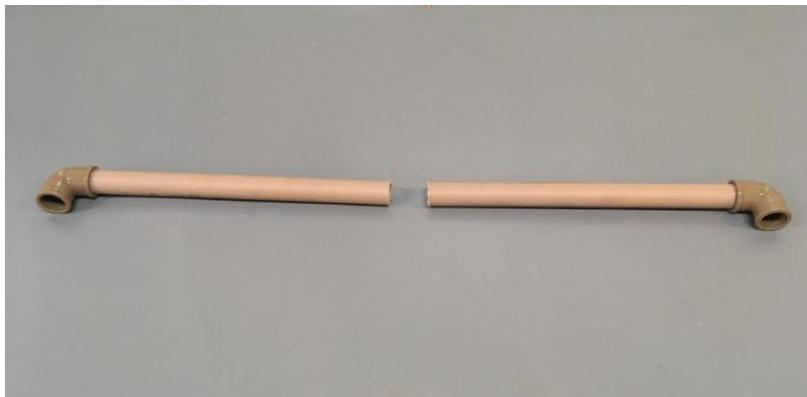
Figura 16: Partes que compõem a base de lançamento.



Fonte: Os autores.

- a) Iniciaremos a construção da base de lançamento pela montagem da estrutura de apoio e fixação da base;
- b) Utilizando a cola de PVC uma dois Joelhos de $90^\circ \times 25$ mm soldável em uma das extremidades de dois canos de 32 cm de comprimento, conforme figura 17.

Figura 17: Detalhe da fixação dos joelhos de 90° de 25 mm.



Fonte: Os autores.

- c) Uma os dois canos da figura 2 ao tê de 25 mm. É necessário que o tê fique com inclinação de 45° , para tanto, utilize o esquadro escolar. O resultado desejado é apresentado na figura 18 abaixo.

Figura 18: Detalhe da inclinação de 45° da base de lançamento.



Fonte: Os autores.

- d) Uma os dois canos de 25 mm x 56 cm de comprimento ao conjunto formado anteriormente, conforme figura 19;

Figura 19: Detalhe da fixação dos canos ao conjunto de inclinação 45°.



Fonte: Os autores.

- e) Repita os procedimentos (b) e (c). No entanto, o tê de 25 mm deve ficar na posição 90°, bem como uma das extremidades do cano de 32 cm deve-se fixar um tê de 25 mm. Ao final, solde o conjunto obtido ao da figura 19. O resultado desejado é apresentado na figura 20 abaixo.

Figura 20: Detalhe da construção da base de apoio e fixação.



Fonte: Os autores.

- f) Solde o cano de 54 de comprimento x 25mm a tê de 25mm que está sobrando (figura 21);

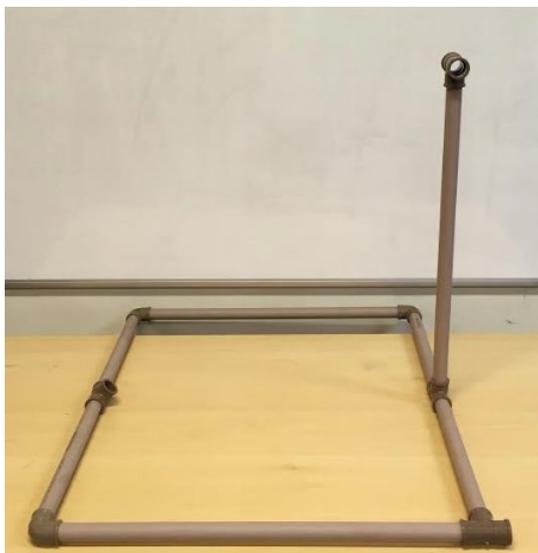
Figura 21: Detalhe da fixação do tê de 25 mm ao cano.



Fonte: Os autores.

- g) Agora, solde essa peça no tê de 25mm de posição 90° da base de apoio e fixação (figura22)

Figura 22: Detalhe do conjunto da base de apoio e fixação.



Fonte: Os autores.

- h) Agora que temos o conjunto de apoio e fixação da base de lançamento, iniciaremos a montagem do tanque de combustível da base de lançamento, ou seja, compartimento que receberá a quantidade de vinagre e bicarbonato de sódio.
- i) Utilizando a cola de PVC uma os canos de 40 cm x 50 mm e 20 cm x 50 mm ao registro esfera de 50 mm, conforme figura 23.

Figura 23: Detalhe da fixação dos canos ao registro esfera de 50 mm.



Fonte: Os autores.

- j) Em cada extremidade do cano de 50 mm solde com a cola de PVC as luvas de 50 mm (figura 24).

Figura 24: Detalhe da fixação das luvas de 50 mm.



Fonte: Os autores.

- k) Em cada luva de 50 mm, solde a bucha de redução de 50 x 25 mm (figura 25);

Figura 25: Detalhe da fixação das buchas de redução de 50 x 25 mm.



Fonte: Os autores.

- l) Solde na bucha de redução de 50 x 25 mm fixada ao cano de 20 cm x 50mm, a bucha de redução de 25 x 20 mm (figura 26).

Figura 26: Detalhe da fixação da bucha de redução de 25 x 20 mm.



Fonte: Os autores.

- m) Solde em cada extremidade do registro esfera de 25 mm os canos de 5 cm de comprimento x 25 mm. Em seguida, solde essa peça na bucha de redução de 50 x 25 mm que está soldada ao cano de 40 cm x 50 mm. O resultado desejado é apresentado na figura 27 abaixo.

Figura 27: Detalhe da fixação do registro esfera de 25 mm ao conjunto tanque de combustível.



Fonte: Os autores.

- n) Agora que temos o tanque de combustível da base, solde o cano de 25 mm x 5 cm de comprimento ao tê de 25 mm posição 45° da base de apoio e fixação. O resultado desejado é apresentado na figura 28 abaixo.

Figura 28: Detalhe da fixação do tanque de combustível a base de apoio e fixação.



Fonte: Os autores.

- o) Partiremos agora para a montagem do sistema de acoplamento do foguete e leitura de pressão.
- p) Solde o cano de 5 cm de comprimento x 20 mm em uma das extremidades do tê de 20 x 20 mm x 1/2". Em seguida, solde o cano de 35 cm de comprimento na outra extremidade. Una o sistema obtido a bucha de redução de 25 x 20 mm. O resultado desejado é apresentado na figura 29 abaixo.

Figura 29: Detalhe da fixação do sistema de acoplamento, leitura e disparo ao tanque de combustível.



Fonte: Os autores.

- q) Nossa base está praticamente pronta! Falta apenas finalizar o sistema de acoplamento, leitura e disparo do foguete.
- r) Utilizando a fita veda rosca acople a bucha de redução galvanizada ao tê de 20x 20 x 1/2" mm. Em seguida acople o manômetro na bucha de ferro galvanizada de 1/2" x 1/4". O resultado desejado é apresentado na figura 30 abaixo.

Figura 30: Detalhe da fixação do sistema de leitura de pressão.



Fonte: Os autores

- s) Agora que o sistema de leitura de pressão ficou pronto, passaremos para a montagem do sistema de acoplamento do foguete.
- t) Insira a abraçadeira de rosca sem fim de 1/2" a 3/4" no cano de 35 cm de comprimento x 20 mm; Envolve o cano com as seis abraçadeiras de naylon tipo enforca gato com o fecho de 3,6 mm voltado para o cano; posicione o fecho de

3,6 mm das abraçadeiras de nylon a 14 cm do tê de 20 mm. Em seguida, aperte bem a abraçadeira de rosca sem fim de modo que ela fique a 3 cm do tê de 20 mm com rosca. O resultado desejado é apresentado na figura 31 abaixo.

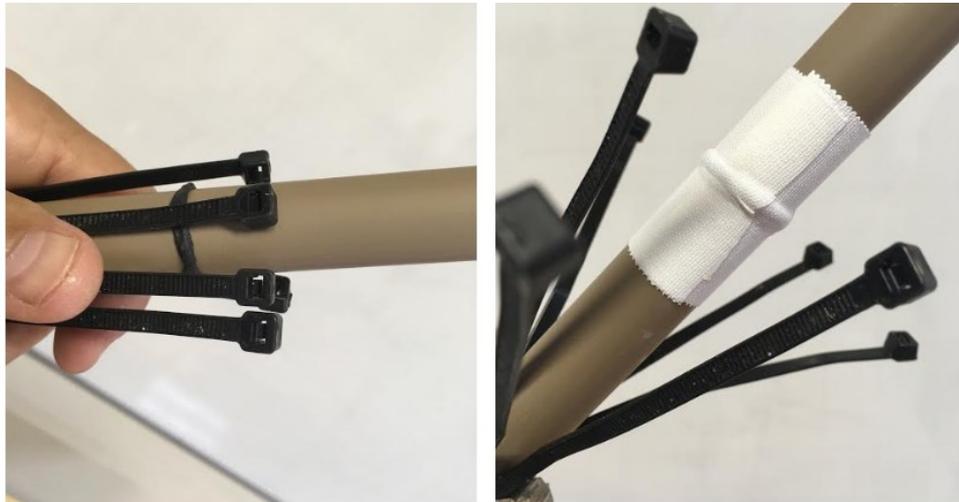
Figura 31: Detalhe do aperto das abraçadeiras de nylon que compõem o sistema de disparo.



Fonte: Os autores.

- u) Retire a válvula do balão de festa; Insira no cano de 20 mm de modo que ele fique a 01 cm abaixo do fecho das abraçadeiras de nylon. Em seguida envolva-o com o esparadrapo, mas atenção! Utilize apenas uma volta. O resultado desejado é apresentado na figura 32 abaixo.

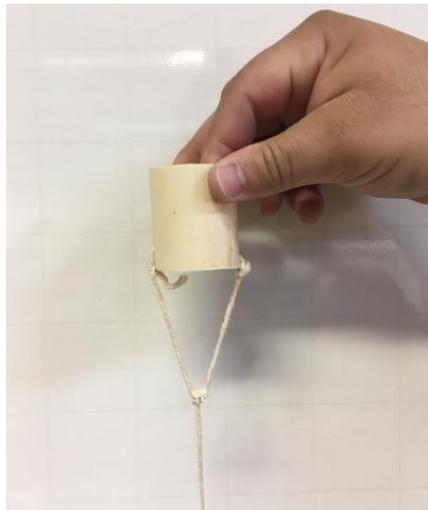
Figura 32: Detalhe da montagem do sistema de acoplamento do foguete a base.



Fonte: Os autores.

- v) Agora que temos o sistema de acoplamento pronto, partiremos para a montagem do sistema de disparo do foguete (gatilho).
- w) Faça um furo em cada lado do cano de 5cm x 1 ¼". Em seguida prenda na peça uma alça de barbante de aproximadamente 10 cm; Amarre na alça 5m de barbante. O resultado desejado é apresentado na figura 33 abaixo.

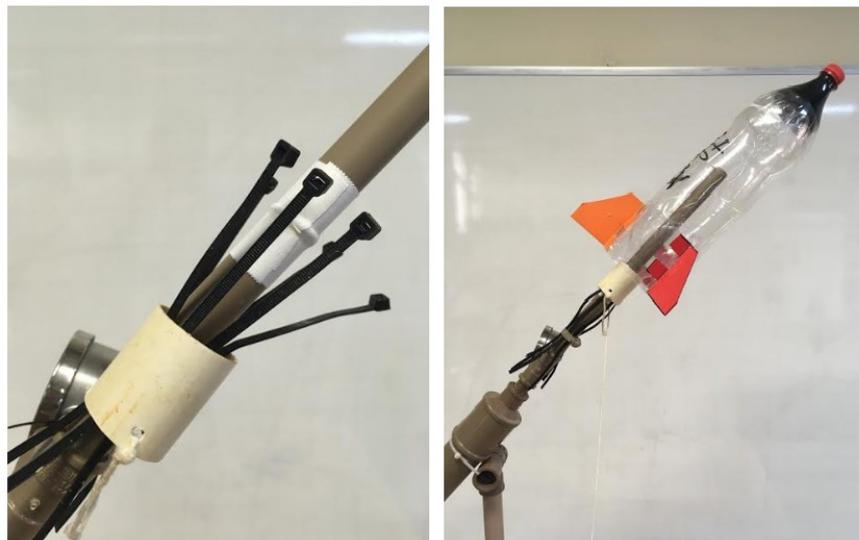
Figura 33: Detalhe do gatilho de disparo do foguete.



Fonte: Os autores.

- x) Insira o gatilho no sistema de acoplamento do foguete. Para acioná-lo basta encaixar o mesmo na tubeira do foguete, esse por sua vez, ficará preso pelas abraçadeiras de nylon como demonstrado na figura 34 abaixo.

Figura 34: Detalhe do gatilho de disparo do foguete.



Fonte: Os autores.

- y) Dica! Para acoplar o foguete a base de lançamento, procure inseri-lo sempre girando-o no mesmo sentido que foi passado esparadrapo. Essa técnica permitirá que esparadrapo não se solte com facilidade. Procure manter uma das aletas/empenas do foguete sempre ortogonal a base de lançamento, como demonstrado na figura 34 acima.

2.3 O lançamento do foguete

Para o lançamento do foguete preparamos um vídeo explicativo passo a passo que pode ser acessado em:

<https://www.youtube.com/watch?v=-xHecuBu47c>

The image shows a YouTube video player interface. At the top, a black banner contains the title "LANÇAMENTO DE FOGUETE" in white capital letters. Below the banner, the video player area is white and contains several logos: on the left, the "UTFPR" logo; in the center, the "MNPEF" logo with the text "Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física" below it; on the right, the "POLO ASTRONÔMICO" logo featuring a telescope icon and the name "Rodolpho Caniato" below it, and the "EMPREENDE WEEK" logo with the tagline "SOLUÇÕES PARA O APANHÃO". Below the logos is a black video player area with a white progress bar and control icons (play, volume, settings, etc.). The progress bar shows a time of 0:04 / 9:58.