



SUMÁRIO

Carrinho foguete	2
Foguete de garrafa PET	8
Plataforma de lançamento	14
Lançando foguetes de garrafa PET	24
Código de segurança	31
Saiba mais sobre campanhas de lançamento	35
Cronologia de lançamento	39
Créditos	44





CARRINHO FOGUETE



OBJETIVOS:

- Construir um carro acionado por um motor-foguete;
- Testar maneiras de aumentar a distância percorrida pelo Carrinho Foguete;
- Propor competições entre os alunos, com mérito para a maior distância percorrida.

INTRODUÇÃO TEÓRICA

O Princípio da Ação e Reação, uma das três leis fundamentais da dinâmica (Terceira Lei de Newton), é uma das formas de descrever o movimento dos foguetes. De acordo com essa lei, a toda ação corresponde uma reação na mesma direção, em sentido oposto e de mesma intensidade.

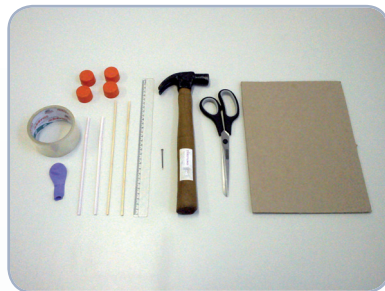
O “combustível” deste Carrinho Foguete será o ar comprimido dentro do balão, o qual, quando liberado, impulsionará o carrinho no sentido oposto àquele em que está saindo o ar. O mesmo princípio ocorre nos foguetes reais, nos quais os gases da combustão saem em alta velocidade pela traseira do foguete e este é lançado no sentido oposto.





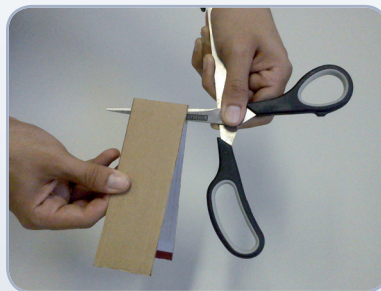
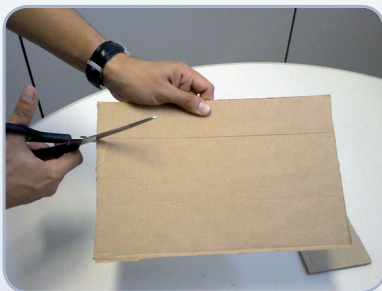
MATERIAIS

- 1 fita adesiva
- 2 canudos
- 1 tesoura
- 1 balão de látex (balão de aniversário)
- 1 régua
- 1 pedaço de papelão (20cm x 30cm)
- 4 tampas de garrafa PET
- 2 palitos para churrasco (ou vareta de pipa)
- 1 prego médio
- 1 martelo



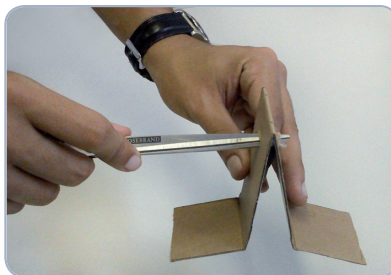
CONSTRUINDO O CARRINHO

1. Recorte um retângulo de papelão com 5 cm de largura por 30 cm de comprimento. Dobre-o ao meio. Para facilitar, utilize a tesoura (ou estilete), de forma a fazer um vinco com metade da espessura do papelão.

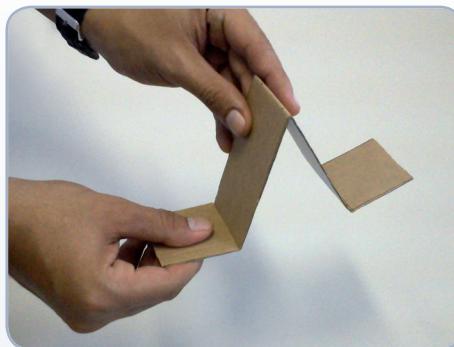


2. Faça um furo de cerca de 1 cm de diâmetro próximo do “vértice” do V invertido. Nesse furo, posteriormente, será encaixado o balão de ar.

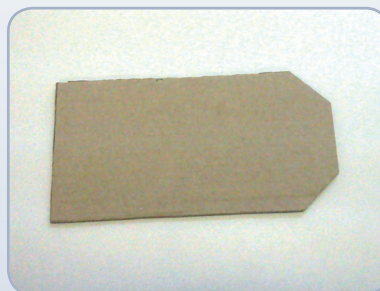
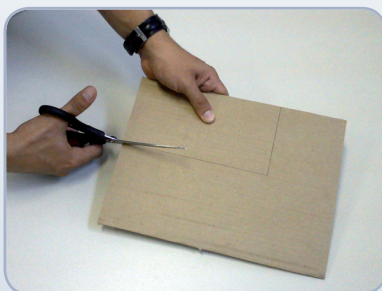




3. Dobre cerca de 5 cm em cada uma das extremidades, mas no sentido oposto à dobra inicial. O papelão terá o formato de uma letra V invertida, com duas “patinhas” que servem de apoio.

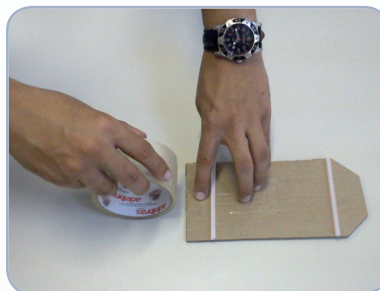
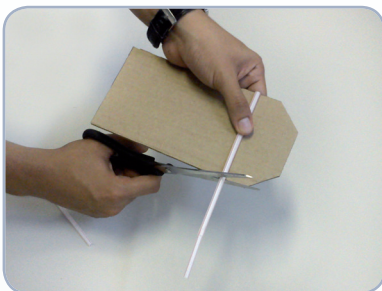


4. Recorte um retângulo de papelão com 10 cm de largura e 20 cm de comprimento para ser a base do carrinho (você pode recortar as pontas da parte frontal do carrinho para deixá-lo mais parecido com um carro de corrida).

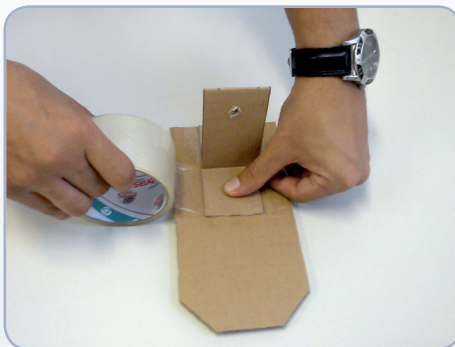




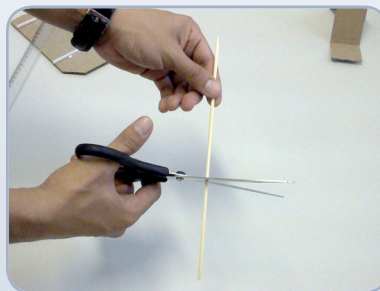
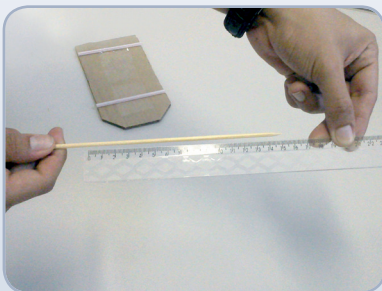
5. Na base do carrinho, cole dois canudos, com 10 cm de comprimento, próximos às extremidades da base. Por esses canudos passarão os eixos do carrinho.



6. Cole o pedaço de papelão em formato de uma letra V invertida na parte superior da base, próximo à traseira do carrinho, como mostrado na figura abaixo.

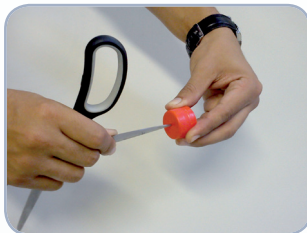
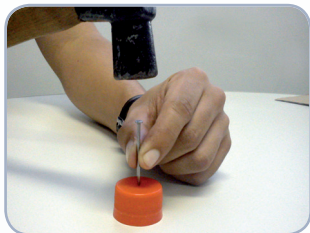


7. Recorte os dois palitos de churrasco para fazer os eixos do carrinho, ambos com 15 cm de comprimento.

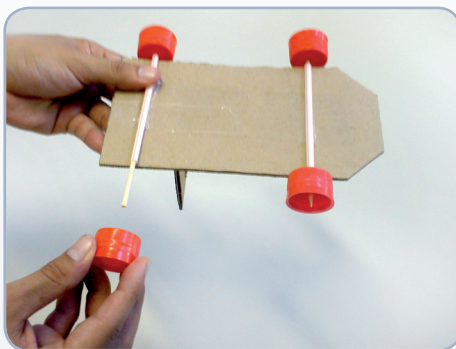




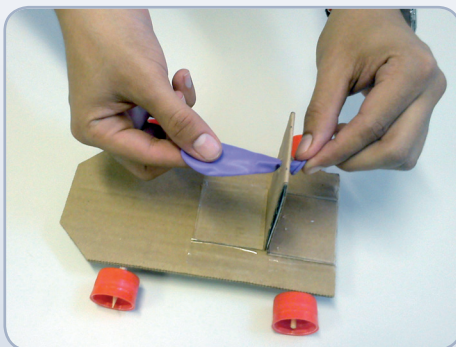
8. Fure o centro das tampas de refrigerante com o prego e vá aumentando o diâmetro do furo lentamente, de forma que o palito de churrasco (eixo) fique bem ajustado ao furo.



9. Coloque os palitos dentro dos canudos, formando os eixos do carrinho e encaixe as tampinhas (rodas).



10. Encaixe o balão no furo feito anteriormente no V invertido, como mostrado na figura abaixo.





11. Encha o balão de ar, posicione o Carrinho Foguete na pista e solte.



DESDOBRAMENTOS COMPLEMENTARES

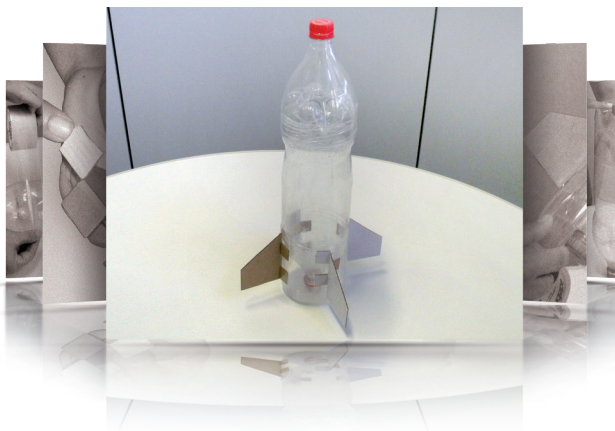
- Por que ao soltar o balão o carrinho se movimenta no sentido contrário ao ar expelido?
- Por que construir e lançar o carrinho foguete?
- Por que devo soltá-lo numa superfície lisa e plana?
- Por que utilizar papelão na construção do carrinho e não outro material mais rígido?

Esta atividade aprofunda o ensino de tecnologia e oferece aos alunos a oportunidade de modificarem seus projetos de carrinhos para melhorar o desempenho.





FOGUETE DE GARRAFA PET



OBJETIVOS

- Construir um foguete com material reciclável (garrafa PET);
- Lançar este foguete seguindo os mesmos procedimentos de um lançamento real.

INTRODUÇÃO TEÓRICA

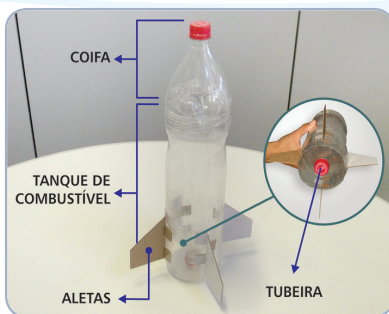
Inicialmente, os foguetes foram usados com objetivos bélicos, mas não demorou muito para que o homem visse neles a possibilidade de alcançar o espaço e, conseqüentemente, outros corpos celestes.

A propulsão de foguetes se dá pelo aumento da pressão interna do recipiente onde fica o combustível. O foguete de garrafa PET proporciona uma atividade simples e atrativa para os alunos, baseado em alguns conceitos físicos a serem apresentados durante a oficina.

PARTES DE UM FOGUETE DE GARRAFA PET

- Coifa
- Tanque de combustível
- Aletas (ou empenas)
- Tubeira





MATERIAIS

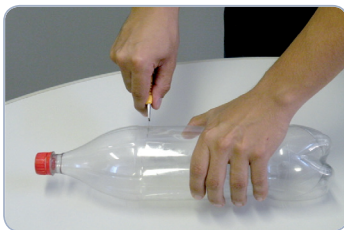
- Fita adesiva
- 1 tesoura
- 2 garrafas PET de 2 litros (com as tampas)
- Papelão (para fazer as aletas)
- Molde das aletas impresso (página 11, item 5)
- Estilete
- Régua



Obs.: Não utilize materiais que danifiquem a garrafa, como cola quente, por exemplo.

CONSTRUINDO O FOGUETE

1. Corte a parte de cima (a parte cônica) de uma das garrafas. Com ela faremos a coifa do foguete.





2. Em seguida, fixe essa parte cônica ao fundo da outra garrafa PET (esta garrafa não será cortada e será utilizada como tanque de combustível), deixe-a o mais reto possível e passe fita adesiva para fixar uma na outra. É importante garantir que esta junção esteja totalmente vedada, pois aí será colocada água como lastro para aumentar a estabilidade do foguete.

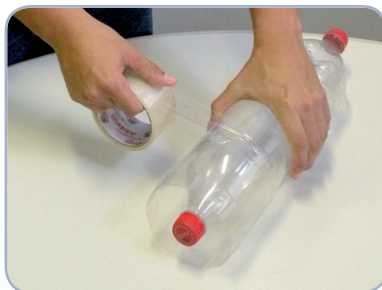


3. Utilizando a parte que restou da garrafa, recorte um pedaço de 10 cm para formar a "saia" do foguete. É nesta saia que as aletas serão fixadas, para que fiquem mais próximas da base do foguete.

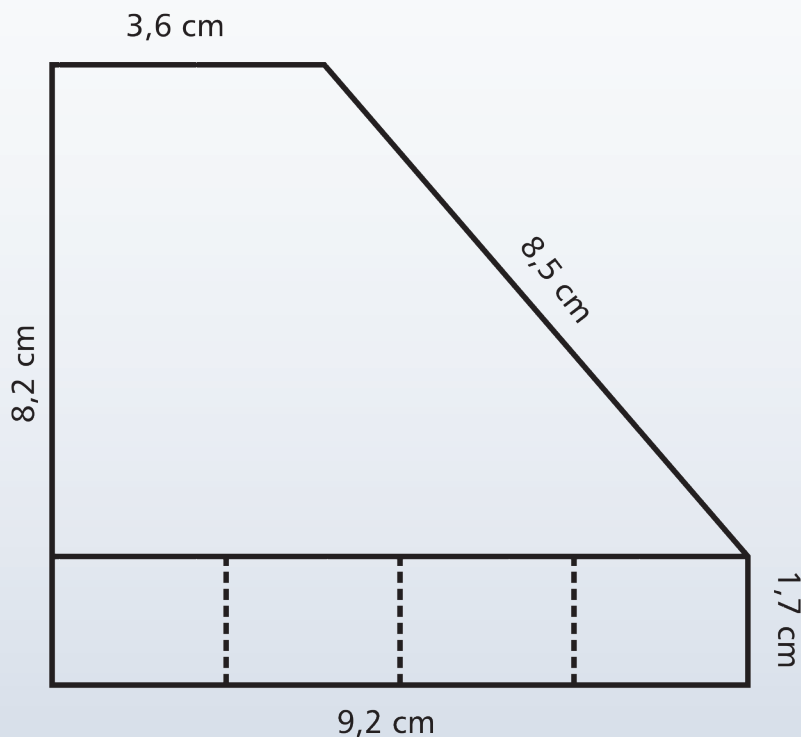


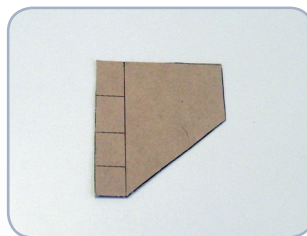
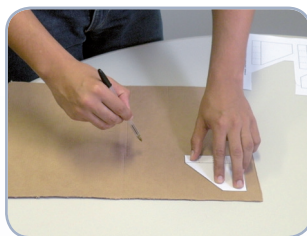
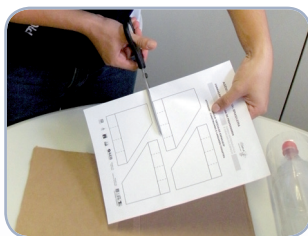


4. Encaixe esta saia no fundo do foguete de maneira que a tampa fique de fora.

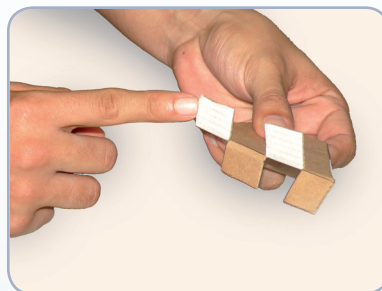
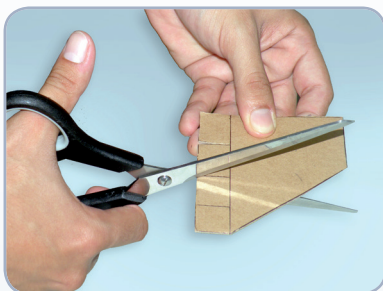


5. O próximo passo é a construção das aletas do foguete. Construa 4 aletas de acordo com a dimensão da imagem a seguir ou imprima e utilize-a como molde. As aletas são fundamentais para a estabilidade do foguete durante o voo.

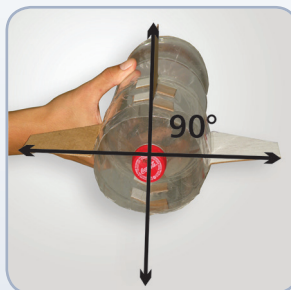




6. Recorte a parte de baixo (nas linhas tracejadas do molde) formando 4 retângulos e dobre um retângulo para cada lado.

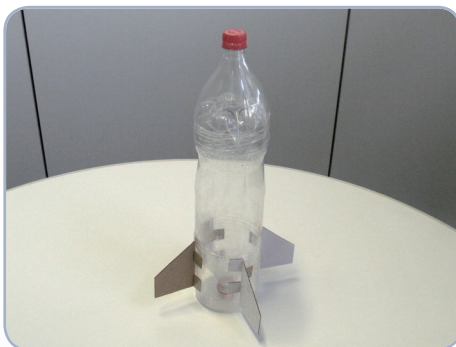


7. Em seguida, fixe as 4 aletas na "saia" do foguete de acordo com a imagem abaixo, fazendo ângulos de 90°.





Foguete pronto para ser lançado.



DESDOBRAMENTOS COMPLEMENTARES

- Qual a finalidade das empenas e da coifa?
- O que é e qual a finalidade de se verificar os centro de pressão e centro de gravidade do foguete?





PLATAFORMA DE LANÇAMENTO



OBJETIVOS

- Construir a plataforma utilizada no lançamento do foguete de garrafa PET seguindo os devidos procedimentos de segurança.
- Desenvolver habilidades no manuseio de ferramentas e materiais recicláveis na criação de atividades didáticas.
- Conhecer alguns aspectos de segurança de plataformas de lançamento.

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Para o lançamento do foguete de garrafa PET é necessária uma base, para que possamos pressionar o ar dentro da garrafa e apoiá-la no chão de maneira segura. A plataforma de lançamento possui essa missão, além de garantir a segurança em certo perímetro, ela também ajuda a estabilizar o lançamento do foguete, permitindo um melhor desempenho no voo da garrafa.

MATERIAIS

- 1 tubo tipo PVC 6,3 branco roscável, bitola 1/2", 750 KPa (20°C), com 40 cm





- 6 tubos tipo PVC 6,3 branco roscável, bitola $\frac{3}{4}$ ", 750 KPa (20°C), com 25 cm cada
- 1 luva de esgoto secundária de 40 mm branca
- 1 abraçadeira metálica rosca sem fim (19-25mm)
- 15 abraçadeiras de nylon 280 x 3,5 mm (tire up)
- 4 conexões "T", tipo PVC branco, de $\frac{3}{4}$ polegada, com rosca
- 3 buchas de redução tipo PVC branco, $\frac{3}{4}$ para $\frac{1}{2}$, com rosca
- 1 válvula com registro esfera borboleta, $\frac{1}{2}$ polegada
- 1 plugue , tipo PVC branco roscável de $\frac{3}{4}$ (também conhecido como *niple*)
- 2 válvulas para câmara de ar de pneus de bicicletas (com porcas)
- 1 bico para encher pneus com presilha, para mangueira de $\frac{1}{2}$ "
- 1 bomba de encher pneu de bicicleta com manômetro
- 5 m de mangueira trançada de $\frac{1}{2}$ ", parede dupla, 100 a 250 psi
- 2 abraçadeiras metálicas rosca sem fim (9-13mm)
- 5 m de barbante
- 2 parafusos galvanizados para fixação de telhas moduladas - 8X1
- 2 tiras de câmara de ar de bicicleta, com 15 x 2 cm
- 1 tubo pequeno de cola epóxi
- 1 O´ring (anel de obstrução em borracha)
- 1 rolo pequeno de fita isolante
- 1 rolo pequeno de fita veda rosca



SUGESTÕES DE FERRAMENTAS

- Rosqueadeiras (tarraxas) para tubos PVC $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$, respectivamente





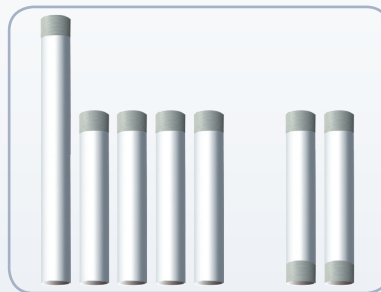
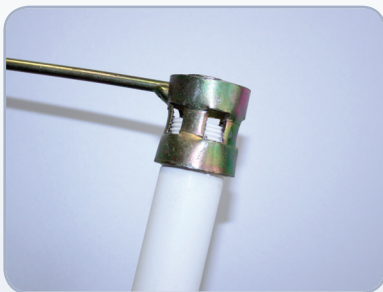
- Furadeira elétrica e brocas
- Chave de fenda
- Alicate normal
- Régua de 50 cm ou mais
- Lima chata para afiar
- Serra para tubos PVC com arco



CONSTRUINDO A PLATAFORMA

1. Utilize uma rosqueadeira (tarraxa) para fazer as roscas nos tubos da seguinte forma:

- Em 4 dos tubos de 25 cm e no tubo de 40 cm faça rosca em apenas uma das extremidades;
- Nos 2 tubos de 25 cm restantes faça roscas em ambas as extremidades.

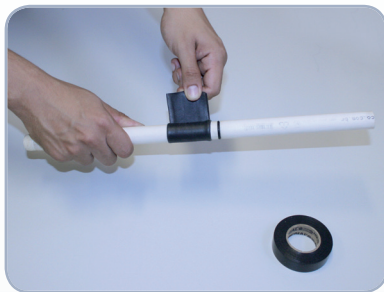


2. No tubo PVC de 40 cm, utilizando a lima, faça uma canaleta de 1 mm de profundidade, a 18 cm da extremidade sem rosca, para encaixe do O'ring (anel de borracha).

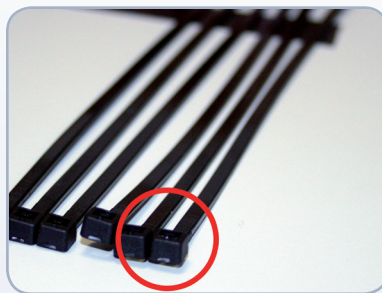
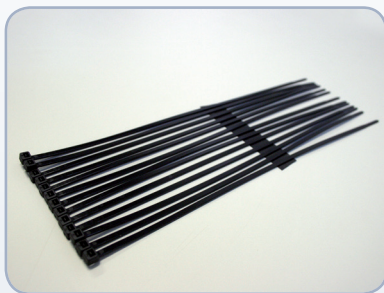




3. Ainda no tubo de 40 cm, enrole uma das tiras de borracha (câmara de ar), a cerca de 1 cm abaixo do O'ring, na parte rosqueada do tubo. Fixe a borracha com bastante fita isolante, até que o diâmetro atinja aproximadamente 30 mm.



4. Em uma superfície plana, coloque um pedaço de fita isolante com a face colante voltada para cima. Sobre a fita disponha as abraçadeiras de nylon, lado a lado, de forma que a ponta maior esteja com a abertura de encaixe voltada para cima, como mostra a figura.

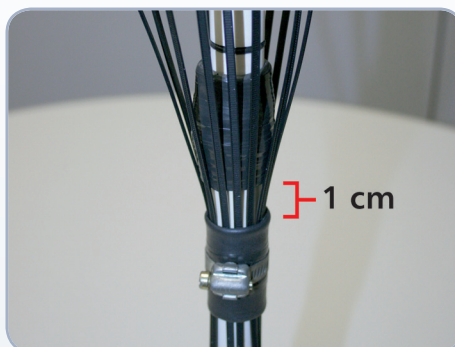


5. Enrole o conjunto de abraçadeiras no tubo de 40 cm, logo abaixo da parte revestida de borracha e fita isolante (passo 3). Fixe o conjunto de abraçadeiras com uma tira de borracha, fita isolante e a abraçadeira de aço apropriada.





6. Este conjunto de abraçadeiras deve permanecer móvel para se adequar a diferentes tipos de garrafas PET. Dica: É importante que a fixação (abraçadeira de aço) fique a aproximadamente 1 cm da enrolação com 30 mm de diâmetro criada no passo 3.

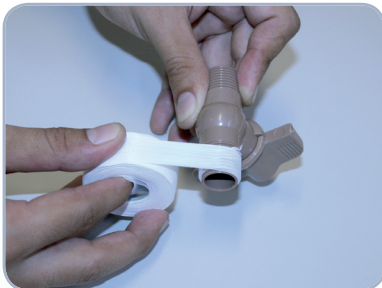


7. Fure o plugue roscável para encaixar o bico de pneu. Fixe o bico de pneu ao plugue, utilizando as porcas que acompanham o bico e adicione a cola epóxi para impedir a passagem de ar. Para uma vedação eficiente coloque cola por dentro e por fora do plugue.





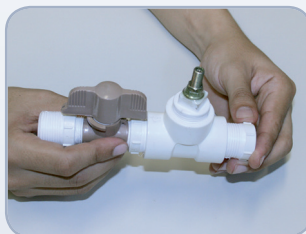
8. Com a fita veda rosca, faça a vedação das roscas nas extremidades da válvula, nas 3 buchas de redução e no plug.



9. Rosqueie uma bucha em cada extremidade da válvula.

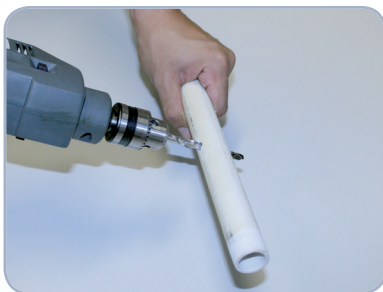


10. Em um dos T's insira o plugue, a válvula e a última bucha de redução.



11. Nos 2 tubos com roscas nas duas extremidades, faça um furo, na metade de seus comprimentos, que atravesse-os; Em seguida, rosqueie um destes tubos em um dos T's, observando o posicionamento do furo transversal em relação ao T, como mostrado na figura.

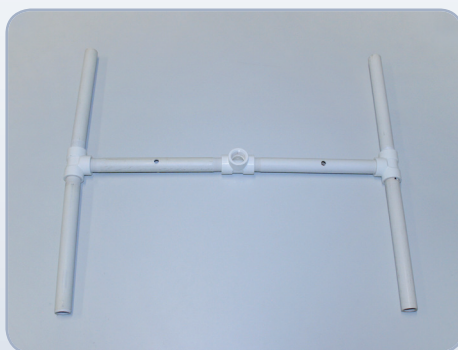




12. Nas extremidades restantes deste T, inclua 2 dos tubos que contêm rosca em apenas uma das extremidades.

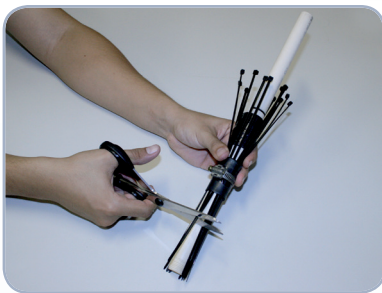


13. Repita os passos 11 e 12 para os tubos restantes e junte os dois conjuntos formando o desenho da letra "H", como na figura.

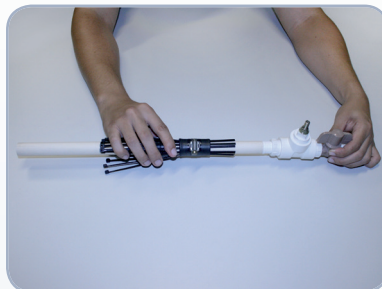
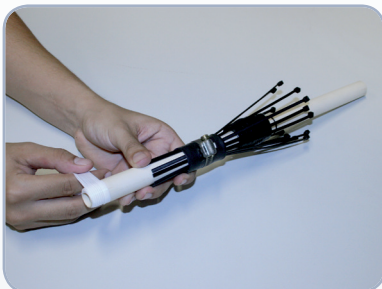


14. Faça o acabamento do conjunto de abraçadeiras de nylon recortando os excessos.

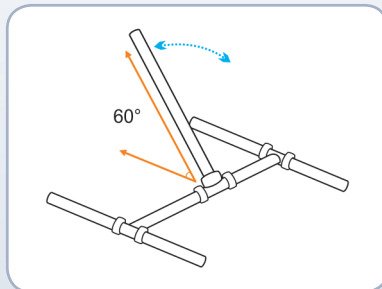
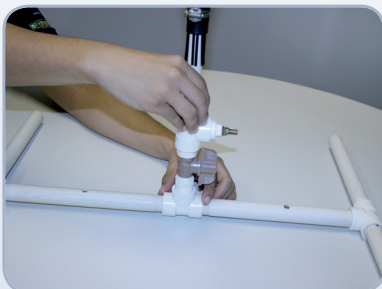




15. Faça a vedação da rosca do conjunto que contém as abraçadeiras e rosqueie ao conjunto que contém a válvula, conforme mostra a figura.

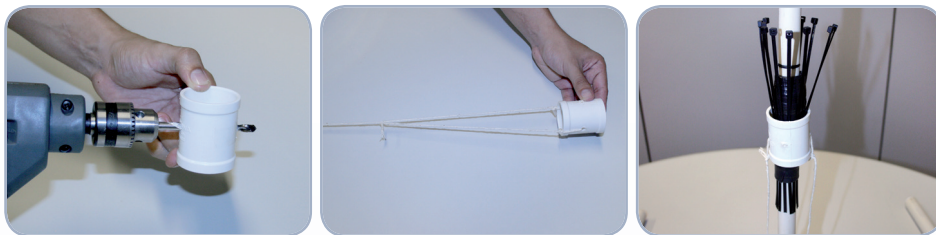


16. Agora encaixe o conjunto formado no passo anterior à base em "H". O "T" que une os dois conjuntos ficará móvel para que o ângulo de lançamento possa ser ajustado, como mostrado na segunda figura abaixo;



17. Faça um furo na luva de 40 mm, na metade do seu comprimento, atravessando-a. Prenda um barbante no furo da luva e posicione a mesma em seu local, conforme mostrado na figura.





18. Com o foguete posicionado na plataforma, ajuste as abraçadeiras de nylon um pouco acima da “boca” da garrafa PET, prendendo-a, como mostrado na figura.

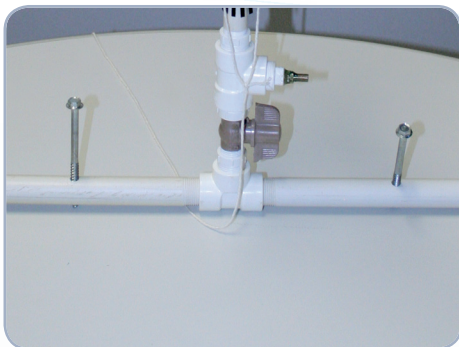


19. Utilizando as abraçadeiras metálicas (9-13mm), encaixe uma válvula para câmara de ar em um lado da mangueira trançada e o bico com presilha no outro lado. O bico com presilha irá se encaixar na válvula (bico) da plataforma.

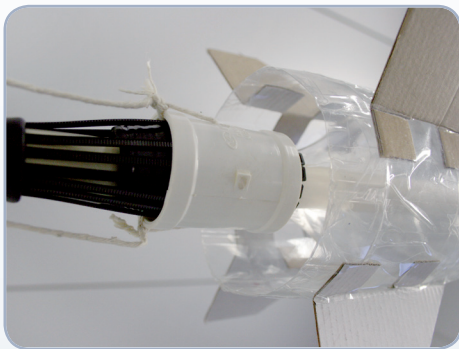


20. Os parafusos galvanizados serão utilizados nos furos da base em “H” para fixá-la ao solo no momento do lançamento.





21. No momento de pressurizar o foguete, o mesmo será preso pelas abraçadeiras de plástico e a luva.



DESDOBRAMENTOS COMPLEMENTARES

- Qual a importância do registro na plataforma?
- Por que a plataforma deve ficar bem presa ao chão?
- O que acontece se a plataforma for ajustada a 45° para o lançamento?
- Por que manter uma distância de 10 metros da plataforma durante a pressurização e o lançamento?
- Qual a finalidade da contagem regressiva?





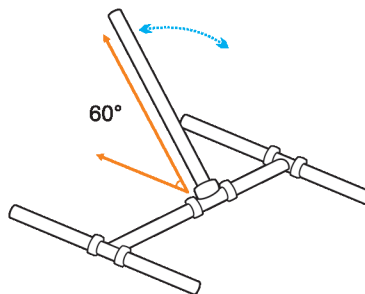
LANÇANDO FOGUETES DE GARRAFA PET



PRECAUÇÕES

Antes de lançar o foguete de garrafa PET, leia o **Código de Segurança**, no final deste livreto. Você também deve tomar os seguintes cuidados durante o lançamento:

- Não faça o lançamento quando estiver chovendo, ventando muito forte ou com alguma condição atmosférica desfavorável;
- Nunca faça o lançamento direcionando o foguete para o chão ou verticalmente (90°). Os lançamentos devem ser feitos com ângulos maiores que 30° e menores que 80° , como será ilustrado abaixo. Recomendamos o ângulo de 60° , aproximadamente;





- Não deixe que pessoas se aproximem da plataforma de lançamento. Somente as pessoas capacitadas devem manusear a plataforma e participar da execução do lançamento;
- Nunca faça o lançamento em áreas urbanas, nas proximidades de fios elétricos, árvores, casas ou qualquer lugar que possa deixar pessoas em risco;
- Durante o resgate do foguete, espere ele cair no solo primeiro e só então comece a se deslocar para o ponto de resgate.

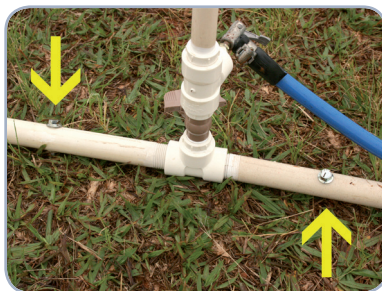
PREPARAÇÃO

Para que o foguete seja lançado, deve-se verificar se todo o material para o lançamento se encontra em mãos, são eles:

- Plataforma de lançamento
- Foguete de garrafa PET
- Bomba de ar comprimido com manômetro
- Mangueira (para a bomba de ar)
- Água
- Fita zebra

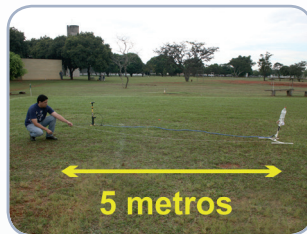
Depois de conferir o material necessário, prepare a plataforma para o lançamento:

1. Fixe a plataforma ao solo, utilizando os parafusos galvanizados e, em seguida encaixe a mangueira que liga a plataforma à bomba de ar.





2. Encaixe a luva de 40mm (gatilho de lançamento) e passe o barbante por baixo da plataforma, como mostrado na figura abaixo, para facilitar seu manuseio. A pessoa que irá puxar o barbante e acionar o lançamento, deve ficar a uma distância segura, por isso o barbante precisa ter no mínimo 5 metros;



3. Utilize a fita zebra para interditar o perímetro em torno da plataforma, garantindo a segurança daqueles que irão assistir ao lançamento.



Atenção! Sempre que houver pessoas assistindo ao lançamento, todos devem ficar atrás da plataforma (na direção contrária à direção de lançamento), a uma distância de aproximadamente 10 metros, e ali permanecerem até que termine todo o procedimento de lançamento e o foguete lançado já tenha atingido o solo (ponto de resgate).

PRESSURIZAÇÃO E PROCEDIMENTO DE CANCELAMENTO

Antes do lançamento oficial, você deve fazer o teste de pressurização, descrito abaixo, para verificar as vedações tanto da plataforma, quanto





do foguete PET. Logo em seguida, ainda com o foguete pressurizado, você também simulará o procedimento de cancelamento, que deve ser executado sempre que ocorrer algum problema durante o lançamento.

Pressurização:

1. Preencha a coifa do foguete PET com água, aproximadamente 50 ml, e tampe. Em seguida, preencha o tanque do foguete com água, entre 1/3 e metade da sua capacidade. A água dentro da coifa tem como finalidade aumentar o peso na ponta do foguete, melhorando sua estabilidade no voo;



2. Encaixe o foguete na plataforma de lançamento. Você pode modificar o ângulo de lançamento da plataforma para facilitar a colocação do foguete e, em seguida, voltar ao ângulo de lançamento (60°). Faça esse procedimento rapidamente para não derramar uma grande quantidade de água;

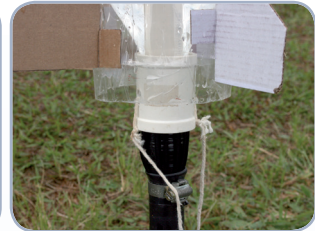
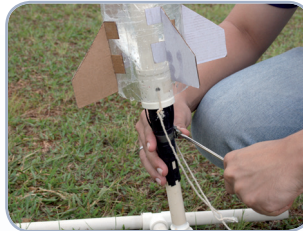


3. Certifique-se que o nível de água, no interior da garrafa, esteja a aproximadamente 1 ou 2 centímetros abaixo da boca do tubo de pressurização, como mostrado na figura a seguir. Faça os últimos





ajustes nas abraçadeiras para se encaixar ao bocal da garrafa e encaixe a luva que segura as abraçadeiras (gatilho);



4. Certifique-se que a válvula com registro esteja fechada. Posicione a bomba em uma distância segura (aproximadamente 5 metros) e comece a bombear ar, observando se há algum vazamento. Se detectar algum vazamento tanto na plataforma quanto no foguete PET, cancele o lançamento e execute os reparos necessários. Caso não identifique nenhum vazamento aparente, continue bombeando até o manômetro indicar a pressão de 60 psi.



Procedimento de Cancelamento:

Suponha que durante um lançamento normal, após ter pressurizado o foguete e puxado o barbante (gatilho), o foguete não saia da plataforma. Neste momento você deverá iniciar o procedimento de cancelamento do lançamento:

1. Aguarde 1 minuto e aproxime-se cuidadosamente da plataforma de lançamento, por trás, e abra a válvula com registro para que o ar dentro do foguete escape, como mostrado na figura a seguir;





2. O escape do ar emite um som característico, quando não ouvir mais som algum, o problema que impediu o lançamento poderá ser verificado e o foguete retirado da plataforma com segurança;
3. Após identificar e resolver o problema, feche novamente a válvula de ar e siga os procedimentos de lançamento a seguir.

LANÇAMENTO

1. Repita os 4 passos para pressurização do foguete e, em seguida, certifique-se que o perímetro em torno do foguete esteja vazio e que a área onde o foguete cairá esteja devidamente isolada e monitorada;
2. Inicie uma contagem regressiva para o lançamento. Quando a contagem chegar em 0 (zero), puxe o barbante e o foguete será lançado.





Obs.: A contagem regressiva é um item de segurança importantíssimo para o lançamento, pois, além de chamar a atenção para o lançamento em si, serve como aviso tanto para a equipe de lançamento, quanto para a plateia presente, deixando todos atentos e preparados no caso de ocorrer algum problema.

Os lançamentos sempre devem ser supervisionados pelo professor responsável pela equipe.

DESDOBRAMENTOS COMPLEMENTARES

- Por que é importante seguir uma cronologia de lançamento?
- Por que os foguetes não devem ser lançados com ângulo inicial de 90° ?
- Por que devo verificar a direção do vento antes do lançamento?





CÓDIGO DE SEGURANÇA

1. OBJETIVO

Em que pese ser uma atividade divertida, é imperativo que todos aqueles envolvidos em uma operação de lançamento de minifoguetes estejam cientes dos riscos envolvidos e estejam preparados para conduzir a operação de lançamento dentro de critérios de segurança. Vale lembrar que o Código de Segurança ora proposto visa não somente à proteção dos participantes da atividade, mas, também, das pessoas que, mesmo não participando da atividade, possam sofrer suas consequências. Portanto, é fundamental que as regras a seguir apresentadas sejam lidas, entendidas e seguidas, à risca, por TODOS aqueles envolvidos em uma operação de lançamento.

2. FOGUETE À ÁGUA

É definido como sendo qualquer foguete no qual a força de empuxo é gerada a partir de um gás (ar comprimido) a baixa temperatura atuando sobre um líquido inerte (água). Para efeito deste Código de Segurança, admite-se que os foguetes serão construídos com garrafas PET de 2 litros.

3. MATERIAIS

Meu foguete será construído com materiais leves, tais como: papel, plástico e fita adesiva. Eu não usarei material metálico em qualquer parte do foguete.

4. CÂMARA DE PRESSÃO

Somente utilizarei para esse fim garrafas de refrigerante gaseificado tipo PET, novas, que não apresentem danos de qualquer natureza. Descartarei e inutilizarei uma garrafa após a mesma ter sido pressurizada 15 vezes. A pressão a ser utilizada será de, no máximo, 75 libras por polegada quadrada (75 psi), equivalente a cinco vezes a pressão atmosférica, aproximadamente. Eu não utilizarei cola quente para fixar as empenas ou qualquer outra parte do foguete na garrafa que compõe a câmara de pressão. Para esse fim somente utilizarei fita





adesiva de qualidade comprovada. Durante a construção, testes ou lançamento eu não manusearei ou me aproximarei de um foguete cuja câmara esteja pressurizada.

5. SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO

Eu utilizarei um sistema de pressurização manual (tipo bomba de encher pneu de bicicleta), contendo um indicador de pressão (manômetro), lembrando que, em nenhuma hipótese, a pressão poderá ultrapassar 75 psi (seis vezes a pressão atmosférica, aproximadamente). Meu sistema permitirá que o foguete seja pressurizado, despressurizado (se necessário) e lançado de uma distância segura.

6. SEGURANÇA NO LANÇAMENTO

Eu utilizarei uma contagem regressiva antes do lançamento e garantirei que os expectadores permaneçam a uma distância superior a 10 metros, da plataforma de lançamento. Qualquer observador dentro de uma área de 5 metros de distância deverá portar proteção ocular (óculos de segurança) enquanto o foguete estiver pressurizado. Eu assegurarei que as pessoas na área de lançamento estejam sempre cientes da iminência do lançamento do foguete e possam ver o foguete antes que eu comece a contagem regressiva de dez segundos. Eu cuidarei de jamais apontar o foguete em uma direção onde possa provocar danos. Se o meu foguete sofrer alguma falha de lançamento, eu não permitirei que alguém se aproxime do lançador até que o mesmo tenha sido despressurizado. Eu esperarei um minuto depois da falha de lançamento antes de permitir que alguém se aproxime do lançador.

7. PESO

Meu foguete, quando vazio (seco), pesará, no máximo, 500 gramas.

8. ESTABILIDADE

Eu verificarei a estabilidade do meu foguete antes do seu primeiro voo, exceto quando lançar um foguete de estabilidade já comprovada.





9. CARGA ÚTIL

Meu foguete nunca transportará animais e nem carga útil que seja intencionada para ser inflamável, explosiva, ou prejudicial à saúde ou ao meio ambiente.

10. LOCAL DE LANÇAMENTO

Eu lançarei o meu foguete em área limpa e externa livre de árvores altas, fios elétricos, prédios e vegetação. Para o foguete feito com garrafas PET de 2 litros, o local de lançamento deverá ter, pelo menos, 100 metros de extensão por 30 metros de largura.

11. BASE DE LANÇAMENTO

Eu lançarei o meu foguete a partir de uma base estável de lançamento, que guie o meu foguete rigidamente até ele atingir uma velocidade adequada para garantir um voo seguro. Eu nunca ajustarei o dispositivo de lançamento na posição vertical.

12. CONDIÇÕES DE LANÇAMENTO

Os lançamentos devem ser supervisionados pelo professor responsável pela equipe.

13. TESTES DE PRÉ-LANÇAMENTO

Ao conduzir atividades de pesquisa (testes) com foguete de projeto ou procedimentos ainda não comprovados, eu irei, quando possível, determinar a confiabilidade e segurança do foguete através de testes de pré-lançamento. Eu conduzirei os testes de pré-lançamento deste foguete somente com a presença de pessoas que estejam participando do lançamento. Para minimizar os riscos, os testes de lançamento deverão ser realizados somente com ar comprimido, ou seja, sem água e com uma baixa pressão, 30 psi por exemplo.





14. ÂNGULO DE LANÇAMENTO

Minha plataforma de lançamento será ajustada com, no mínimo, 60 graus de elevação e, no máximo, 80 graus de elevação. Eu nunca usarei motores de foguete para impulsionar qualquer dispositivo horizontalmente.

15. RISCOS DE RECUPERAÇÃO

Se um foguete ficar preso a um fio elétrico ou em outro local perigoso, eu não tentarei soltá-lo e procurarei o socorro adequado junto às autoridades públicas (Corpo de Bombeiros e Polícia local). Declaro estar ciente e de acordo com todas as regras de conduta de segurança estabelecidas neste documento, comprometendo-me a cumprir rigorosamente todas elas e assumindo inteira responsabilidade pelas consequências do seu uso.





SAIBA MAIS SOBRE CAMPANHAS DE LANÇAMENTO

Uma campanha de lançamento não faz sentido sem uma missão. Esta missão pode variar entre treinar as equipes técnicas envolvidas nas atividades, realizar experimentos atmosféricos, colocar satélites em órbita ou enviar uma sonda interplanetária. Os institutos enviam solicitação de apoio ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, que é responsável por aprovar a solicitação e repassá-la ao centro de lançamento, Centro de Lançamento de Alcântara - CLA e/ou Centro de Lançamento da Barreira do Inferno - CLBI. Há lançamentos em que são utilizados os dois centros de lançamento, um deles com radar à distância para aprimorar as medições de rastreamento.

O centro de lançamento elabora um documento bastante completo sobre todos os requisitos da missão. Este documento é chamado de Plano de Operações (POP) e contém informações sobre o veículo que será lançado, a carga útil, o rastreamento, a recuperação, os riscos, as equipes e os custos dos diversos institutos que participam da missão, a logística de transporte, alimentação, acomodações que estão sobre responsabilidade de cada setor do apoio local.

O próximo passo é o envio do POP como confirmação do apoio local de que tem condições técnicas e operacionais de atender às necessidades do lançamento. A partir deste ponto segue-se a programação de execução de cada uma das tarefas pelas áreas responsáveis.

Em geral, as áreas envolvidas com as atividades operacionais do lançamento são:

- COL / LOC – Coordenador de lançamento
- REM – Estação remota de telemetria
- MED – Medidas
- SVO (MET) – Segurança de voo (meteorologia)
- CAV (BCO, VEI) – Controle avançado (casamata e veículo)
- CHMIS – Chefe de missão





- LOG – Coordenador de logística
- SSP – Segurança de superfície

Cada uma destas equipes trabalha em um local diferente durante a campanha e a operação.

Os locais mais importantes, do ponto de vista didático, são os prédios de preparação do propelente, da carga útil, a casamata e o centro de controle porque são onde ocorrem a maioria das tarefas que um leigo espera de um lançamento.



Vista aérea do CLA com a identificação das principais construções

O Prédio de Preparação do Propelente (PPP) - é um grande galpão laboratório onde o foguete é montado, integrado e examinado. No caso dos foguetes brasileiros da família Sonda, é do prédio de preparação do propelente que saem os estágios do foguete. Por se tratar de uma área de elevado risco de acidentes, só entram pessoas que de fato precisem trabalhar naquele prédio. Para assegurar isto, existe um documento de designação de missão com as informações da pessoa, de seu vínculo, de sua missão e de quais prédios ela terá acesso. Pode acontecer de pessoas terem acesso a um prédio, mas não a determinado laboratório ou sala.





Foguete de Treinamento Básico em berço de transporte no CLA

O **Prédio de Preparação da Carga Útil (PPCU)** – é outro grande laboratório, mas lá trabalham os cientistas e experimentadores das missões. Apesar de ser um setor com menos risco envolvido, ainda assim seu acesso é restrito às pessoas diretamente envolvidas por questões de segurança. Lembre-se que os experimentos científicos são sensíveis e, em alguns casos, pode-se desejar manter o desenvolvimento de uma inovação tecnológica ou componente em sigilo – ou pelo menos sem demonstrar os seus mecanismos de funcionamento.



Carga útil da missão Maracati II no PPCU do CLA





A **Casamata** – é o abrigo mais próximo da plataforma de lançamento. Por estar tão próximo, é o local permitido com maior risco para os participantes e por esta razão tem suas estruturas hiper reforçadas. A Casamata não possui janelas e suas portas são resistentes a incêndios, somente pessoas diretamente relacionadas aos experimentos ou ao veículo trabalham ou se refugiam lá durante o lançamento.



Casamata do CLA

A **Plataforma de Lançamento** – é a estrutura na qual o veículo é instalado. Ela serve de suporte para que foguetes compridos não sofram esforços enquanto estão na horizontal aguardando o lançamento e também de trilho para direcionar o início do voo do foguete. Cada veículo possui sua própria necessidade em relação à plataforma de lançamento. Por exemplo, a família Sonda é lançada de uma plataforma universal de lançamentos, mas o VLS necessita da Torre Móvel de Integração (TMI).





A plataforma de lançamento com um foguete FTB sendo integrado

O **Centro de Controle** – é onde está a maioria dos responsáveis por cada área operacional envolvida no lançamento. Lá estão as luzes verdes e vermelhas indicadas por cada setor e os botões de controle do veículo. Caso aconteça algum imprevisto em algum dos setores, cabe ao responsável acender a luz vermelha e comunicar o ocorrido ao Coordenador de Lançamento - COL. O COL tem o poder de continuar a cronologia caso conclua que o acontecido não tem impacto na operação e, principalmente, na segurança do lançamento.



Centro de Controle do CLA





CRONOLOGIA DE LANÇAMENTO

A cronologia do lançamento nada mais é do que uma lista de tarefas que deve ser executada em ordem cronológica, com a identificação do horário inicial e final da realização daquela tarefa e dos setores responsáveis pela execução.

As pessoas são bastante acostumadas a ouvir os dez segundos finais das contagens regressivas dos lançamentos. Na verdade, esta cronologia começou a ser executada horas antes do instante do lançamento, denominado H0. Costuma-se dividir a cronologia nos tempos H-, H0, H+. O conjunto H-03:48:55 informa que o lançamento ainda não ocorreu e que restam 3 horas, quarenta e oito minutos e cinquenta e cinco segundos para o lançamento. Da mesma forma, caso em vez de H- tenhamos H+, quer dizer que o lançamento já ocorreu e que já se passou aquele tempo do H0.

A cronologia final é elaborada em uma reunião envolvendo todas as áreas operacionais responsáveis pelo lançamento. É neste momento que os detalhes são acertados, como o tempo necessário para que um determinado equipamento da carga útil seja ligado, após a fonte de energia externa ser trocada para a fonte de energia elétrica interna (bateria) do veículo. Nesta etapa, cada tarefa tem sua duração estimada pelo responsável e é desta forma que se estipula quando devem ocorrer as tarefas para que o H0 coincida com o horário desejado.

A cronologia pode apresentar itens complexos como o período necessário para que uma aeronave decole e faça uma vistoria na área prevista para o impacto da carga útil e, caso não seja realizado o lançamento, para que essa aeronave retorne à base, se reabasteça e refaça a vistoria.

Após esta reunião, é realizada uma simulação de todos os itens da cronologia, onde são cronometradas as durações das tarefas para que se tenha total controle quando for realizada a cronologia real do lançamento.





Para os lançamentos dos foguetes de garrafa PET foi realizada uma simplificação da cronologia utilizada pelo CLA para o lançamento da missão Maracati II. A atividade proposta para esta sessão é formar uma equipe para sua campanha de lançamento, elaborar um Plano de Operações - POP com todas as informações da campanha, realizar uma reunião de briefing, estimar os tempos necessários para cada tarefa, realizar a cronologia simulada do lançamento e, por fim, realizar a cronologia real do lançamento. A Cronologia simplificada é apresentada a seguir:

CRONOLOGIA DE LANÇAMENTO DE FOGUETES DE GARRAFAS PET				
PROGRAMA AEB ESCOLA - Versão 1				
Nº	✓	DURAÇÃO		Ações e Eventos
		hh:mm:ss	hh:mm:ss	
1				TESTE DA REDE DE GERENCIAMENTO (TELEFONIA, PAINEL DE DISPARO)
2				CONFIRMAR BAIXA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVA E AUSÊNCIA DE DESCARGAS ELÉTRICAS
3				VERIFICAR TODAS AS VÁLVULAS DA PLATAFORMA DE LANÇAMENTO
4				VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DO VEÍCULO (EMPENAS)
5				INSTALAR CARGA ÚTIL
6				LIBERAR SILÊNCIO NA ÁREA DA PLATAFORMA
7				ARMAR SISTEMA DE RECUPERAÇÃO
8				ABASTECER VEÍCULO (ÁGUA)
9				PLATAFORMA EVACUADA E OPERADORES DEVIDAMENTE PROTEGIDOS
1º Ponto de Reinício				
10				CONFIRMAR POSSIBILIDADE DE LANÇAMENTO
11				ARMAR TRAVAS DE SEGURANÇA E GATILHO
12				INÍCIO DO ESCLARECIMENTO DA ÁREA DE IMPACTO DA CARGA ÚTIL
13				INICIO DA SONDAGEM DE GRANDE ALTITUDE - SGA - 20KM
14				POSICIONAMENTO DA EQUIPE DE RESGATE
15				TESTAR VEDAÇÃO DO CONJUNTO BOMBA - PLATAFORMA - VEÍCULO





CRONOLOGIA DE LANÇAMENTO DE FOGUETES DE GARRAFAS PET

PROGRAMA AEB ESCOLA - Versão 1

Nº	✓	DURAÇÃO		Ações e Eventos
		hh:mm:ss	hh:mm:ss	
16				PLATAFORMA EVACUADA E OPERADORES NA CASAMATA
17				CONTAGEM (ANUNCIAR O TEMPO RESTANTE PARA O H0)
2º Ponto de Reinício				
18				CONFIRMAR TRAJETÓRIA DE VOO PREVISTA
19				POSICIONAMENTO DO LANÇADOR APÓS SGA
20				PLATAFORMA EVACUADA E OPERADORES NA CASAMATA
21				CONFIRMAR POSIÇÃO DA EQUIPE DE RASTREIO
22				INICIO DO TESTE VERTICAL DE CARGA ÚTIL / VEÍCULO
23				CONTAGEM (ANUNCIAR O TEMPO RESTANTE PARA O H0)
24				FIM DE TESTE VERTICAL DA CARGA ÚTIL / VEÍCULO
25				CHAVES DE SEGURANÇA COM O CONTROLE AVANÇADO - CAV
26				CONFIRMAR POSSIBILIDADE DE LANÇAMENTO
27				AJUSTAR TODAS AS CÂMERAS PRÓXIMAS DO LANÇADOR
28				INICIO DA SONDAGEM DE BAIXA ALTITUDE - SBA
29				INICIAR DESLOCAMENTO DE EQUIPE DE ESCLARECIMENTO PARA O LIMITE DA ÁREA DE SEGURANÇA
30				ACIONAMENTO DO APITO DE ADVERTÊNCIA (UM TOQUE BASTANTE LONGO)
3º Ponto de Reinício - Em espera para condições de lançamento				
31				DISPARADOR DO GATILHO COM O CAV
32				VERIFICAR FUNCIONAMENTO DO GATILHO
33				CONTAGEM (ANUNCIAR O TEMPO RESTANTE PARA O H0)
34				CONFIRMAR EQUIPE DE ESCLARECIMENTO EM POSIÇÃO SEGURA
35				POSICIONAMENTO DO LANÇADOR APÓS SBA
36				CONTAGEM (ANUNCIAR O TEMPO RESTANTE PARA O H0)





CRONOLOGIA DE LANÇAMENTO DE FOGUETES DE GARRAFAS PET

PROGRAMA AEB ESCOLA - Versão 1

Nº	✓	DURAÇÃO		Ações e Eventos
		hh:mm:ss	hh:mm:ss	
37				CONFIRMAR EQUIPE DE REGISTRO A POSTOS
38				CONFIRMAR CÂMERAS DE VÍDEO LIGADAS
39				CONFIRMAR PLATAFORMA EVACUADA E OPERADORES NA CASAMATA
40				CONTAGEM (ANUNCIAR O TEMPO RESTANTE PARA O H0)
41				INFORMAR AOS ESPECTADORES QUE HAVERÁ LANÇAMENTO
4º Ponto de Reinício - Em espera para condições de lançamento				
42				AJUSTE DO LANÇADOR
43				CONFIRMAR EXPERIMENTOS PRONTOS PARA CONTINUAR CONTAGEM DE LANÇAMENTO
44				CONTAGEM (ANUNCIAR 5 MINUTOS PARA O H0)
45				DECISÃO OPERACIONAL DE LANÇAMENTO
46				SONDAGEM SGA - 20 KM
47				CONFIRMAR EQUIPES DE RESGATE EM OPERAÇÃO
48				GRAVADORES DE DADOS DE TELEMETRIA LIGADOS
49				SÍNTESE AUTOMÁTICA
50				AJUSTE FINAL E TRAVAMENTO DO LANÇADOR
51				PRESSURIZAÇÃO DO FOGUETE
52				ACIONAMENTO DA SIRENE DE ADVERTÊNCIA (DOIS TOQUES BASTANTE LONGOS)
53				CONTAGEM FINAL
54				H0 (IGNIÇÃO & DECOLAGEM)
55				INÍCIO DO RASTREIO PELAS EQUIPES
56				APOGEU
57				INFORMAR COORDENADA DO PONTO DE IMPACTO
58				INÍCIO DA RECUPERAÇÃO DA CARGA ÚTIL
59				CARGA ÚTIL EM DESLOCAMENTO PARA BASE
60				AUTORIZAR PROCEDIMENTOS DE FINAL DE OPERAÇÃO
61				DESMONTAR E LAVAR EQUIPAMENTOS





CRÉDITOS

COLABORAÇÃO

Adriana Elysa Alimandro Corrêa (AEB/Programa AEB Escola)

Bernardo dos Santos Veras (AEB/Programa AEB Escola)

Bárbara Sigilião Costa (AEB/Programa AEB Escola)

Carlos Eduardo Quintanilha Vaz de Oliveira (AEB/Programa AEB Escola)

Claudete Nogueira da Silva (Funcate - AEB/Programa AEB Escola)

Leonardo Nemer Afonso (Funcate - AEB/Programa AEB Escola)

Pâmela da Silva Rosa (AEB/Programa AEB Escola)

Robson Loiola Evangelista (Funcate - AEB/Programa AEB Escola)

IMAGENS E TABELAS

Todas as imagens, infográficos e tabelas pertencem ao acervo AEB/Programa AEB Escola.

PROJETO GRÁFICO, FOTOGRAFIA, DIAGRAMAÇÃO E CAPA

Rogério Castro (Funcate - AEB/Programa AEB Escola)

MAIS INFORMAÇÕES:

Agência Espacial Brasileira (AEB) - www.aeb.gov.br

Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) - www.cta.br

Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) - www.cla.aer.mil.br

Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) - www.clbi.cta.br

